



Synthese NutriScope: Arbeiten von Agroscope auf dem Gebiet der Ernährung 2008 bis 2010

mühlemann nutrition
strategien • konzepte • expertisen

Pascale Mühlemann
Mühlemann Nutrition GmbH
März 2011

Impressum

Autorin

Mühlemann Nutrition GmbH
Pascale Mühlemann
www.muehlemann-nutrition.ch

mühlemann nutrition
strategien • konzepte • expertisen

Auftraggeberin

Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP
www.agroscope.admin.ch



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Volkswirtschafts-
departement EVD
Forschungsanstalt
Agroscope Liebefeld-Posieux ALP

Bemerkungen

Die vorliegende Synthese basiert ausschliesslich auf Arbeiten von Agroscope auf dem Gebiet der Ernährung, die in irgendeiner Art und Weise öffentlich gemacht wurden. Die beigezogenen Arbeiten wurden in den Jahren 2008 bis 2010 durchgeführt, wobei auch relevante Arbeiten aus den Vorjahren und einige aktuelle Publikationen aus dem Jahr 2011 eingeschlossen wurden. Das Literaturverzeichnis umfasst insofern ausschliesslich an Agroscope durchgeführte Arbeiten; die darin aufgeführten Originalarbeiten sind im Literaturverzeichnis *nicht* genannt.

Da Agroscope-eigene Arbeiten gegenüber reinen Literaturarbeiten im Vordergrund stehen, sind Erstere in der vorliegenden Synthese in einen Rahmen gesetzt.

9. März 2011

Inhaltsverzeichnis

Impressum	2
Abkürzungsverzeichnis	5
Zusammenfassung.....	6
1. Milch und Milchprodukte.....	11
1.1 Inhaltsstoffe	11
1.1.1 Fette, Fettsäuren und fettähnliche Substanzen	11
1.1.2 Proteine und Peptide	16
1.1.3 Kohlenhydrate.....	21
1.1.4 Mineralstoffe: Mengenelemente.....	22
1.1.5 Mineralstoffe: Spurenelemente	23
1.1.6 Vitamine: Fettlösliche Vitamine.....	23
1.1.7 Vitamine: Wasserlösliche Vitamine.....	25
1.1.8 Weitere Inhaltsstoffe	25
1.2 Milch, Milchprodukte und ihre Herstellungs- und Verarbeitungsverfahren	29
1.2.1 Milch.....	29
1.2.2 Sauermilchprodukte	30
1.2.3 Käse.....	35
1.2.4 Molke	38
1.2.5 Butter	39
1.2.6 Glacé.....	39
1.3 Zusammensetzung von Milch und Milchprodukten	41
1.3.1 Einleitung	41
1.3.2 Milch.....	42
1.3.3 Sauermilchprodukte	43
1.3.4 Käse.....	43
1.3.5 Molke	46
1.3.6 Butter	46
1.4 Einflüsse auf die Zusammensetzung von Milch und Milchprodukten	47
1.4.1 Milchfett.....	47
1.4.2 Milchsäure.....	52
1.4.3 Bioaktive Peptide im Käse	52
1.4.4 Biogene Amine im Käse.....	53
1.4.5 Zusammensetzung und sensorisches Profil von Butter.....	53
1.5 Gesundheitliche Aspekte von Milch und Milchprodukten	56
1.5.1 Einleitung	56
1.5.2 Knochengesundheit und Osteoporose.....	57
1.5.3 Bluthochdruck	60
1.5.4 Übergewicht.....	60
1.5.5 Herz-Kreislauf-Krankheiten.....	61
1.5.6 Metabolisches Syndrom.....	62
1.5.7 Diabetes.....	63
1.5.8 Krebs.....	63
1.5.9 Zahngesundheit	64
1.5.10 Darmgesundheit und Immunsystem	65
1.5.11 Hauterkrankungen	68
1.5.12 Diverses	68
1.5.13 Nährwert- und gesundheitsbezogene Anpreisungen.....	70

2. Fleisch und Fleischprodukte	71
2.1 Einleitung.....	71
2.2 Zusammensetzung von Fleisch und Fleischprodukten	72
2.2.1 Frischfleisch	72
2.2.2 Fleischprodukte.....	77
2.2.3 Bioaktive Substanzen in Fleisch und Fleischprodukten.....	87
2.3 Sensorische Eigenschaften von Fleisch.....	93
2.4 Gesundheitliche Aspekte von Fleischfett.....	95
3. Pflanzliche Lebensmittel	98
3.1 Äpfel	98
3.2 Carotinoidhaltige Gemüse	102
3.3 Erdbeeren.....	104
3.4 Raps	106
3.5 Hafer.....	108
4. Ernährung im Alter.....	109
4.1 Physiologische Veränderungen im Alter.....	109
4.2 Spezielle Ernährungsbedürfnisse.....	110
4.3 Konsumverhalten und Präferenzen älterer Menschen	110
5. Nutrigenomik und andere „-omics“-Technologien.....	113
6. Diverse Themen	118
7. Zusammenfassender Überblick.....	123
8. Empfehlungen zur inhaltlichen Fortführung von NutriScope.....	126
9. Literaturverzeichnis	129

Abkürzungsverzeichnis

ACE	Angiotensin-converting Enzyme
ACW	Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil
ALP	Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux
AMP	Adenosin-5'-monophosphat
AOC	kontrollierte Herkunftsbezeichnung (Appellation d'Origine Contrôlée)
ART	Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tännikon
CLA	Konjugierte Linolsäuren
DHA	Docosahexaensäure
DPA	Docosapentaensäure
DRI	daily recommended intake
EFSA	Europäischer Behörde für Lebensmittelsicherheit (European Food Safety Authority)
EPA	Eicosapentaensäure
ESL	extended shelf life
GI	Glykämischer Index
GOS	Galakto-oligosaccharide
HDL	high-density-lipoprotein
IGF-1	insulin-like growth factor-1
IMP	Inosin-5'-monophosphat
IPP	Isoleucin-Prolin-Prolin
LAL	Lysinoalanin
LDL	low-density-lipoprotein
MFGM	Milchfettkugelchenhülle (milk fat globule membrane)
MS	Massenspektrometrie
MUFA	einfach ungesättigte Fettsäuren (mono-unsaturated fatty acids)
NPN	Nicht-Protein-Stickstoff
PAB	Propionsäurebakterienkultur
PDO	Protected Designation of Origin
PEF	gepulste elektrische Felder (pulsed electric fields)
PRAL-Wert	potential renal acid load
PTH	Parathormon
PUFA	mehrfach ungesättigte Fettsäuren (poly-unsaturated fatty acids)
ROS	Radikale Sauerstoffspezies
SFA	gesättigte Fettsäuren (saturated fatty acids)
TFA	Transfettsäuren (trans fatty acids)
UFA	ungesättigte Fettsäuren (unsaturated fatty acids)
VPP	Valin-Prolin-Prolin

Zusammenfassung

Die vorliegende Synthese fasst die Inhalte der bisher publizierten Arbeiten zusammen, die im Rahmen des Agroscope Forschungsprogramms NutriScope auf dem Gebiet der Ernährung durchgeführt wurden (www.nutriscope.ch). In den Jahren 2008-2010 hat sich NutriScope betreffend Ernährung im Wesentlichen auf drei Forschungsbereiche konzentriert:

- Milch und Milchprodukte
- Fleisch und Fleischprodukte
- Pflanzliche Lebensmittel

Nachfolgend seien die Hauptkenntnisse aus den Arbeiten zusammengefasst, die im Rahmen von NutriScope 2008-2010 auf dem Gebiet der Ernährung durchgeführt wurden.

Milch und Milchprodukte

Zusammensetzung: Milch und Milchprodukte sind sehr vielfältig zusammengesetzt und zeichnen sich als gute Lieferanten von Kalzium, hochwertigen Proteinen, konjugierten Linolsäuren (CLA), kurzkettigen Fettsäuren sowie der Vitamine A, B2, B12 und D aus [Gille 2009e]. Milchfett enthält 57-63% gesättigte Fettsäuren, 21-25% einfach ungesättigte Fettsäuren (v.a. Ölsäure) und 3.8-5.4% mehrfach ungesättigte Fettsäuren [Jakob et al. 2008]. Das Verhältnis von Omega-6- zu Omega-3-Fettsäuren von Milchfett ist vorteilhaft. Die Fettsäurezusammensetzung von Kuhmilch wird durch die Rasse, Pansenflora und Fütterung der Kuh, durch die geographische Lage der Milchproduktion sowie durch die Saison beeinflusst [Collomb et al. 2008a, Wehrmüller et al. 2008b]. Die Verfütterung von Grünfutter erhöht die Konzentration an erwünschten Fettsäuren in der Milch [Wyss & Collomb 2008, Wyss & Collomb 2009].

Gesundheitliche Bedeutung: Milch und Milchprodukte wirken sich auf die Gesundheit bzw. die Prävention und den Verlauf verschiedener Krankheiten positiv aus. Dank des hohen Gehalts an Kalzium, aber auch dank anderer Inhaltsstoffe wie z.B. Phosphor, Magnesium, Vitamin D und Protein spielen Milchprodukte für den Aufbau und den Erhalt gesunder Knochen eine wichtige Rolle [Jakob et al. 2008, Walther et al. 2008, Gille 2010e, Schmid 2010d]. Milch und Käse werden aufgrund der darin enthaltenen bioaktiven Peptide und des Kalziums auch im Zusammenhang mit möglichen blutdrucksenkenden Effekten diskutiert [Bachmann et al. 2007, Jakob et al. 2008, Walther et al. 2008]. Milch und Milchprodukten werden auch positive Wirkungen auf die Körpergewichtsregulation nachgesagt [Bachmann et al. 2007, Jakob et al. 2008, Walther & Rehberger 2008b, Walther et al. 2008, Walther 2009b, Walther & Wehrmüller 2009]. Verschiedentlich wird auch von antikanzerogenen Effekten von Milch und Milchprodukten berichtet [Wehrmüller 2007]. Ein hoher Konsum von ungezuckerten Milchprodukten – insbesondere von Käse – wirkt sich zudem auch positiv auf die Zahngesundheit aus und ist mit einer tieferen Kariesrate assoziiert [Jakob et al. 2008, Schmid & Walther 2008, Walther et al. 2008, Gille 2009d]. Bei all diesen positiven Einflüssen darf allerdings nicht vergessen werden, dass nicht eine Ernährungskomponente allein für die Beziehung zwischen Ernährungsweise und spezifischen Krankheiten verantwortlich ist, sondern dass die Gesamtzusammensetzung und das Zusammenspiel einzelner Lebensmittel entscheidend ist [Walther 2007b]. Auf der negativen Seite ist schliesslich zu erwähnen, dass sämtliche Milchproteine ein allergenes Potential aufweisen (v.a. β -Laktoglobulin und Kasein) [Jakob et al. 2008]. Im Fall von Käse gibt es schliesslich nach wie vor keine klare wissenschaftliche Evidenz für eine Krankheitserhöhung durch Käsekonsum [Walther et al. 2008].

Fleisch und Fleischprodukte

Zusammensetzung von Fleisch: Fleisch enthält hohe Konzentrationen an biologisch hochwertigem Protein, ist je nach Stück und Zuschnitt fettarm und ist eine wichtige Quelle für die Vitamine A, B12, Thiamin und Niacin sowie für Natrium und Eisen. Ausserdem leistet es einen substantiellen Beitrag an die Versorgung mit den Vitaminen B2, B6 und Pantothenensäure sowie mit Phosphor, Zink und Selen [Schmid et al. 2008c, Schmid et al. 2009b, Schlichtherrle-Cerny 2009]. Fleischfett enthält je nach Tierart, Rasse und Aufzucht 30-50% gesättigte Fettsäuren, 40-50% einfach ungesättigte Fettsäuren (v.a. Ölsäure) und 10-20% mehrfach ungesättigte Fettsäuren. Das Verhältnis von Omega-6- zu Omega-3-Fettsäuren von Fleischfett ist oft vorteilhaft, wobei auch hier die Aufzucht und v.a. die Fütterung eine wesentliche Rolle spielen. Höhere Omega-3-Fettsäuregehalte sind generell eher bei Tieren mit Weidefütterung zu finden [Schmid 2011]. Wenig bekannt ist, dass Fleisch auch Quelle verschiedenster bioaktiver Substanzen ist: Carnosin und Anserin, L-Carnitin, Coenzym Q10, Glutathion, Kreatin, α -Liponsäure, Taurin, konjugierte Linolsäure (CLA) und bioaktive Peptide [Schmid 2009b, Schmid 2009c, Schmid 2009d].

Zusammensetzung von Fleischprodukten: Schweizer Brühwürste (z.B. Cervelat, Kalbsbratwurst) sind eine wertvolle Quelle verschiedener Nährstoffe (v.a. Protein, Thiamin, Vitamin B12, Niacin), enthalten jedoch auch viel Salz und Fett [Schmid et al. 2008c, Schmid et al. 2009b, Schmid et al. 2009c]. Schweizer Rohwürste (z.B. Salami, Salsiz, Landjäger, Saucisson vaudois) sind gute Quellen für hochwertiges Protein, die Vitamine B12, D, Thiamin und Niacin sowie für Phosphor, Eisen, Zink und Selen, sind aber ebenfalls reich an Salz und Fett [Schmid et al. *in press*]. Schweizer Rohpökelwaren haben hohe Proteingehalte. Die Schweinefleischprodukte Rohschinken, Coppa und Bauernspeck sind reich an Thiamin, Niacin und Phosphor. Bei den Rindfleischprodukten Mostbröckli und Trockenfleisch sind v.a. die Konzentrationen an Vitamin B12, Niacin, Phosphor, Eisen und Zink erwähnenswert. Rohpökelwaren haben allerdings ebenfalls hohe Salzgehalte und je nach Sorte auch hohe Fettgehalte [Schmid et al. 2011].

Optimierung der ernährungsphysiologischen Zusammensetzung von Fleischprodukten: Bei der Herstellung von Rohwürsten oder salzreduzierten Brühwürsten ist der Ersatz von Salpeter als Nitratquelle durch ein nitrathaltiges Gemüsepulver durchaus möglich [Suter & Hadorn 2006, Suter & Hadorn 2007, Schlüchter et al. 2009]. Weiter gibt es verschiedene Wege, um den Fettgehalt von Salami (eine Rohwurst) zu senken – allerdings bei um 10-25% erhöhten Herstellungskosten. Zur Speckreduktion über Fettersatzstoffe ist v.a. Inulin geeignet; dabei ist eine Fettreduktion bis zu 75% möglich [Brändli et al. 2010]. Eine Fettreduktion um 40% ist auch bei Lyonern (gehört zu den Brühwürsten) ohne sensorische Nachteile möglich [Hadorn et al. 2007a, Hadorn et al. 2007b].

Vorurteile gegenüber tierischen Produkten

Der negative Ruf tierischer Produkte stammt hauptsächlich von den darin enthaltenen gesättigten Fettsäuren und dem Cholesterin. Dem ist entgegen zu halten, dass Lebensmittel generell als Ganzes beurteilt werden müssen, nicht aufgrund einzelner Inhaltsstoffe. Nahrungscholesterin gilt heute zudem nicht mehr als Risikofaktor für Hypercholesterinämie [Sieber et al. *in press*]. Weiter gibt es keine wissenschaftliche Evidenz, dass sich tierische Fette auf das Risiko für koronare Herzkrankheiten negativ auswirken. Im Fall von Fleisch wird ferner oftmals vergessen, dass ungesättigte Fettsäuren den Hauptanteil von Fleischfett ausmachen [Hadorn et al. 2007b, Schmid 2011]. Generell wird der Fettgehalt von Fleisch in den aktuellen Nährwerttabellen aufgrund der neusten Entwicklungen bezüglich Tierzucht, Zuschnitt, Zubereitung und Rezeptur zudem vielfach überschätzt [Hadorn et al. 2007b].

Pflanzliche Lebensmittel

Äpfel: Aus ernährungsphysiologischer Sicht sind Äpfel u.a. aufgrund ihres Polyphenolgehaltes von Interesse. Der Polyphenolgehalt und das Polyphenolprofil werden hauptsächlich durch die Apfelsorte bestimmt; die Produktionsmethode scheint weniger relevant zu sein. Die Lagerungsbedingungen bzw. Behandlung der Äpfel (z.B. mit 1-Methylcyclopropan) haben nur einen geringen Einfluss auf die Polyphenolzusammensetzung [Fischer et al. 2009], aber einen entscheidenden Einfluss auf die Fruchtfleischfestigkeit von Äpfeln [Gasser et al. 2008]. Durch Anwendung der dynamischen CA-Lagerung (dynamic controlled atmosphere) lässt sich die Fruchtfleischfestigkeit von Äpfeln besser erhalten als bei der konventionellen LO-Lagerung (low oxygen) [Gasser et al. 2008]. Neben der Fruchtfleischfestigkeit werden zur Qualitätsbeurteilung von Tafeläpfeln üblicherweise physikalische und chemische Eigenschaften wie Grösse, Farbe sowie Zucker- und Säuregehalt herangezogen. Der Zucker- und Säuregehalt sowie die Fruchtfleischfestigkeit von Apfelproben kann mit Hilfe der Infrarotspektroskopie zuverlässig bestimmt werden [Baumgartner et al. 2007].

Carotinoidhaltige Gemüse: Der Carotinoidgehalt und das Carotinoidprofil in verschiedenen Gemüsearten schwanken stark. Grünes Blattgemüse ist reich an Carotinoiden (v.a. Lutein, β -Carotin); orange und gelbe Gemüse haben tiefere Carotinoidgehalte, aber ein breiteres Carotinoidprofil. Die Bioverfügbarkeit von Carotinoiden aus Früchten und Gemüse ist relativ gering und hängt stark von der Carotinoidart, der chemischen Struktur und der Lebensmittelmatrix ab. Daneben spielen noch weitere Faktoren eine Rolle, u.a. die aufgenommene Carotinoidmenge, der Nährstoffstatus und Gene [Reif et al. 2009].

Erdbeeren: Reife Erdbeeren haben im Vergleich zu anderen Früchten und Gemüse hohe Gehalte an Vitamin C und Phenolen [Crespo et al. 2010]. Unter den Phenolen der Erdbeere dominieren die Anthocyane, die für die rote Farbe von Erdbeeren verantwortlich sind [Fischer et al. 2009, Crespo et al. 2010]. Die Erdbeersorte ist der wichtigste Faktor zur Erhöhung der Gehalte an ernährungsphysiologisch vorteilhaften und geschmacksaktiven Komponenten in der Erdbeere [Crespo 2010]. Die Erdbeersorte hat einen stärkeren Einfluss auf deren Zusammensetzung als Umweltfaktoren wie Boden, Klima oder Höhenlage [Crespo et al. 2010].

Raps: Schweizer Rapsöl zeichnet sich durch tiefe Gehalte an gesättigten Fettsäuren sowie durch hohe Gehalte an einfach und mehrfach ungesättigten Fettsäuren aus [Pellet et al. 2008, Fischer et al. 2009]. Die Fettsäurezusammensetzung von Rapsöl wird durch die Umwelt und dabei insbesondere die Temperatur beeinflusst [Fischer et al. 2009]. Unter schweizerischen Verhältnissen sind die Tiefsttemperaturen des Monats Juni der Haupteinflussfaktor auf den Linolensäuregehalt und generell auf die Fettsäurezusammensetzung von Raps [Pellet et al. 2008].

Ernährung im Alter

Im Alter kommt es zu vielen physiologischen Veränderungen des Körpers [Gille & Piccinali 2009]. In der Folge verschlechtern sich u.a. die Funktionalität des Gastrointestinaltraktes, die sensorischen Wahrnehmungsfähigkeiten sowie die Körper- und Knochenzusammensetzung [Gille & Piccinali 2009], womit sich wiederum die Ernährungsbedürfnisse verändern. Wichtige Komponenten der Ernährung älterer Menschen sind deshalb qualitativ hochwertiges Protein, Kalzium, Vitamin D, antioxidative Lebensmittelbestandteile, Wasser, eine angepasste Energiezufuhr sowie Lebensmittel mit hoher Nährstoffdichte [Gille 2010d].

Nutrigenomik und andere „-omics“-Technologien

„-omics“ steht für Analysen, die sich mit der Gesamtheit ähnlicher Einzelkomponenten beschäftigen. Dabei werden nicht nur eines, sondern bis zu mehr als 20'000 Merkmale mit einer Analysenmethode untersucht und mit Computerunterstützung ausgewertet [Irmeler 2010].

Nutrigenomik: Sie untersucht den molekularen Einfluss von Nährstoffen auf den menschlichen Organismus und ermöglicht eine umfassende Analyse der von der Ernährung verursachten Wirkungen auf den Stoffwechsel sowie auf die Vorbeugung chronischer Krankheiten [Vergères 2007, Vergères & Sagaya 2007, Vergères 2008, Sagaya et al. *submitted*].

Transkriptomik: Sie ist ein vielversprechender Ansatz, um kleinste nährstoffinduzierte Veränderungen im menschlichen Organismus zu eruieren [Sagaya et al. *submitted*].

Nutrigenetik: Sie ist ein Teilbereich der Nutrigenomik, der zu einer personalisierten Ernährung führen könnte. Die Nutrigenetik untersucht, auf welche Art und Weise der spezifische Genotyp eines jeden Individuums seine physiologische Antwort auf Nahrungsmittel beeinflusst [Vergères 2007, Vergères & Sagaya 2007].

Proteomik: Sie ist eine wissenschaftliche Disziplin zur qualitativen und quantitativen Erforschung der Gesamtheit aller Proteine eines biologischen Systems [Irmeler & Egger 2010]. Mit Proteomik ist es u.a. möglich, den Einfluss der Milchverarbeitung auf die Funktion und Struktur der Fettkügelchenhüllenproteine oder die Bildung von Aromastoffen in Käse zu untersuchen [Irmeler 2010, Irmeler & Egger 2010].

Empfehlungen zur inhaltlichen Fortführung von NutriScope

Die nachfolgend dargelegten Empfehlungen entsprechen der persönlichen Meinung der Autorin. Unberücksichtigt blieben dabei Forschungsarbeiten, die bereits in Vorbereitung sind, sowie die bestehenden Rahmenbedingungen des Forschungsprogramms NutriScope.

Generelle Empfehlungen: NutriScope sollte sich aus Sicht der Autorin auch in Zukunft auf die drei Forschungsschwerpunkte „Milch und Milchprodukte“, „Fleisch und Fleischprodukte“ und „Pflanzliche Lebensmittel“ konzentrieren und die finanziellen und personellen Ressourcen dort einsetzen. NutriScope sollte sich allerdings verstärkt auf Forschungsbereiche konzentrieren, die zu den Kernkompetenzen von Agroscope bzw. NutriScope gehören. Nur so wird es möglich sein, relevante Forschungslücken in Zukunft systematisch zu detektieren und die Forschung im Rahmen von NutriScope entsprechend dieser Forschungslücken auszurichten. Die Kernkompetenzen sollten sich dabei an den strategischen Zielen von Agroscope und NutriScope orientieren. Ferner sollte die Zielsetzung von Agroscope in Bezug auf Anwendungsorientierung stets präsent sein. Schliesslich sollte die Öffentlichkeitsarbeit mit dem Absender NutriScope intensiviert werden, um NutriScope auch in Ernährungsfachkreisen als wichtiges Forschungsprogramm zu positionieren.

Milch und Milchprodukte: Eine offensichtliche Forschungslücke besteht in Bezug auf Eigenanalysen zur gesundheitlichen Bedeutung von Milch und Milchprodukten, die in Partnerschaft mit klinischen Forschungsstätten durchgeführt werden sollten. Der enorme Wissenspool im Themenbereich „Milch und Milchprodukte“ könnte ferner beispielsweise in Form von Reviews in renommierten, international anerkannten Fachzeitschriften veröffentlicht werden.

Fleisch und Fleischprodukte: NutriScope sollte danach streben, einerseits als zukünftige Herausgeberin der Nährwertdaten von Frischfleisch und Fleischprodukten aufzutreten (allenfalls zusammen mit der ETH Zürich) und den Fokus andererseits auf Schweizer Fleisch und Fleischprodukte zu legen. Weiter fehlen im Rahmen von NutriScope eine Übersichtsarbeit bzw. Übersichtsarbeiten zu spezifischen gesundheitlichen Aspekten von Schweizer Frischfleisch als Ganzes sowie Literaturarbeiten zu Zink und Vitamin B12.

Pflanzliche Lebensmittel: Der Themenbereich „Pflanzliche Lebensmittel“ wurde im Rahmen von NutriScope 2008-2010 ungenügend erforscht, als dass daraus prioritäre Forschungslücken ableitbar wären. Vorerst müssten deshalb die prioritären Forschungsfragen formuliert werden.

1. Milch und Milchprodukte

1.1 Inhaltsstoffe

1.1.1 Fette, Fettsäuren und fettähnliche Substanzen

Gesättigte Fettsäuren (SFA)

Zu den gesättigten Fettsäuren (SFA) gehören u.a. die Laurin-, Myristin-, Palmitin- und Stearinsäure [Jakob et al. 2008].

Vorkommen

Die Hauptquellen für SFA sind tierische Fette: Fleisch und Fleischprodukte (z.B. Wurstwaren), Milch und Milchprodukte [Schmid 2010a].

Bedeutung

Ein hoher Anteil an gesättigten Fettsäuren in der Ernährung wird oft mit Herz-Kreislauf-Krankheiten in Zusammenhang gebracht, weil gesättigte Fettsäuren den Blutcholesterinspiegel erhöhen [Jakob et al. 2008, Walther et al. 2008, Schmid 2010c]. Neuere Erkenntnisse zeigen jedoch, dass die einzelnen Fettsäuren in diesem Zusammenhang differenziert betrachtet werden müssen. Gerade die kurzkettigen Fettsäuren (z.B. Myristinsäure, Buttersäure) werden mit einem günstigeren LDL-Cholesterinspiegel im Blut assoziiert [Jakob et al. 2008, Walther et al. 2008]. Eine Auswertung von 21 Studien zeigte sogar, dass gesättigte Fettsäuren kein Risiko für Herz-Kreislauf-Krankheiten darstellen. Die 21 Studien umfassten 350'000 Personen, von denen das Essverhalten aufgezeichnet und deren Gesundheitszustand anschliessend über Jahre hinweg beobachtet wurde [Schmid 2010a]. Sowohl Interventionsstudien als auch epidemiologische Studien kommen zum Schluss, dass die Aufnahme von SFA keinen Einfluss hat auf das Risiko für koronare Herzkrankheiten bzw. auf die Gesamtmortalität [Schmid 2011].

Mehrfach ungesättigte Fettsäuren (PUFA)

Der menschliche Organismus kann Fettsäuren generell selbst produzieren. Eine Ausnahme sind die Fettsäuren der Omega-3- und Omega-6-Reihe, die deshalb zu den essentiellen Nährstoffen zählen. Streng genommen sind dabei nur die α -Linolensäure und die Linolsäure essentiell, denn ausgehend von diesen beiden können die längerkettigen Fettsäuren im Körper hergestellt werden: die Omega-3-Fettsäuren EPA, DPA und DHA sowie die Omega-6-Fettsäure Arachidonsäure [Pellet et al. 2008, Wehrmüller et al. 2008b, Wehrmüller et al. 2008c, Wehrmüller et al. 2008d]. Ob DHA tatsächlich im menschlichen Körper synthetisiert werden kann, wird allerdings kontrovers diskutiert [Wehrmüller et al. 2008b].

Die Umwandlung von α -Linolensäure und Linolsäure zu deren längerkettigen Homologen erfolgt mit denselben Enzymen, was zur Folge hat, dass auf jeder Umwandlungsstufe zwei Substanzen mit unterschiedlicher Affinität um die jeweils gleichen Enzyme konkurrieren. Die Aktivität des Enzyms $\Delta 6$ -Desaturase, welches für den ersten Umwandlungsschritt nötig ist, ist beim Menschen limitiert. Deshalb wird nur ein Bruchteil (max. 5-10%) von α -Linolensäure zu EPA und DHA umgewandelt, wobei die Möglichkeit zur Synthese von DHA wie erwähnt nicht gesichert ist [Wehrmüller et al. 2008b, Wehrmüller et al. 2008d].

Die Nahrungsquelle, aus der α -Linolensäure stammt, ist entscheidend für die Umwandlungsrate in EPA und DHA. Wegen der Konkurrenz im Stoffwechsel zwischen Linolsäure und α -Linolensäure, beeinflusst der Gehalt von Linolsäure in der Nahrung die Umwandlung von α -Linolensäure zu EPA [Wehrmüller et al. 2008b].

Vorkommen

Hauptquellen für α -Linolensäure sind Pflanzenöle wie z. B. Raps-, Lein- oder Sojaöl. Daneben gibt es einige Samen (z. B. Leinsamen) und Nüsse (v. a. Baumnüsse), die reich an α -Linolensäure sind [Wehrmüller et al. 2008b, Wehrmüller et al. 2008d].

Die Nahrungsquellen für EPA und DHA sind beschränkt; sie kommen v.a. in marinen Quellen wie fettem Meerfisch und Meeresfrüchten vor [Wehrmüller et al. 2008b].

Empfehlungen

Die Mindestaufnahme-Empfehlungen der Deutschen, Schweizerischen und Österreichischen Gesellschaften für Ernährung (DACH-Referenzwerte) liegen für Linolsäure bei 2.5% und für α -Linolensäure bei 0.5% der täglichen Energiezufuhr. Das Verhältnis zwischen Omega-6- und Omega-3-Fettsäuren sollte bei 5:1 liegen [Pellet et al. 2008, Wehrmüller et al. 2008b, Wehrmüller et al. 2008c, Wehrmüller et al. 2008d]. Demgegenüber empfiehlt das Institute of Medicine, 0.6-1.2% der täglichen Energiezufuhr in Form von α -Linolensäure aufzunehmen. Bei einer Energiezufuhr von z.B. 2000 kcal ergibt dies 1.3-2.7 g α -Linolensäure pro Tag [Wehrmüller et al. 2008b, Wehrmüller et al. 2008c, Wehrmüller et al. 2008d].

Deutschland empfiehlt ferner eine Aufnahme von EPA/DHA mit der Nahrung von mindestens 0.3 g pro Tag, was den empfohlenen 1-2 Fischmahlzeiten pro Woche entspricht. Der Bedarf an EPA und DHA variiert allerdings möglicherweise je nach deren Funktion [Wehrmüller et al. 2008b, Wehrmüller et al. 2008c, Wehrmüller et al. 2008d].

Aufnahme

In Europa werden pro Tag rund 0.6-1.7 g α -Linolensäure und etwa zehnmal mehr Linolsäure konsumiert. Die Empfehlung für ein Omega-6- zu Omega-3-Verhältnis in der Ernährung von 5:1 wird somit bei Werten von ca. 10:1 nicht erreicht [Wehrmüller et al. 2008b].

Bedeutung

Langkettige Omega-3-Fettsäuren beeinflussen den Verlauf folgender Erkrankungen positiv, wobei nicht alle Studien eine signifikante Risikoverminderung zeigen: koronare Herzerkrankungen und Schlaganfall; Mangel bei Säuglingen (Augen- und Gehirnentwicklung); Autoimmunerkrankungen; Morbus Crohn; Brust-, Dickdarm- und Prostatakrebs; leichter Bluthochdruck; Gelenkrheumatismus [Pellet et al. 2008, Wehrmüller et al. 2008b]. Langkettige Omega-3-Fettsäuren haben zudem einen positiven Einfluss auf die Lipidzusammensetzung des Gehirns, das Sehvermögen, die Neurotransmitter-Systeme sowie auf das Verhalten und die Funktionen im kognitiven Bereich (Lernfähigkeit) [Pellet et al. 2008].

Gegenüber langkettigen Omega-3-Fettsäuren sind die Hinweise auf einen direkten, positiven Effekt von α -Linolensäure auf das Risiko kardiovaskulärer und anderer Erkrankungen limitiert. Beobachtete Wirkungen sind vermutlich eher auf die langkettigen Omega-3-Fettsäuren als auf α -Linolensäure *per se* zurückzuführen [Wehrmüller et al. 2008b, Wehrmüller et al. 2008c, Wehrmüller et al. 2008d]. Es gibt zudem Hinweise darauf, dass α -Linolensäure das Risiko für Prostatakrebs möglicherweise sogar erhöht [Wehrmüller et al. 2008b].

Transfettsäuren (TFA)

Transfettsäuren (TFA) sind ungesättigte Fettsäuren, die mindestens eine Doppelbindung in der trans-Konfiguration haben [Gruppe Ernährung 2007].

Vorkommen

TFA können einerseits bei der partiellen Hydrierung von pflanzlichen Ölen (Fetthärtung) oder bei der Hitzebehandlung von Ölen, Fetten oder Lebensmitteln entstehen, die ungesättigte Fettsäuren enthalten. In solchen industriell hergestellten Lebensmitteln kann der TFA-Anteil bis zu 60% des Gesamtfettes ausmachen [Gruppe Ernährung 2007].

Andererseits gibt es aber auch natürliche TFA-Quellen; TFA befinden sich nämlich auch im Magen von Wiederkäuern. Diese natürlichen TFA-Quellen werden durch die Mikroorganismen gebildet, die sich im Magen befinden, und gehen in die Milch und ins Fleisch von Wiederkäuern über. In tierischen Lebensmitteln machen TFA max. 10% des Gesamtfettes aus [Gruppe Ernährung 2007].

In den verschiedenen TFA-Quellen kommen die einzelnen TFA in sehr unterschiedlichen Konzentrationen vor. In tierischen Lebensmitteln dominiert die Vaccensäure (trans-11 C18:1); in industriell hergestellten Lebensmitteln dominieren hingegen v.a. die trans-9 C18:1 (Elaidinsäure) und die trans-10 C18:1 [Gruppe Ernährung 2007].

Bedeutung

Die Transfettsäuren werden im Zusammenhang mit Herz-Kreislauf-Krankheiten intensiv diskutiert. Epidemiologische Studien zeigen aber, dass negative Auswirkungen hauptsächlich von Transfettsäuren zu befürchten sind, die bei der unvollständigen Härtung von pflanzlichen Ölen gebildet werden [Jakob et al. 2008]. TFA aus industriell gehärteten Fetten erhöhen das LDL, vermindern das HDL und erhöhen das Verhältnis Gesamtcholesterin zu HDL. Damit verschlechtern sie die Blutfettwerte und erhöhen in der Folge das Risiko für Herz-Kreislauf-Krankheiten. Zwei klinische Studien haben allerdings gezeigt, dass die Wirkung der verschiedenen Transfettsäuren geschlechter- und mengenspezifisch unterschiedlich ist [Rehberger & Walther 2008].

TFA tierischen Ursprungs konnte bisher noch kein gesundheitlich negativer Effekt nachgewiesen werden. Dies könnte damit zusammenhängen, dass die in tierischen Fetten hauptsächlich vorkommende TFA (die Vaccensäure) im menschlichen Organismus zu Konjugierten Linolsäuren (CLA) umgewandelt wird [Bachmann et al. 2007, Gruppe Ernährung 2007, Jakob et al. 2008, Schmid et al. 2008b].

Konjugierte Linolsäuren (CLA)

Konjugierte Linolsäuren (CLA) sind eine natürlich vorkommende Gruppe von mehrfach ungesättigten Fettsäuren, bei denen im Vergleich zur essentiellen Linolsäure eine oder beide Doppelbindungen unterschiedlich lokalisiert sind [Jakob et al. 2008, Rehberger & Walther 2008, Schmid 2009b, Schmid 2009c]. Von den 28 möglichen Isomer-Varianten liegen in der Natur rund 80% der CLA-Isomere in der cis-9, trans-11 Form vor [Schmid 2009b, Schmid 2009c].

Einige Fettsäuren der CLA-Gruppe gehören chemisch zu den Transfettsäuren, werden aber meist nicht dazu gezählt, da sie andere gesundheitliche Wirkungen zeigen [Jakob et al. 2008, Rehberger & Walther 2008].

Vorkommen

In der westlichen Ernährung sind Milch- und Fleischprodukte von Wiederkäuern die Hauptquellen für CLA, wobei Milchprodukte zu bis zu 70% zur Gesamtaufnahme von CLA beitragen [Butler et al. 2009].

Aufnahme

Je nach Ernährungsgewohnheiten liegt die Zufuhr von CLA beim Menschen zwischen 95 und 440 mg pro Tag, wie Studien in verschiedenen Ländern zeigen [Schmid 2009b, Schmid 2009d].

Bedeutung

In Tierstudien und Zellkulturen wurden konjugierten Linolsäuren verschiedene positive Effekte auf die Gesundheit nachgewiesen. Der gesundheitliche Nutzen reicht von einer krebshemmenden Wirkung über positive Wirkungen auf den Blutcholesterinspiegel (und damit auf Atherosklerose und Herz-Kreislauf-Krankheiten), Diabetes, das Immunsystem und die Knochen bis hin zu einer Beeinflussung der Körperzusammensetzung (Verminderung der Fettmasse bei gleichzeitiger Erhöhung der fettfreien Muskelmasse). Studien am Menschen sind allerdings noch rar und lassen bisher keine eindeutig positiven Aussagen zu, ausser was die Effekte auf die Körperzusammensetzung betrifft, die relativ gut untersucht sind. Die verschiedenen CLA-Isomere haben zudem unterschiedliche physiologische Wirkungen [Bisig et al. 2007, Jakob et al. 2008, Rehberger & Walther 2008, Schmid et al. 2008a, Wehrmüller 2008b, Butler et al. 2009, Schmid et al. 2009a, Schmid 2009b, Schmid 2009c, Schmid 2009d, Schmid et al. 2009b]. Schliesslich darf nicht unterschätzt werden, dass bei den meisten Studien CLA generell in Mengen eingesetzt wurden, die einiges über den normalerweise über die Nahrung zugeführten Mengen liegen [Schmid 2009b, Schmid 2009c].

Cholesterin

Cholesterin ist eine fettähnliche Substanz [Sieber et al. *in press*].

Vorkommen

Alle tierischen Fette enthalten Cholesterin; pflanzliche Lebensmittel enthalten hingegen nur sehr geringe Mengen an Cholesterin [Sieber et al. *in press*].

Bedeutung

Cholesterin ist als Bestandteil von Zellmembranen unerlässlich und ist die Ausgangssubstanz zur Produktion von Gallensäuren, Steroidhormonen und Vitamin D [Sieber et al. *in press*].

Entfernung von Cholesterin aus Lebensmitteln

Die Entfernung von Cholesterin aus Lebensmitteln ist sowohl aus wirtschaftlicher als auch aus technischer Sicht möglich. Dazu bestehen verschiedene Methoden [Sieber et al. *in press*]:

- Biologische Prozesse: unter Verwendung von Mikroorganismen oder ihrer Enzyme
- Physikalische Prozesse: Kurzwegdestillation, Kristallisation, überkritische Flüssigkeitsextraktion mit Kohlendioxid
- Chemische Prozesse: Fest-Flüssig-Extraktion mit verschiedenen Adsorptionsmitteln

Je nach Methode ist es möglich, bis zu 95% des nativen Cholesterins aus Milchprodukten zu entfernen. Heute sind Untersuchungen zur Cholesterinentfernung allerdings nicht mehr gerechtfertigt, da Nahrungscholesterin nicht mehr als Risikofaktor für Hypercholesterinämie betrachtet wird und da man heute weiss, dass der menschliche Körper selbst mehr Cholesterin produziert als er über die Nahrung aufnimmt [Sieber et al. *in press*].

Phospholipide

Phospholipide sind Bestandteile der Zellmembranlipide und in der Natur deshalb allgegenwärtig. Als Zellmembranbestandteil haben sie nicht nur eine strukturelle Rolle, sondern nehmen auch weitere Funktionen der Membran wahr wie z.B. Signalfunktionen zwischen den Zellen [Wehrmüller 2008a].

Phospholipide werden in zwei Hauptgruppen eingeteilt: Glycerophospholipide und Sphingophospholipide (Sphingomyelin). Lecithin entspricht der chemischen Verbindung Phosphatidylcholin und gehört zu den Glycerophospholipiden [Wehrmüller 2008a].

Vorkommen

Milch und Milchprodukte sind gute Quellen für Phospholipide. Weitere gute Quellen sind Eier, Innereien und Sojabohnen, wobei Phospholipide in fast allen Lebensmitteln vorhanden sind [Wehrmüller 2008a].

Aufnahme

Die Konsummengen von Phospholipiden sind unbekannt [Wehrmüller 2008a].

Bedeutung

Obschon Phospholipide für Erwachsene vermutlich nicht essentiell sind, haben sie diverse positive gesundheitliche Auswirkungen; u.a. in Bezug auf [Wehrmüller 2008a]:

- Lebererkrankungen: Phospholipide (Phosphatidylcholin) beeinflussen die Entwicklung von Lebererkrankungen, die in Zusammenhang mit übermässigem Alkoholkonsum stehen.
- Cholesterinkontrolle: Phospholipide haben zwar keine cholesterinsenkende Wirkung (wie früher oftmals vermutet wurde); sie könnten aber andere anti-atherogene Eigenschaften haben.
- Hirnentwicklung: Cholin (Komponente von Phosphatidylcholin) ist ein für die normale Entwicklung des Hirns wichtiger Nährstoff.
- Wahrnehmungsvermögen: Phospholipide machen etwa 20-25% des Trockengewichts des erwachsenen Hirns aus. Studien, die den Zusammenhang zwischen Phospholipiden und dem altersbedingtem Wahrnehmungsabfall (z.B. Alzheimer-Krankheit, Depression) untersuchten, kamen bisher allerdings zu uneinheitlichen Ergebnissen. Die beste diesbezügliche Evidenz liegt für Phosphatidylserin vor.
- körperliche Leistungsfähigkeit: Tiefe Konzentrationen an Phospholipiden (v.a. an Phosphatidylcholin und -serin) könnten mit Müdigkeitserscheinungen assoziiert sein und könnten damit die Leistungsfähigkeit bei langdauernden und erschöpfenden körperlichen oder geistigen Tätigkeiten einschränken. Die Datenlage zum Zusammenhang zwischen Cholin- oder Phosphatidylserin-Supplementen und der Leistungsfähigkeit ist allerdings uneinheitlich.

Phospholipide agieren in der Milch als natürliche Emulgatoren, indem sie die Milch als zwei-Phasen-Emulsion stabilisieren. In der Lebensmittelindustrie werden Phospholipide denn auch als Emulgatoren und als Stabilisatoren eingesetzt (z.B. Lecithin) [Wehrmüller 2008a].

Sphingolipide

Sphingolipide sind Bestandteile der Zellmembran und für Nerven unentbehrlich. Sie werden in drei Gruppen eingeteilt: einfache Sphingolipide (z.B. Ceramid), Sphingophospholipide (z.B. Sphingomyelin) und Glykosphingolipide (z.B. Cerebroside) [Wehrmüller 2007].

Vorkommen

Sphingolipide sind in fast allen Lebensmitteln vorhanden; Hauptquellen sind Sojabohnen (189 mg/kg) und Eier (820 mg/kg) [Wehrmüller 2007].

Aufnahme

In der Schweiz stammt etwa ein Drittel der Sphingolipidaufnahme aus Milch (62-115 mg/kg) und Milchprodukten; pro Tag konsumiert der Durchschnittsschweizer 0.2-0.3 g Sphingolipide [Wehrmüller 2007].

Analytik

Agroscope Liebefeld-Posieux ALP ist dabei, eine Methode zum mengenmässigen Nachweis von Sphingolipiden in verschiedenen Produkten zu entwickeln. Die Quantifizierung von Sphingolipiden in Milchprodukten ist deshalb so schwierig, weil die Sphingolipide in der Milchfettkugelchenmembran eingeschlossen sind [Wehrmüller 2007].¹

Bedeutung

Zum heutigen Zeitpunkt liegen erst wenige Erkenntnisse über Sphingolipide in der menschlichen Ernährung vor. Mit höchster Wahrscheinlichkeit sind sie aber nicht essentiell, da die meisten Sphingolipide *de novo* synthetisiert werden. Sphingolipide haben eine wichtige Aufgabe beim Schutz der Nerven und sind wichtig für die Hirnfunktion [Wehrmüller 2007].

Sphingolipide aus der Nahrung sind im menschlichen Organismus biologisch aktiv; ihr Nutzen für die Gesundheit ist aber ungewiss [Wehrmüller 2007]. Sphingolipiden werden krebs-hemmende, antibakterielle und cholesterinsenkende Eigenschaften nachgesagt [Wehrmüller 2007, Rehberger & Walther 2008, Walther et al. 2008]. Eindeutig ist hingegen, dass Sphingolipide die Pathogenese von Atherosklerose und daraus folgenden kardiovaskulären Erkrankungen beeinflussen [Wehrmüller 2007].

1.1.2 Proteine und Peptide

Die Qualität von Proteinen wird als biologische Wertigkeit angegeben. Diese ist ein Mass für die Eignung eines Nahrungsproteins zum Ersatz von Körperprotein. Sie ist v.a. von den im Lebensmittel enthaltenen essentiellen Aminosäuren abhängig [Wehrmüller et al. 2011].

Kasein

Kasein hat aufgrund seines ausgeglichenen Gehaltes an essentiellen Aminosäuren eine hohe biologische Wertigkeit [Jakob et al. 2008].

Kasein koaguliert im Magen und wird deshalb erst mit Verzögerung verdaut [Walther 2009d, Walther 2010a].

¹ Die Methodenentwicklung wurde inzwischen abgebrochen, da es nicht gelungen ist, die Sphingolipide aus dem Milchfett zu extrahieren.

Molkenproteine

Zu den Molkenproteinen zählen das β -Laktoglobulin, das α -Laktoglobulin, die Immunglobuline (gehören zu den Antikörpern), die Proteose-Peptide, das Serumalbumin, die Glykomakropeptide, die Glykoproteine (z.B. Laktoferrin und Transferrin), etwa 60 Enzyme sowie die Peptidhormone (z.B. Prolaktin und Somatostatin) [Wehrmüller et al. 2011].

Molkenproteine haben aufgrund ihres hohen Gehalts an essentiellen Aminosäuren (zu denen auch die verzweigtkettigen Aminosäuren Isoleucin, Valin und Leucin zählen) eine hohe biologische Wertigkeit und sind gute Lieferanten von Cystein und Glutaminsäure [Wehrmüller et al. 2011].

Molkenproteine bleiben im sauren Magenmilieu im Gegensatz zu Kasein löslich und sind deshalb schnell verdaubar. Gleichzeitig wirken Molkenproteine im Vergleich zu Kasein, Sojaprotein und Eialbumin stärker sättigend. Für die sättigende Wirkung der Molkenproteine werden verschiedene Faktoren verantwortlich gemacht: die Molkenproteinfraktionen *per se*, bioaktive Peptide, durch die Verdauung freigesetzte Aminosäuren sowie die kombinierte Wirkung von Molkenproteinen und/oder Peptiden und/oder Aminosäuren mit anderen Milchbestandteilen [Wehrmüller et al. 2011].

Bedeutung

β -Laktoglobulin ist der häufigste Auslöser von Milchproteinallergien im Kleinkindalter (β -Laktoglobulin kommt in der Muttermilch nicht vor). Immunglobuline sind nicht sehr stabil und überstehen die Verdauung nur teils, so dass die meisten deaktiviert werden. Glykomakropeptid enthält kein Phenylalanin (Aminosäure), so dass dieses Molkenprotein für den Verzehr durch Menschen mit Phenylketonurie geeignet und auch interessant ist, da es offenbar ein starkes Sättigungsgefühl auslöst. Laktoferrin ist ein eisenbindendes Glykoprotein, das im Gegensatz zur Muttermilch (100-352 mg pro 100 g) in der Kuhmilch nur in sehr kleinen Mengen vorkommt (2-10 mg pro 100 g) [Wehrmüller et al. 2011].

In isolierter Form haben Molkenproteine antioxidative, immunmodulierende und antimikrobielle Eigenschaften; weiter werden auch antihypertensive, antikanzerogene, hypolipidämische und antivirale Wirkungen erwähnt. Diese funktionellen Eigenschaften von Molkenproteinen können verschiedene Krankheiten günstig beeinflussen bzw. haben einen präventiven Einfluss: Sie wirken positiv auf kardiovaskuläre Erkrankungen, auf den Knochenstoffwechsel, auf die Darmflora und finden Verwendung bei Reduktionsdiäten. Allerdings wurden die meisten Studien mit Molkenproteinkonzentraten oder -isolaten durchgeführt, so dass die Proteinkonzentration in den Studien wahrscheinlich sehr viel höher war als sie in der Realität in einer gemischten Kost vorkommt. Die positiven Resultate implizieren nichtsdestotrotz, dass Molke und Molkenproteine einen Beitrag an eine ausgewogene und gesunde Ernährung leisten können [Wehrmüller et al. 2011].

Molkenproteine erweisen sich v.a. in Situationen, bei denen der Muskelaufbau bzw. das Verhindern des Muskelabbaus von Bedeutung ist, als nützlich [Wehrmüller et al. 2011]:

- In der Sporternährung weisen Molkenproteine einen doppelten Nutzen auf: Sie tragen einerseits zur Muskelsynthese bzw. zur Hemmung des Muskelabbaus bei, indem sie das Gleichgewicht vom katabolen Zustand während der körperlichen Aktivität in Richtung anabole Prozesse verschieben können und damit die körperliche Leistungsfähigkeit und eine schnellere Regeneration fördern. Andererseits sind sie durch ihre antioxidative und immunmodulierende Wirkung förderlich für die Gesundheit und Erholung des Athleten [Wehrmüller et al. 2009a].

- Im Alter ist eine ausreichende Proteinversorgung von grosser Bedeutung – nicht zuletzt zur Vorbeugung von Sarkopenie, bei der stoffwechselaktive Muskelmasse durch Fettgewebe ersetzt wird (siehe Kapitel 4.1). Molkenproteine leisten aufgrund ihrer raschen Verdaubarkeit einen wichtigen Beitrag.
- Molkenproteine spielen auch beim Stressmanagement eine Rolle. Molkenproteine (v.a. α -Laktalbumin) sind reich an der Aminosäure Tryptophan, aus welcher der Neurotransmitter Serotonin entsteht. Serotonin beeinflusst die Stimmungs- und Gemütslage, den Schlaf-Wach-Rhythmus, die Schmerzwahrnehmung, die Körpertemperatur und die Nahrungsaufnahme. Gemäss einigen Tier- und Humanstudien verbessert die Verabreichung von α -Laktalbumin die kognitive Leistungsfähigkeit wie auch die Schlafqualität.

Bioaktive Proteine

Als bioaktive Proteine werden Nahrungsproteine bezeichnet, die spezielle biologische Aktivitäten mit potentiell positivem Einfluss auf die Gesundheit ausüben. Diese bioaktiven Wirkungen gehen über die ernährungsphysiologische Bedeutung von Proteinen hinaus [Walther & Sieber *submitted*].

Bedeutung

Die meisten Studien betreffend bioaktiver Proteine wurden mit Milchproteinen durchgeführt (Immunglobuline, Kaseine, Molkenproteine) und konzentrierten sich auf folgende Wirkungen [Walther & Sieber *submitted*]:

- vitamin-/mineralstoffbindende Proteine: Beispielsweise sind Folate und Vitamin B12 aus Kuhmilch an Molkenproteine gebunden, so dass die Absorption dieser Vitamine erleichtert und deren Abbau oder Aufnahme durch die Darmflora verhindert wird.
- antimikrobielle Proteine: Diverse antimikrobielle Proteine schützen den Magen-Darm-Trakt vor pathogenen Bakterien und Viren, indem sie einerseits das Wachstum nützlicher Mikroorganismen im Darm fördern und indem sie andererseits die Andock-Mechanismen der Pathogene neutralisieren.
- immunsuppressive/-modulierende Proteine: Kuhmilch enthält über 25 Proteinkomponenten, die im Menschen die Produktion spezifischer Antikörper induzieren könnten.
- Hormone und Wachstumsfaktoren: Milch enthält diverse Hormone (u.a. Insulin, Melatonin und Prolactin) und Wachstumsfaktoren (u.a. IGF-1).
- enzymhemmende Proteine

Aufgrund ihrer Molekulargrösse ist die Absorption des Gesamtproteins im menschlichen Magen-Darm-Trakt beschränkt. Die meisten Proteine mit biologischen Funktionen zeigen ihre physiologische Aktivität deshalb im Magen-Darm-Trakt, indem sie die Nährstoffabsorption fördern, Enzyme hemmen oder das Immunsystem modulieren und so gegen Pathogene verteidigen. Beispielsweise fördern α - und β -Kaseine die Kalziumaufnahme, indem sie während der Verdauung lösliche Kasein-Phosphopeptide bilden [Walther & Sieber *submitted*].

Bioaktive Peptide

Peptide entstehen beim Verdauungsprozess von Nahrungsproteinen im Magen-Darm-Trakt des Menschen durch Verdauungsenzyme. Die gleichen Vorgänge erfolgen auch bei Fermentationsprozessen oder auch bei Lebensmittelverarbeitungsprozessen. Aus Nahrungsmitteln stammende Peptide können verschiedene biologische Aktivitäten aufweisen, die für die menschliche Gesundheit von Bedeutung sind – man nennt sie deshalb „bioaktive Peptide“ [Schmid 2009b, Schmid 2009c, Walther & Sieber *submitted*].

Als bioaktive Peptide werden Peptide mit hormon- oder heilmittelähnlichen Aktivitäten bezeichnet, die sich an spezifische Rezeptoren gewisser Zellen anheften, womit eine physiologische Antwort ausgelöst wird [Sieber et al. 2010].

Am besten untersucht sind zur Zeit die blutdrucksenkenden Peptide und darunter die beiden bioaktiven Tripeptide Valin-Prolin-Prolin (VPP) und Isoleucin-Prolin-Prolin (IPP) [Jakob et al. 2008, Meyer et al. 2009, Sieber et al. 2010]. VPP und IPP sind Bestandteile gewisser Kaseine [Wechsler et al. 2007]. Sie werden u.a. bei der Fermentation von Milch durch *Lactobacillus helveticus* freigesetzt. Umfangreiche Studien konnten zeigen, dass sie kein toxikologisches Risiko darstellen [Sieber et al. 2010, Walther & Sieber *submitted*].

Vorkommen

Bisher wurden Peptide hauptsächlich in Milch gefunden [Walther & Sieber *submitted*].

Bedeutung

Es gibt bioaktive Peptide mit den verschiedensten physiologischen Wirkungen auf den Organismus: darunter solche mit blutdrucksenkender, mineralstoffbindender, antimikrobieller, immunstimulierender, antioxidativer, opioidener, antikanzerogener, entzündungshemmender, cholesterinsenkender und sogar beruhigender Wirkung – wobei gewisse bioaktive Peptide multifunktional sind. Generell sind aber noch viele Fragen offen. Di- und Tripeptide scheinen absorbiert werden zu können, so dass sich die biologische Aktivität dieser Peptide möglicherweise auch in anderen Organen entfalten kann [Jakob et al. 2008, Walther et al. 2008, Walther & Sieber *submitted*, Wehrmüller et al. 2011]. Die Bioverfügbarkeit von VPP und IPP ist belegt – eine wichtige Voraussetzung dafür, dass diese beiden Tripeptide auch in vivo wirksam sein können [Sieber et al. 2010].²

Die beiden Tripeptide VPP und IPP können das angiotensin-converting enzyme (ACE) hemmen und werden deshalb mit blutdrucksenkenden Wirkungen assoziiert. Die blutdrucksenkende Wirkung von VPP und IPP konnte in verschiedenen in-vivo-Studien bei Ratten mit Bluthochdruck und in mehreren klinischen Humanstudien mit Patienten mit mildem Bluthochdruck und mit Bluthochdruck (bei Dosen von rund 5 mg VPP und IPP pro Tag) aufgezeigt werden [Jakob et al. 2008, Meyer et al. 2009, Sieber et al. 2010]. Drei kürzlich durchgeführte Humanstudien konnten diese Resultate allerdings nicht bestätigen, so dass die blutdrucksenkende Wirkung fermentierter Milch immer noch umstritten ist [Sieber et al. 2010, Walther & Sieber *submitted*].

Analytik

ACE-hemmende Peptide wie z.B. VPP und IPP können mittels Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC) und Massenspektrometrie (MS) identifiziert und quantifiziert werden; die Analysen sind allerdings sehr aufwändig [Sieber et al. 2010].

Kommerzielle Produkte

Bioaktive Peptide können in Lebensmitteln akkumuliert werden, z.B. indem bei fermentierten Milchprodukten spezifische Mikroorganismen eingesetzt werden. Gesundheitliche Anpreisungen von bioaktiven Peptiden oder Proteinen wurden von der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit EFSA bisher noch nicht zugelassen [Walther & Sieber *submitted*]. Auf

² Allerdings ist die Bioverfügbarkeit ungenügend (0.1%), was vermutlich der Hauptgrund für die limitierte bzw. fehlende Wirkung von VPP und IPP in vivo ist [van der Pijl PC, Kies AK, Ten Have GA, Duchateau GS, Deutz NE. Pharmacokinetics of proline-rich tripeptides in the pig. *Peptides* 2008; 29(12): 2196-2202].

dem Schweizer Markt waren verschiedene Sauermilchprodukte erhältlich (z.B. Evolus, Mivolus), welche VPP und IPP in Konzentrationen von rund 5 mg pro Portion enthielten [Wechsler et al. 2007, Sieber et al. 2010].³

Für weitere Informationen über VPP und IPP wird auf die Kapitel 1.3.4 und 1.4.3 verwiesen.

Lysinoalanin (LAL)

Lysinoalanin ist eine basische Aminosäure (kein Dipeptid) und Bestandteil verarbeiteter proteinhaltiger Lebensmittel. LAL entsteht als unerwünschtes Folgeprodukt bei der alkalischen Behandlung von Proteinen oder bei der Erhitzung proteinhaltiger Lebensmittel (irreversibel). Die Verwertung des Lysin-Anteils wird dabei ganz oder zum Teil blockiert, was für das Milchprotein jedoch von geringer Bedeutung ist, da dieses relativ reich an Lysin ist [Sieber et al. 2007].

Proteinhaltige Lebensmittel, die geringe Mengen an LAL enthalten, sind für den Menschen mit grosser Wahrscheinlichkeit als sicher einzustufen [Sieber et al. 2007].

Lysinoalanin dient in der Lebensmittelqualitätssicherung als Parameter für die verwendete Verarbeitungsmethode bzw. als Erhitzungsindikator. Hohe LAL-Anteile weisen darauf hin, dass die Milch oder das Milchprodukt bei der thermischen Behandlung entweder zu hohen Temperaturen ausgesetzt und zu lange behandelt wurde [Sieber et al. 2007].

Vorkommen von Lysinoalanin in Milch und Milchprodukten [Sieber et al. 2007]

Ziele: Diese Arbeit schafft einerseits einen Überblick über die Situation von Lysinoalanin (LAL) in Milch und Milchprodukten schweizerischer Herkunft und vergleicht sie mit Angaben aus der Literatur und beschreibt andererseits die an Agroscope Liebefeld-Posieux ALP eingesetzte Methode zur qualitativen und quantitativen Untersuchung des LAL-Gehaltes in Milch und Milchprodukten.

Methode: Die an ALP eingesetzte Bestimmungsmethode ist eine Modifikation dreier bestehender und in der Literatur beschriebener Methoden. Die Nachweisgrenze von LAL betrug 10 mg/kg Produkt.

Resultate: Die untersuchten UHT-Produkte (Milchdrink, Vollrahm, Kaffeerahm, Kondensmilch) enthielten in der Regel kein LAL – mit Ausnahme eines UHT-Kaffeerahmerzeugnisses, welches einen erhöhten LAL-Gehalt aufwies (367 mg/kg Protein). Käse und Käseprodukte (Frischkäse, Mozzarella, Halbhartkäse, Schmelzkäse, Kaseinate) wiesen keine nennenswerten LAL-Gehalte auf. Diverse Milchpulver und Kindernährmittel in Pulverform hatten hingegen teilweise erhöhte LAL-Gehalte (von 68 bis 712 mg/kg Produkt bzw. von 152 bis 881 mg/kg Protein). Die grosse Schwankungsbreite im LAL-Gehalt ist auf unterschiedliche Temperaturbelastungen und Erhitzungszeiten zurückzuführen.

Schlussfolgerungen: Unter den Milchprodukten sind vor allem getrocknete Proteinkonzentrate für hohe LAL-Gehalte gefährdet. Ausschlaggebend für die LAL-Bildung sind die Bedingungen der Temperaturbehandlung sowie der pH-Wert bei der Gewinnung von Milchproteinen.

³ Die Produkte waren bis ca. 2009 erhältlich, sind inzwischen aber wieder vom Schweizer Markt verschwunden.

1.1.3 Kohlenhydrate

Laktose

Laktose (Milchzucker) ist ein Zweifachzucker, der in der Milch aller Säugetiere vorkommt und aus den Einfachzuckern Glukose und Galaktose besteht. Deren Verdauung erfolgt durch das Enzym Laktase. Da Milch nach der Geburt das einzige verzehrte Nahrungsmittel ist, weist ein Säugling die höchste Laktase-Konzentration auf. Mit zunehmendem Alter kann die Laktasemenge im Darm sinken, was zu einer Laktoseintoleranz führt (siehe Kapitel 1.5.10) [Bosshart et al. 2010].

Analytik

Agroscope Liebefeld-Posieux ALP hat eine Methode entwickelt, die es erstmals ermöglicht, tiefe Laktosegehalte in Milchprodukten wie z.B. Frischkäse oder Joghurt genau zu bestimmen. Sie beruht auf einer enzymatischen Analyse und wurde validiert. Die Nachweisgrenze liegt bei 0.025 g pro kg und die Wiederholbarkeit bei 0.04 g pro kg. Die Methode gewährleistet eine hohe Präzision, so dass der in der Schweiz festgelegte Grenzwert von 1 g pro kg für laktosefreie Produkte garantiert werden kann [Bosshart et al. 2010].

Bedeutung

Laktose hat viele positive Eigenschaften [Wehrmüller et al. 2011]:

- Aufgrund seiner geringen Süßkraft von 0.2-0.4 (Saccharose = 1) ist Laktose für die Verwendung in Säuglingsnahrungsmitteln geeignet.
- Laktose ist wie auch Galaktose weniger kariogen als andere Mono- und Disaccharide.
- Der Glykämische Index (GI) von Laktose ist mit 46 niedrig verglichen mit der Referenzsubstanz Glukose (GI = 100) oder gegenüber Saccharose (GI = 68).
- Die Mineralstoffabsorption wird durch den gleichzeitigen Verzehr von Laktose begünstigt; v.a. Kalzium und Magnesium werden vermehrt absorbiert.
- Laktose hat eine stuhlregulierende Wirkung, da unverdaute Laktose den Wassergehalt im Stuhl erhöht.

Galakto-oligosaccharide (GOS)

Galakto-oligosaccharide (GOS) gehören zu den Prebiotika und sind unverdauliche Nahrungskomponenten, die wiederum Nährstoffe für Probiotika sind [Walther & Rehberger 2008c].

Vorkommen

GOS kommen in grösseren Mengen in der Muttermilch vor [Walther & Rehberger 2008c].

Bedeutung

GOS haben vielfältige Wirkungen [Walther & Rehberger 2008c]:

- Die in der Muttermilch in grösseren Mengen vorkommenden GOS fördern das Wachstum von Bifidobakterien und Laktobazillen im Darm von Neugeborenen. Bifidobakterien spielen sowohl in der Verdauungs- als auch in der Immunfunktion des Darms eine Schlüsselrolle, indem sie u.a. pathogene Bakterien hemmen und immunstimulierend wirken. GOS helfen somit beim Aufbau des Immunsystems. Werden der Milch direkt lebende Bifidobakterien zugesetzt, wirkt sich dies allerdings kaum positiv auf die Zusammensetzung der Darmmikroflora aus.

- GOS können pathogene Bakterien direkt an sich binden und damit Säuglinge vor Infektionen und Durchfall schützen (*Campylobacter jejuni*).
- Von den positiven Wirkungen der GOS auf das Immunsystem profitieren insbesondere Kinder mit Allergien, da deren Darmflora einen deutlich geringeren Gehalt an Bifidobakterien aufweist als die Darmflora nicht allergischer Kinder.
- Im Erwachsenenalter lindern GOS Verstopfungen, verbessern die Mineralstoffabsorption, regulieren den Fettstoffwechsel und wirken möglicherweise präventiv gegen Darmkrebs.
- Als Nährstoffe für Probiotika können sie schliesslich deren Wirkung ebenfalls positiv beeinflussen und verstärken.

1.1.4 Mineralstoffe: Mengenelemente

Kalzium

Vorkommen

Milch und Milchprodukte – und dabei v.a. Käse – stellen die Hauptquelle für Kalzium dar [Wehrmüller et al. 2008a, Gille 2009d]. Weitere Kalziumquellen sind Gemüse, Nüsse und Mineralwasser; allerdings ist Kalzium aus der Milch besser verfügbar als Kalzium aus pflanzlichen Produkten [Wehrmüller et al. 2008a, Gille 2009d]. Milchprodukte enthalten Laktose, Proteine, Phosphopeptide und Vitamin D, die sich auf die Bioverfügbarkeit von Kalzium alle positiv auswirken. Sie sind zudem frei von absorptionshemmenden sekundären Pflanzenstoffen wie Phytaten, Oxalaten oder Tanninen [Wehrmüller et al. 2008a].

Empfehlungen

Der Kalziumbedarf liegt laut den Empfehlungen der Deutschen, Schweizerischen und Österreichischen Gesellschaften für Ernährung (DACH-Referenzwerte) bei 1.0 g pro Tag (für Erwachsene) bzw. bei 1.2 g pro Tag (für Jugendliche) [Jakob et al. 2008].

Aufnahme

In der Schweiz werden 71% der täglichen Kalziumaufnahme in Form von Milch und Milchprodukten und rund 20% in Form von Halbhart- und Hartkäse konsumiert [Walther et al. 2008]. Die Kalziumaufnahme ist in der Schweiz generell ausreichend; allerdings gibt es Personengruppen mit ungenügender Kalziumversorgung (z.B. Jugendliche und junge Menschen sowie ältere Menschen) [Wehrmüller et al. 2008a].

Bedeutung

Kalzium übernimmt im menschlichen Organismus wichtige Funktionen: Es spielt eine wichtige Rolle beim Aufbau und Erhalt der Knochensubstanz sowie der Zähne und des Zahnschmelzes [Jakob et al. 2008]. Kalzium ist allerdings nicht nur wichtig für die Bildung der Zähne, sondern auch entscheidend für die Zahngesundheit – besonders in Verbindung mit anderen Milchkomponenten [Gille 2009d].

Der Einfluss von Kalzium auf die Knochendichte ist unbestritten [Walther & Rehberger 2008a]. Es ist allerdings nach wie vor unklar, wie Kalziumzufuhr, Bewegung und Knochendichte zusammenhängen [Walther 2006a].

Kalzium ist auch wichtig für die Reizübertragung im Nervensystem, für die Erregbarkeit von Muskelzellen und für die Blutgerinnung [Jakob et al. 2008]. Zusätzlich trägt Kalzium auch zum Schutz vor Durchfallerkrankungen und Krebs bei und stimuliert die Darmflora und damit

die Immunabwehr [Walther & Rehberger 2008a]. Die schützende Wirkung von Kalzium gegen Krebs steht möglicherweise im Zusammenhang mit der Aufnahme von Vitamin D [Walther & Rehberger 2008a, Schmid 2009f].

Phosphor

Vorkommen

Käse ist eine wichtige Quelle für Phosphor [Jakob et al. 2008].

Empfehlungen

Der Phosphorbedarf liegt laut den Empfehlungen der Deutschen, Schweizerischen und Österreichischen Gesellschaften für Ernährung (DACH-Referenzwerte) bei 0.7 g pro Tag (für Erwachsene) bzw. bei 1.25 g pro Tag (für Jugendliche) [Jakob et al. 2008].

Bedeutung

Phosphor ist wie Kalzium ein wichtiger Baustoff für Knochen und Zähne [Jakob et al. 2008].

1.1.5 Mineralstoffe: Spurenelemente

Zink

Vorkommen

Käse ist ein guter Lieferant von Zink [Jakob et al. 2008].

Empfehlungen

Die Empfehlungen liegen bei einem erwachsenen Mann bei 10 mg pro Tag [Jakob et al. 2008].

Bedeutung

Zink ist Bestandteil vieler Enzyme. Weiter ist es wichtig für die Insulinspeicherung und spielt eine unerlässliche Rolle im Immunsystem [Jakob et al. 2008].

1.1.6 Vitamine: Fettlösliche Vitamine

Vitamin A

Bedeutung

Vitamin A ist wichtig für die Sehkraft, schützt die Haut und die Schleimhäute, spielt eine wichtige Rolle in der Fortpflanzung, im Wachstum und in der Entwicklung des Embryos und fördert das Immunsystem [Jakob et al. 2008].

Vitamin D

Vitamin D ist ein Sammelbegriff verschiedener Formen: Ergocalciferol oder Calciferol (Vitamin D₂; Hauptnahrungsquelle von Vitamin D pflanzlichen Ursprungs), Cholecalciferol (Vita-

min D3; Hauptnahrungsquelle von Vitamin D tierischen Ursprungs), Calcidiol (25(OH)D₂ und 25(OH)D₃; Speicherform) und Calcitriol (aktive Form) [Walther 2009c, Walther 2010b].

Vorkommen

Nur eine relativ begrenzte Anzahl Lebensmittel liefert Vitamin D₃, die mit Ausnahme von Pilzen alle tierischen Ursprungs sind [Jakob et al. 2008].

Der Mensch kann Vitamin D in der Haut selbst synthetisieren, wenn er der Sonne genügend ausgesetzt ist (UV-B-Licht) [Jakob et al. 2008].

Bedeutung

Vitamin D ist wichtig für die Knochen- und Zahnbildung, weil es die Aufnahme von Kalzium aus dem Darm stimuliert und den Kalzium- und Phosphatstoffwechsel reguliert [Jakob et al. 2008, Walther 2009c, Walther 2010b]. Vitamin D ist ferner auch bei der Prävention von kardiovaskulären Krankheiten, Atherosklerose, Krebs, Osteoporose, Diabetes und multipler Sklerose von grosser Bedeutung und moduliert das Immunsystem [Walther 2009c, Walther 2010b].

Vitamin K

Vitamin K kommt in drei Hauptformen vor: Phyllochinon (Vitamin K₁), Menachinon (Vitamin K₂) und Menadion (Vitamin K₃). Von praktischer Bedeutung im menschlichen Stoffwechsel sind v.a. Vitamin K₁ und Vitamin K₂ [Walther 2010c].

Vorkommen

Quellen von Vitamin K₁ sind grünes Gemüse wie z.B. Broccoli, Kohl, Spinat und Salat. Vitamin K₂ kommt in Fleisch und in fermentierten Produkten wie z.B. Käse vor. Vitamin K₃ wird synthetisch hergestellt, kann aber auch während der Absorption aus dem Magen-Darm-Trakt als Stoffwechselprodukt aus Vitamin K₁ oder K₂ entstehen [Walther 2010c].

Bedeutung

Gut dokumentiert ist die Beteiligung von Vitamin K bei der Blutgerinnung und im Knochenstoffwechsel. Vitamin K könnte auch eine hemmende Rolle bei der Entwicklung von Atherosklerose spielen [Walther 2010c].

Ein erhöhter Konsum von Vitamin K₂-reichen Lebensmitteln könnte schliesslich das Krebsrisiko vermindern – v.a. bei Männern und da v.a. in Bezug auf Lungen- und Prostatakrebs. Geschlechtsspezifische Analysen ergaben, dass bei Männern die zunehmende Aufnahme von Vitamin K₂ sowohl das Risiko an Krebs zu erkranken als auch daran zu sterben signifikant verminderte (nicht aber bei Frauen). Allerdings sind noch viele Fragen offen [Walther 2010c].

1.1.7 Vitamine: Wasserlösliche Vitamine

Vitamin B2

Bedeutung

Vitamin B2 ist an zahlreichen Reaktionen des Kohlenhydrat-, Fett- und Proteinstoffwechsels sowie an der Energiegewinnung beteiligt. Zudem ist es wichtig für gesunde Haut, Nägel und Haare [Jakob et al. 2008].

Vitamin B6

Bedeutung

Vitamin B6 spielt eine zentrale Rolle im Aminosäurenstoffwechsel und ist wichtig für die Bildung von Botenstoffen des Gehirns. Weiter ist es unerlässlich für die Bildung von Vorstufen des roten Blutfarbstoffs (Hämoglobin) und ist beteiligt an der Produktion von Antikörpern und weissen Blutkörperchen (Leukozyten) [Jakob et al. 2008].

Vitamin B12

Bedeutung

Vitamin B12 ist wichtig für die Blutbildung, Zellteilung und Regeneration der Schleimhäute. Zudem ist es notwendig für gesunde Nervenzellen. Weiter wird es für die Umwandlung von Folsäure in die aktive Form benötigt und senkt zusammen mit Folsäure und Vitamin B6 den Homocysteinspiegel, was das Risiko für Herz-Kreislauf-Krankheiten günstig beeinflusst [Jakob et al. 2008].

1.1.8 Weitere Inhaltsstoffe

Milchsäure

Milchsäure (2-Hydroxypropionsäure) ist ein Stoffwechselzwischenprodukt, das aus Zucker (v.a. Glukose) von allen aeroben Mikroorganismen, höheren Tieren, dem Menschen, aber auch von Pflanzen unter anaeroben Bedingungen endogen gebildet wird. Laktate sind die Salze der Milchsäure [Walther 2006b].

Die Milchsäure liegt in zwei Isomeren vor, der rechtsdrehenden L-Form und der linksdrehenden D-Form. Entgegen negativer Berichterstattungen in der Vergangenheit ist die Verstoffwechslung der beiden Isomere im gesunden Menschen praktisch vergleichbar und die Zufuhr von D-laktathaltigen Lebensmitteln deshalb unbedenklich. Ausnahmen hiervon sind allerdings Patienten mit Short-Bowel-Syndrom und Säuglinge; bei ihnen kann es zu einer Azidose (Übersäuerung des Blutes) kommen, weil sie eine verminderte Aktivität von D-laktatabbauenden Enzymen aufweisen. Zum heutigen Zeitpunkt sind noch nicht alle Aspekte des D-Laktatstoffwechsels geklärt [Walther 2006b].

Vorkommen

Milch, die stehen gelassen wird, beginnt spontan zu säuern, da Rohmilch natürlicherweise Milchsäurebakterien enthält. Bei der Herstellung von Sauer Milchprodukten (z.B. Joghurt, Kefir, Kumyss usw.) und Käse werden Milchsäurebakterien gezielt eingesetzt, um eine Fermentation herbeizuführen [Walther 2006b].

Milchsäure kommt natürlicherweise auch in Sauergemüse, gesäuertem Brot, Frucht- und Gemüsesäften, Bier und Wein vor. Die Datenlage zu diesen Lebensmitteln ist allerdings beschränkt, was die Milchsäuregehalte und Verzehrswerte anbelangt, so dass hierzu keine zuverlässigen Aussagen gemacht werden können [Walther 2006b].

Die Milchsäure im menschlichen Körper hat verschiedene Quellen. Der Hauptanteil stammt aus der Aufnahme fermentierter Lebensmittel bzw. aus der Wirkung der im menschlichen Darm lebenden Mikroorganismen. Weiter nimmt der Mensch auch über Arzneimittel Milchsäure zu sich. Schliesslich wird Milchsäure auch durch den menschlichen Organismus im Rahmen des Kohlenhydrat- und Aminosäurenabbaus gebildet, wo sie wiederum zur Energiegewinnung unter anaeroben Bedingungen dienen kann. Vor allem das Hirn ist über den so genannten „Cori-Zyklus“ in der Lage, Glukose umzusetzen, ohne sie in der Bilanz zu verbrauchen (durch Rückumwandlung von Laktat zu Glukose) [Walther 2006b].

Aufnahme

Im Jahr 2004 betrug die Milchsäureaufnahme der Schweizer Bevölkerung aus Milch und Milchprodukten rund 370 g pro Kopf und Jahr (Basis: Verbrauchsdaten) [Walther 2006b].

Analytik

Für die Bestimmung von Milchsäure wurde eine Vielzahl verschiedener Methoden entwickelt. Zur Bestimmung von Laktat in Lebensmitteln und insbesondere in Milch und Milchprodukten werden enzymatische Methoden sowie weiterentwickelte und abgewandelte Verfahren eingesetzt [Walther 2006b].

Bedeutung

Milchsäure wird mit verschiedenen positiven gesundheitlichen Wirkungen in Zusammenhang gebracht [Walther 2006b]:

- Verbesserung der Kalziumaufnahme [Jakob et al. 2008]
- Verbesserung der Proteinverdaulichkeit
- Atmungsregulation
- Haut- und Schleimhautschutz
- Verdauungsregulation
- Therapeutikum bei Organerkrankungen

Bei der Herstellung von Lebensmitteln spielt die Milchsäuregärung seit Jahrhunderten eine wichtige Rolle (siehe Kapitel 1.2.2 und 1.2.3). Die Bedeutung für die gesäuerten Lebensmittel ist vielfältig: Gärung, Verhüten von Nebengärungen (beim Käse), Ausfällen der Proteine (wodurch eine bessere Verdaulichkeit des Lebensmittels erreicht wird), Ausfällen des Kaseins (meist mit Labprodukten), Aromabildung, Hemmen unerwünschter Mikroorganismen (wodurch eine Haltbarkeitsverlängerung des Lebensmittels erreicht wird) usw. [Walther 2006b].

Milchsäure dient auch der Qualitätsverbesserung von Lebensmitteln. Bei der Fleischverarbeitung werden Schlachtkörper (z.B. Poulet) beispielsweise häufig mit Milchsäure eingerieben. Dies senkt den pH-Wert, was wiederum dazu führt, dass die Anzahl Bakterien vermindert wird, die für den Verderb verantwortlich sind. Die pH-Senkung beeinflusst auch Geschmack und Farbe positiv [Walther 2006b].

Auch die Salze der Milchsäure spielen in der Lebensmittelindustrie eine wichtige Rolle. Natrium- und Kaliumlaktate dienen beispielsweise als Emulgatoren, Feuchthaltemittel oder pH-

Kontrollmittel. Kalziumlaktate werden zur Kalziumsupplementierung eingesetzt, erhalten in Apfelstücken die Bissfestigkeit und verhindern Verfärbungen, schützen den Brotteig vor Klebrigkeit und Colibakterien und verbessern die Qualität von Milchpulver [Walther 2006b].

Die Fähigkeit zur Bildung verschiedener Milchsäureisomere wird auch zur Differenzierung der Milchsäurebakterien herangezogen [Walther 2006b].

Biogene Amine

Der Begriff „biogene Amine“ umfasst eine Gruppe von rund 20-30 NPN-Verbindungen, die in Geweben von Mensch, Tieren und Pflanzen gebildet werden, aber auch in diversen eiweiss-haltigen Lebensmitteln enthalten sein können [Wechsler et al. 2009].

In Lebensmitteln entstehen biogene Amine durch den mikrobiellen Abbau von Aminosäuren [Wechsler et al. 2009]. Die Bildung von biogenen Aminen setzt deshalb voraus, dass freie Aminosäuren vorhanden und mikrobielle Decarboxylasen aktiv sind [Bachmann et al. *in press*].

Am bekanntesten sind die biogenen Amine Histamin (entsteht aus der Aminosäure Histidin) und Tyramin (entsteht aus der Aminosäure Tyrosin) [Wechsler et al. 2009].

Vorkommen

Hohe Gehalte an biogenen Aminen sind vor allem in verdorbenen Lebensmitteln, gelegentlich aber auch in fermentierten Lebensmitteln wie Käse, Würsten, Wein oder Sauerkraut anzutreffen. Auch leicht verderbliche, eiweiss-haltige Lebensmittel wie Fisch oder Frischfleisch können aufgrund der Wirkung der Verderbsflora Quelle von biogenen Aminen sein. Biogene Amine sind relativ hitzestabil. Es gibt keine gesetzlichen Höchstmengenvorgaben für biogene Amine in Lebensmitteln [Wechsler et al. 2009].

Analytik

Auch Käse kann eine bedeutende Quelle von unerwünschten biogenen Aminen sein (siehe Kapitel 1.4.4). Da sich das Problem im Käse erst nach mehreren Monaten Reifung bemerkbar macht und der Nachweis gewisser aminbildender Mikroorganismen in der Rohmilch schwierig ist, bereitet die Ermittlung der Kontaminationsquellen oft grosse Mühe. Im Rahmen der Forschungsarbeiten von Agroscope Liebefeld-Posieux ALP wird versucht, empfindlichere Methoden zu entwickeln, mit denen aminbildende Keime in Lieferantenmilchproben und Käse nachgewiesen werden können, z.B. mittels Genotypisierung oder auch über molekularbiologische Verfahren. Bei der Genotypisierung werden so genannte „genetische Fussabdrücke“ erstellt, mit denen verschiedene Stämme der gleichen Bakterienart unterschieden werden können [Wechsler et al. 2009].

Die Universität Wien entwickelte eine Methode zur Bestimmung von biogenen Aminen in Käse mittels Ultra-Performance-Liquid-Chromatographie (UPLC) [Wehrmüller & Bachmann 2008].

Bedeutung

Biogene Amine sind an biologischen Funktionen beteiligt, stellen wichtige Vorstufen von Vitaminen oder anderen Stoffen dar und lösen teils physiologische Reaktionen aus. Das biogene Amin Adrenalin wirkt im Körper z.B. als Neurotransmitter; die beiden biogenen Amine

Serotonin und Dopamin sind an der Regulation der Nahrungsaufnahme beteiligt; Histamin ist schliesslich wichtig für die Immunabwehr [Wechsler et al. 2009].

In Lebensmitteln unerwünscht sind vor allem die Amine Histamin und Tyramin, die beide ein breites Spektrum an gesundheitlichen Beschwerden auslösen können. Die mit der Nahrung aufgenommenen biogenen Amine verursachen im Normalfall keine Probleme, da sie bereits in der Dünndarmschleimhaut durch entsprechende Enzyme abgebaut werden. Negative Auswirkungen sind daher nur in speziellen Situationen zu erwarten: bei sehr hoher Zufuhr über Nahrungsmittel, individueller Überempfindlichkeit, chronischer Darmerkrankung sowie bei Einnahme von Medikamenten, die den Abbau von Aminen verlangsamen [Walther 2009f, Wechsler et al. 2009].

Tyramin kann in Dosen von 25-250 mg zum so genannten „Käse-Syndrom“ führen mit Symptomen wie Bluthochdruck, Kopfschmerzen, Migräne und Übelkeit [Wechsler et al. 2009].

Histamin kann bei Menschen mit Histaminunverträglichkeit pseudoallergische Reaktionen auslösen, die sich mit Nesselfieber, Rötung der Haut, Hautausschlägen, Kopfschmerzen, Durchfall, Blähungen und Bauchkrämpfen usw. äussern. In sehr hohen Mengen (100-1000 mg) kann Histamin zu Histaminvergiftungen führen, die Übelkeit, Erbrechen, Schwindel usw. bis hin zu Kreislaufkollaps hervorrufen und lebensgefährlich sein können [Wechsler et al. 2009].

Abgesehen von den möglicherweise toxischen Effekten von biogenen Aminen beeinflussen sie auch die Käsequalität negativ. Der Käse wird rissig und erhält einen brennenden und scharfen Geschmack [Bachmann et al. *in press*].

1.2 Milch, Milchprodukte und ihre Herstellungs- und Verarbeitungsverfahren

1.2.1 Milch

Homogenisierung der Milch

Als Homogenisierung bezeichnet man ein in der Milchwirtschaft angewandtes Verfahren, um die Fettkügelchen der Rohmilch feiner in der wässrigen Phase zu verteilen, mit dem Ziel, ein Aufrahmen während der Lagerung zu verhindern. Der Fettpartikeldurchmesser wird dabei von 3-6 µm auf einen mittleren Durchmesser von 1 µm verkleinert [Gille 2009a, Gille 2009b, Gille 2009c].

Durch das Homogenisieren erfolgt eine Oberflächenvergrößerung der Fetttröpfchen mit dem Resultat, dass die Milchfettkügelchenmembran die Oberfläche nicht mehr komplett bedecken kann und andere oberflächenaktive Komponenten der Rohmilch (z.B. Kaseine) die Fetttröpfchen absorbieren. Diese Um- und Anlagerung spielt eine wichtige Rolle für die Verdauung der Milch im menschlichen Körper; homogenisierte Milch wird schneller durch den Dünndarm transferiert und ist damit leichter verdaubar [Gille 2009a, Gille 2009b, Gille 2009c].

ESL-Milch

Die Herstellung von ESL-Milch (*extended shelf life*) umfasst die Anwendung verschiedener Verfahren. Einerseits wird durch Hoherhitzen der Vollmilch die Zahl unerwünschter Keime reduziert, andererseits kann nach der Entrahmung die Magermilch durch Mikrofiltration entkeimt, der Rahm pasteurisiert und dann wieder beigemischt werden [Walther 2009e].

Die Porengrösse der Filter ist mit 1.4 µm Durchmesser grösser als die Molekülmassen der in der Milch enthaltenen Nährstoffe, so dass bei der Mikrofiltration nicht mit Nährstoffverlusten zu rechnen ist – die Hitzebehandlung der Milch bzw. Milchkomponenten schädigt hitzelabile Nährstoffe dagegen. Aufgrund der Erhitzungstemperatur sind die Verluste an hitzelabilen Vitaminen (B1, B2, B12, C und Folsäure) bei der Herstellung von ESL-Milch leicht grösser als bei der Pasteurisation (Verluste von rund 10%), aber geringer als beim UHT-Verfahren (Verluste von bis zu 20%). Was den Vitamingehalt betrifft, sind ESL- und pasteurisierte Milch also fast ebenbürtig [Walther 2009e].

Wie jedes Herstellungsverfahren hat die Herstellung von ESL-Milch Nachteile, aber auch Vorteile. Ein Vorteil ist beispielsweise, dass ESL-Milch im Vergleich zu Pastmilch eine leicht bessere Verdaubarkeit aufweist – dies, weil β-Lactoglobulin bei der Hoherhitzung der Milch denaturiert wird [Walther 2009e].

Behandlung mit gepulsten elektrischen Feldern (PEF)

Die PEF-Behandlung (*pulsed electric fields*) ist ein alternatives Verfahren zur Erhitzung, bei dem zwecks Haltbarmachung ein elektrisches Feld an ein flüssiges Lebensmittel angelegt wird. In der Milchverarbeitung wird die Behandlung auch „kalte Pasteurisation“ genannt. Der Hauptvorteil dieser Behandlung besteht darin, dass sie das Lebensmittel weniger verändert als thermische Verfahren, was Farbe, Geschmack, Textur und Nährwert anbelangt. Die Nachteile der PEF-Behandlung bestehen darin [Eberhard & Sieber 2008]:

- dass diverse Faktoren die Inaktivierung von Mikroorganismen beeinflussen (Behandlungszeit, Grösse der Keime, Wachstumsphase usw.) und die genauen Rahmenbedingungen zur vollständigen Inaktivierung aller Mikroorganismen noch nicht restlos geklärt sind,

- dass die Inaktivierung von Sporen unsicher ist,
- dass die Enzyminaktivierung ungenügend ist,
- dass die Konsumenten über die Unbedenklichkeit und Vorteile der Behandlung informiert werden müssten und Vertrauen geschaffen werden müsste,
- und dass Studien bisher noch nicht auf Industrieanlagen erfolgten.

In der Milchverarbeitung hat sich das Verfahren in der Praxis bis jetzt nicht durchgesetzt [Eberhard & Sieber 2008].

1.2.2 Sauermilchprodukte

Das Marktvolumen von Sauermilchprodukten nimmt ständig zu; parallel nimmt auch die Bedeutung von Produkten mit probiotischen oder funktionellen Kulturen zu. Bisher hat die EFSA allerdings noch keine gesundheitliche Anpreisungen für probiotische Sauermilch zugelassen [Guggisberg et al. 2010].

Die Milchsäuregärung ist der wichtigste Vorgang bei der Herstellung von Sauermilchprodukten. Die Fabrikationsdauer und Eigenschaften des Endproduktes hängen von den Eigenschaften und der Aktivität der Starterkultur ab [Walther 2006b]. Früher säuerte die Milch spontan; heute kann die Säuerung durch Anreicherung und Züchtung geeigneter Milchsäurebakterienkulturen sowie durch die Einhaltung optimaler Wachstumsbedingungen kontrolliert durchgeführt werden [Wehrmüller et al. 2009c].

Joghurt ist nicht das einzige Sauermilchprodukt. Daneben gibt es eine Vielzahl geschmacklich und mikrobiologisch unterschiedlicher Produkte, teils auch von Milch anderer Tierarten [Wehrmüller et al. 2009c].

Sauermilch

Die Schweizer Gesetzgebung definiert Sauermilch als fermentierte Milch, die durch die Fermentation von Milch mit geeigneten Milchsäurebakterien hergestellt wird [Wehrmüller et al. 2009c].

Die kommerzielle Herstellung von Sauermilch erfolgt mit ausgewählten Milchsäurebakterien. Der Einsatz der verschiedenen Bakterienstämme ist kulturell verwurzelt und erklärt die länderspezifischen unterschiedlich schmeckenden Sauermilchprodukte [Wehrmüller et al. 2009c].

Joghurt

Die traditionelle Joghurtkultur setzt sich aus *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus* (früher als *Str. thermophilus* bezeichnet) und *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* (früher *L. bulgaricus*) zusammen [Walther 2006b]. Dies entspricht auch der Definition für Joghurt, wie sie in der Schweizer Gesetzgebung zu finden ist [Wehrmüller et al. 2009c].

Joghurt ist ein gängiges, von Frauen überdurchschnittlich oft verzehrtes Produkt. In der Schweiz wurden im Jahr 2007 18 kg Joghurt pro Kopf verzehrt [Wehrmüller et al. 2009c].

Kefir

Kefir ist ein hefehaltiges Sauermilchprodukt mit Ursprung im Kaukasus. Das Kefirkorn besteht aus einer gelatineartigen, als Kefiran bezeichneten Polysaccharidmatrix. Im Kefirkorn sind Milchsäurebakterien, Hefen und zum Teil Essigsäurebakterien eingebettet. Aufgrund dieser Mikroflora findet neben der Milchsäuregärung eine durch die Hefen bedingte alkoholi-

sche Gärung statt. Je nach Gärdauer beträgt der Alkoholgehalt von Kefir zwischen 0.2% bis rund 3% [Wehrmüller et al. 2009b, Wehrmüller et al. 2009c].

In Westeuropa wird Kefir aus produktionstechnischen, qualitätsbezogenen und geschmacklichen Gründen allerdings mit einer kommerziellen Kefirkultur hergestellt (nicht mit dem Kefirkorn), so dass westlicher Kefir viel milder ist und weniger Alkohol enthält als traditionell hergestellte Produkte [Wehrmüller et al. 2009b, Wehrmüller et al. 2009c].

Lassi

Als Basis für die Herstellung von Lassi dient Joghurt mit seinen stark säuernden Kulturen (*Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus* und *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*). Süsser Lassi (z.B. Mango-Lassi) enthält Zucker und Safran, Fruchtsaft oder pürierte Früchte. Daneben gibt es auch den gewürzten und salzigen so genannten Namkin-Lassi. Fast jedes asiatische Land hat ein eigenes Lassi-Rezept. Lassi wird heute auch als Mittel zur „Kühlung“ beim Verzehr scharf gewürzter Speisen eingesetzt [Wehrmüller et al. 2009c].

Kumys

Kumys ist ein milchsaures und alkoholisch vergorenes Getränk aus Stutenmilch, das einen hohen Vitamin- und Mineralstoffgehalt sowie 1.2-2.0% Alkohol enthält. In der Mongolei wird das gleiche Getränk Airag genannt und gilt als Nationalgetränk [Wehrmüller et al. 2009c].

Konsistenz

Die Konsistenz von Joghurt wird hauptsächlich durch zwei Faktoren bestimmt: durch die Hitzebehandlung der Rohmilch und durch die Starterkultur [Guggisberg et al. 2008].

Relating Sensory and Rheological Measurements to assess Texture Parameters in low-fat Yoghurt [Piccinali & Guggisberg 2009]

Rheological and sensory characterization of low-fat set yoghurt as influenced by tapioca starch, beta-glucan and milk-protein [Guggisberg et al. 2009b]

Ausgangslage: Die Nachfrage nach fettreduzierten Produkten wie beispielsweise fettreduzierten Joghurts steigt; die Konsumenten erwarten allerdings die gleichen Textureigenschaften wie bei Vollmilchjoghurts – v.a. was die Viskosität und Cremigkeit angeht. Textureigenschaften werden im Normalfall mit sensorischen und/oder rheologischen Methoden gemessen.

Ziele: Die Studie untersuchte den Einfluss von Tapiokastärke, β -Glucan und Milchprotein auf ausgewählte Textureigenschaften von Magermilchjoghurt und dabei insbesondere deren Fähigkeit, die Festigkeit, Viskosität und Cremigkeit zu fördern.

Material und Methoden: Die Studie umfasste 12 fettreduzierte Joghurtproben, welche verschiedene strukturgebende Hilfsstoffe in unterschiedlichen Konzentrationen enthielten: 3 Proben mit Tapiokastärke (1%, 2%, 4%), 3 Proben mit β -Glucan (0.5%, 1%, 2%), 3 Proben mit Milchprotein (1%, 2%, 4%), 3 Chargen der Referenzprobe (Magermilchjoghurt mit 0.1% Fett). Die Textureigenschaften wurden mit sensorischen und mit rheologischen Methoden bestimmt.

Resultate: Die Zugabe von Tapiokastärke (1% und 2%) oder Milchprotein (1%, 2% und 4%) zu Magermilchjoghurt resultierte in zunehmend festerer Textur (je höher die Konzentration desto fester). Höhere Mengen an Tapiokastärke (>2%) und β -Glucan (>0.5%) beeinflussten das Joghurt-Gel negativ; die Texturfestigkeit war vermindert. Zugaben von β -Glucan in Konzentrationen über 1% resultierten zudem in negativem Off-Flavour⁴. Die sensorischen und rheologischen Messungen betreffend der Zugabe von 0.5% β -Glucan ergaben leicht divergierende Resultate. Die Resultate der sensorischen Beurteilungen zum Attribut „Festigkeit“ wurden durch die rheologischen Messungen bestätigt; es bestand eine gute Korrelation. Die Cremigkeit konnte durch die Zugabe von Tapiokastärke, β -Glucan oder Milchprotein tendenziell erhöht werden.

Inulin

Inulin ist ein wasserlösliches Polysaccharid, das in Pflanzen wie Topinambur, Zichorien, Zwiebeln oder Artischocken als Reservestoff eingelagert ist [Hadorn et al. 2007b, Guggisberg et al. 2008]. Aufgrund seiner technologischen Eigenschaften wird Inulin in der Lebensmittelherstellung als niederkalorischer Süsstoff, als Quellstoff, als Fettersatzstoff und als Texturmodifiziermittel eingesetzt – mit dem Ziel, den Geschmack, die Textur und das Mundgefühl von Lebensmitteln zu verbessern [Hadorn et al. 2007b, Guggisberg et al. 2009a]. Durch Zugabe von Inulin kann Magerjoghurt mit einer ähnlichen Konsistenz wie Vollmilchjoghurt hergestellt werden [Guggisberg et al. 2008].

Inulin zählt zu den löslichen Nahrungsfasern [Guggisberg et al. 2009a]. Es wird im Dickdarm durch die Darmmikroflora zu kurzkettigen Fettsäuren und Gas abgebaut und kann in Verzehrmengen von über 4 g pro Mahlzeit deshalb zu Blähungen und Durchfall führen [Hadorn et al. 2007a, Hadorn et al. 2007b, Guggisberg et al. 2008]. Inulin verbessert in fettreduziertem Joghurt die Bedingungen für probiotische Bakterienkulturen wie Bifidobakterien [Guggisberg et al. 2008]. Aufgrund seiner prebiotischen Eigenschaften fördert Inulin auch im menschlichen Gastrointestinaltrakt das Wachstum von Bifidobakterien, was sich auf die Gesundheit des Gastrointestinaltraktes positiv auswirkt [Guggisberg et al. 2009a].

Rheological, microstructural and sensory characterization of low-fat and whole milk set yoghurt as influenced by inulin addition [Guggisberg et al. 2009a]
Inulin als Fettersatz in Joghurt? [Guggisberg et al. 2008]

Ausgangslage: Die Reduktion des Fettgehaltes von Joghurt geht mit Textur- und geschmacklichen Veränderungen einher.

Ziele: Die Studie untersuchte die Wirkung von Inulinzugabe auf die Konsistenz, Textur und Mikrostruktur von Joghurtproben unterschiedlicher Fettgehalte. Insbesondere wurde untersucht, ob mit einer Zugabe von 4% Inulin zu fettreduzierten Magerjoghurtproben eine dem Vollmilchjoghurt ähnliche Konsistenz und Cremigkeit erzielt wird.

Material und Methoden: Es wurde stichfester Nature-Joghurt mit verschiedenen Fettgehalten (0.2%, 1%, 2%, 3.5%) und Inulinzusatzmengen (0%, 1%, 2%, 4%) hergestellt. Der Proteingehalt der Joghurtmilch wurde auf 4% standardisiert. Der Einfluss des Fettgehaltes und der Inulinzugaben auf die Konsistenz wurde mit rheologischen Messmethoden und mittels sen-

⁴ Unter Flavour versteht man den Gesamtsinneseindruck, der beim Verzehr durch das Zusammenwirken von Geschmacks-, Geruchs- und Tastempfinden entsteht [Schlichtherle-Cerny 2009].

sensorischer Beurteilungen durch das Sensorik-Panel von Agroscope Liebefeld-Posieux ALP erfasst.

Resultate: Je höher die Inulinzusatzmengen, desto höher war die Cremigkeit der Probe (ausser bei der Joghurtprobe mit dem geringsten Fettgehalt). Die Viskosität stieg mit zunehmenden Inulinzusatzmengen ebenfalls und war in den Joghurtproben mit 1% und 2% Fett am augenfälligsten. Das Sensorik-Panel beobachtete keinen signifikanten Inulineffekt auf die Festigkeit der Proben – mit Ausnahme der Proben mit 3.5% Fett, die signifikant fester waren als die übrigen Proben. Diese sensorischen Beurteilungen entsprachen den rheologischen Daten nur teils; Letztere konnten einen Einfluss sowohl von Inulin als auch von Fett auf die Festigkeit feststellen. Mit einer Zugabe von 4% Inulin erreichten die Magerjoghurtproben (0.1% Fett) im Vergleich zur Vollmilchjoghurtprobe ohne Inulinzugabe eine nur unbedeutend geringere Festigkeit. Der Inulinzusatz hatte keinen signifikanten Einfluss auf den pH-Wert. Die Mikrostruktur wurde durch den Inulinzusatz nur geringfügig verändert; das Kaseinnetzwerk wurde nicht gestört. Molkenabscheidung wurde nur in den fettreduzierten Produkten festgestellt und konnte durch die Zugabe von 2% Inulin vermindert werden.

Schlussfolgerungen: Sowohl die Zugabe von Inulin als auch der Fettgehalt wirkten sich signifikant auf die rheologischen und sensorischen Eigenschaften der untersuchten Proben aus. Die Konsistenz von Joghurt wurde durch die Inulinzugabe merklich erhöht; die technologischen Vorzüge konnten insbesondere für Proben mit 2% und 3.5% Fett aufgezeigt werden. Der Inulinzusatz zu Joghurt veränderte dessen Herstellungsprozess nicht.

Süsse

Réduction en sucre de 30% [Chollet & Piccinali 2010]

Ausgangslage: Es bestehen vielerorts Bestrebungen, den Zuckerkonsum zu senken. Der Gehalt an zugesetztem Zucker von im Schweizer Handel erhältlichen Joghurts beträgt durchschnittlich 10%.

Ziele: Die Studie untersuchte einerseits, welche Zuckerkonzentration von der Schweizer Bevölkerung gewünscht wird, und andererseits, ob sich die Präferenzen altersspezifisch unterscheiden.

Material und Methoden: Es wurden Erdbeer- und Mokkajoghurts mit unterschiedlichen Gehalten an zugesetztem Zucker degustiert (10%, 7%, 5%). Rund 400 Probanden nahmen an der Degustation der Joghurts im Rahmen von Messen in Lausanne und Bern teil und beantworteten Fragen betreffend der allgemeinen Bewertung, der idealen Süssigkeit, des idealen Aromas sowie ihrer Konsumgewohnheiten.

Resultate: 57% der Befragten gaben an, mehrmals wöchentlich Joghurts zu konsumieren, und dies mehrheitlich im Rahmen des Nachtessens (38%), des Frühstückstücks oder als Zwischenverpflegung (rund 30%). Die Aromapräferenzen zwischen den Geschlechtern waren ausgewogen: Das Erdbeerjoghurt wurde von 56% der Männer und das Mokkajoghurt von 53% der Frauen bevorzugt. Die Befragten lieben süsse Nachspeisen: 40% würden eine süsse Nachspeise und 30% würden eine Frucht oder ein Joghurt (mit saurem und süssem Geschmack) wählen; nur 10% würden als Nachspeise Käse wählen. Die Joghurtproben mit 10% Zuckerzusatz wurden bevorzugt; die Akzeptanz der Proben mit 7% Zuckerzusatz war allerdings ebenfalls gut. Die Akzeptanz der Proben mit 5% Zuckerzusatz war hingegen

schlecht; der Geschmack wurde als unangenehm empfunden. Obschon die Aromakonzentration in allen Joghurtproben gleich war, wurde die Reduktion des Zuckergehaltes auch als Reduktion des Aromas wahrgenommen. Ältere Menschen über 60 Jahren bevorzugten Erdbeerjoghurts mit 10% Zuckerzusatz und Mokkajoghurts mit 7% oder 10% Zuckerzusatz. Die Joghurtproben mit geringeren Zuckerzusätzen wurden von den über 60-Jährigen signifikant weniger gemocht.

Schlussfolgerungen: Die Degustationen zeigen, dass eine Reduktion des Zuckergehaltes um 30% in einigen Joghurts teils akzeptiert würde. Allerdings muss beachtet werden, dass der Zucker die Wahrnehmung des Aromas verstärkt.

Süsstoffe

Steviosid (ein Diterpenglykosid) ist ein natürlicher Süsstoff, der aus den getrockneten Steviablättern isoliert und aufgereinigt wird [Guggisberg & Eberhard 2009]. Neben Steviosid enthält die Steviapflanze (*Stevia rebaudiana*) auch Rebaudiosid A, Rebaudiosid C und Dulcosid A. Die Steviolglykoside der Steviapflanze sind rund 200- bis 300-mal süsser als Saccharose [Guggisberg et al. *submitted*]. Steviosid ist nicht kariogen und ist für Diabetiker geeignet. Zudem ist Steviosid bis 200°C temperaturstabil, in einem weiten pH-Bereich stabil und nicht gärungsfähig. Steviosid ist weder in Europa noch in der Schweiz als Lebensmittel bzw. Lebensmittelzusatzstoff, Zutat oder Nahrungsergänzungsmittel zugelassen [Guggisberg & Eberhard 2009].⁵

Actilight ist ein kurzkettiges Fructooligosaccharid (FOS) mit milder Süsskraft (30% der Süsskraft von Saccharose). Gegenüber Saccharose hat Actilight nur die Hälfte an Kalorien. Als Nahrungsfaser (ohne E-Nummer) mit bifidogener und prebiotischer Eigenschaft ist Actilight speziell für Milchprodukte geeignet [Guggisberg & Eberhard 2009]. Aufgrund seiner technologischen Eigenschaften kann Actilight sowohl als niederkalorischer Süsstoff als auch als Quellstoff und Fettersatzstoff eingesetzt werden [Guggisberg et al. *submitted*].

Palatinose (auch Isomaltulose genannt) ist ein weisses kristallines Kohlenhydrat von milder Süsse (Süsstkraft ist konzentrationsabhängig und beträgt rund 40% der Süsstkraft von Saccharose), das aus natürlichem Rübenzucker gewonnen wird. Palatinose entsteht aus Saccharose durch die enzymatische Umlagerung und ist im Vergleich zu Zucker stabiler gegenüber pH-induzierter Hydrolyse und der enzymatischen Spaltung. Es ist deshalb resistent gegen die Fermentierung durch Mikroorganismen und Laktobazillen und so für die Verarbeitung in Molkereiprodukten geeignet [Guggisberg & Eberhard 2009, Guggisberg et al. *submitted*].

Effects of sugar substitution with Palatinose™ or Actilight™ together with Stevia on rheological and sensory characteristics of low-fat and whole milk set yoghurt [Guggisberg et al. *submitted*]

Wie sich die Süsse im Joghurt verhält [Guggisberg & Eberhard 2009]

Ausgangslage: Die Reduktion des Fettgehaltes bei Joghurt geht mit Textur- und geschmacklichen Veränderungen einher. Die Zugabe von Actilight™ zu Joghurt könnte zu einem ernährungsphysiologisch und technologisch höherwertigeren Produkt führen.

⁵ Das Bundesamt für Gesundheit erteilt seit August 2008 auf Basis des ADI-Wertes Einzelbewilligungen zum Gebrauch eines standardisierten Stevia-Extraktes als Zusatzstoff.

Ziele: Die Studie untersuchte einerseits den Einfluss verschiedener Actilight™- und Stevia-Kombinationen gleicher Süsse auf die Konsistenz (Textur und sensorische Eigenschaften) von Magerjoghurt (0.1% Fett) und Vollmilchjoghurt (3.5% Fett) und verglich sie mit Palatinose™- oder Saccharose-gesüssten Proben. Andererseits untersuchte die Studie, ob die Textur und die sensorischen Eigenschaften von kalorienreduzierten Magerjoghurtproben mit Zugaben von Stevia, von Actilight™ und Stevia oder von Palatinose™ vergleichbar waren mit denjenigen von Vollmilchjoghurt, das mit Saccharose gesüsst worden war.

Material und Methoden: Die chemischen und sensorischen Eigenschaften von 6 verschiedene Joghurtproben wurden untersucht: Probe 1 enthielt nur Steviosid (0.04 Gewichts-%), Proben 2 bis 4 enthielten Steviosid (0.025-0.035 Gewichts-%) und Actilight™ (2-6 Gewichts-%) in verschiedenen Konzentrationen (womit die Proben 2 bis 4 die gleiche Süsse erreichten), Probe 5 enthielt nur Palatinose™ (8 Gewichts-%) und Probe 6 nur Saccharose (8 Gewichts-%). Die Joghurtproben wurden gemäss der Standardrezeptur von Agroscope Liebefeld-Posieux ALP für stichfesten Joghurt hergestellt; die Fettgehalte betragen <0.1% (Magerjoghurt) und 3.5% (Vollmilchjoghurt); der Proteingehalt wurde auf 4% (bei Magerjoghurt) bzw. 5% (bei Vollmilchjoghurt) standardisiert. Der Einfluss der verschiedenen Süsstoffe auf die Konsistenz wurde mit rheologischen Messmethoden erfasst, der Einfluss auf die sensorischen Eigenschaften durch ein trainiertes Sensorik-Panel.

Resultate: Die drei Süsstoffe (Steviosid, Actilight™, Palatinose™) konnten in den untersuchten Dosierungen meist ohne gravierende geschmackliche Nachteile eingesetzt werden. Die beurteilte Süssigkeit lag jedoch signifikant tiefer als beim mit Saccharose gesüssten Vergleichsprodukt. Bei den mit Steviosid gesüssten Varianten wurde vereinzelt zudem ein Fremdgeschmack (Off-Flavour⁶) wahrgenommen, der durch die Kombination mit Actilight™ allerdings teils gedämpft werden konnte. Die Zugabe von Actilight™ erhöhte die Konsistenz und Cremigkeit merklich und verminderte die Molkenabscheidung im Vergleich zur Kontrollprobe (Joghurt mit Stevia). Weder die Zugabe von Actilight™ in Kombination mit Stevia noch die Zugabe von Palatinose™ oder Saccharose hatten im Vergleich zur Kontrollprobe (Joghurt mit Stevia) einen negativen Effekt auf den Joghurt-Herstellungsprozess oder die Entwicklung des pH-Wertes.

Schlussfolgerungen: Zur Energiereduktion könnte der Zucker in Mager- oder Vollmilchjoghurt durch Actilight™ und Stevia oder durch Palatinose™ ersetzt werden. Es wäre zu prüfen, ob bei höheren Dosierungen zur Verstärkung der Süssigkeit weitere Geschmacksfehler auftreten (Off-Flavour von Stevia).

1.2.3 Käse

Rund 50% der Milch, die in Europa produziert wird, wird zu Käse verarbeitet (150 mio Tonnen pro Jahr) [Bachmann et al. 2008]. Der Käsekonsum ist heute weltweit verbreitet, allerdings mit starken länderspezifischen Schwankungen, was die Konsummengen anbelangt. In der Schweiz, Griechenland, Frankreich, Deutschland und Italien liegt der pro-Kopf-Konsum bei über 20 kg pro Jahr; in anderen Ländern wie z.B. in Mexiko, Japan oder Südafrika liegt der Pro-Kopf-Konsum demgegenüber bei nur 1-2 kg pro Jahr oder noch weniger [Walther et al. 2008].

Die verschiedenen Käsesorten können nach unterschiedlichen Kriterien klassifiziert werden (Milchtyp, Herstellungsart, Konsistenz, Fettgehalt, Fermentationsart, Oberfläche, Textur und

⁶ Unter Flavour versteht man den Gesamtsinneseindruck, der beim Verzehr durch das Zusammenwirken von Geschmacks-, Geruchs- und Tastempfinden entsteht [Schlichtherle-Cerny 2009].

Lochbildung); entsprechend vielfältig sind die verschiedenen Käsesorten zusammengesetzt [Walther et al. 2008].

Milchsäuregärung

Der zeitliche Verlauf der Milchsäuregärung ist für jede Käsesorte charakteristisch. Die ersten 4 bis 8 Stunden der Milchsäuregärung sind für die Qualität des konsumreifen Käses von grosser Bedeutung, da die von den Bakterien gebildete Milchsäuremenge eng korreliert mit der Molkenmenge, die in der Käsemasse zurückbleibt. Der junge Käse verliert mit der abfliessenden Molke nicht nur Wasser und Kalzium, sondern auch Kohlenhydrate, Laktat und Stoffwechselzwischenprodukte. Die Lenkung des Säuerungsverlaufs ist deshalb von entscheidender Bedeutung für den Wassergehalt, die Teigbeschaffenheit, die Farbe der Käsemasse sowie für Geschmack und Aroma des verkaufsfertigen Käses [Walther 2006b].

Das Laktat kann in gewissen Produkten als Ausgangssubstrat für weitere Gärungen dienen. Das prominenteste Beispiel ist die Propionsäuregärung im Emmentaler Käse, bei der das Laktat durch *Propionibacterium shermanii* zu Propionat, Azetat und CO₂ vergoren wird. Letzteres führt dann zur charakteristischen Lochung dieser Käsesorte [Walther 2006b].

Neben den Milchsäurebakterien, die der Kessmilch bei der Käseherstellung als Starterkultur zugesetzt werden, sind somit auch Nicht-Starter-Milchsäurebakterien an der Gärung und Reifung des Käses beteiligt. Diese produzieren eine Vielfalt an Enzymen, welche die Proteine und die Milchsäure in aromawirksame Stoffe spalten, z.B. Alkohole, Aldehyde, Ketone, Karbonsäuren, Ester sowie Schwefel- und Stickstoffverbindungen [Walther 2006b].

Käsereifung

Die Käsereifung ist ein komplexer Prozess, der eine Vielzahl biochemischer Reaktionen umfasst. Während der sekundären Proteolyse werden aufgrund der Wirkung proteolytischer Enzyme verschiedenste Peptide aus Kasein freigesetzt, u.a. auch VPP und IPP. Die Proteolyse ist wichtig für die Entwicklung des charakteristischen Käsegeschmacks und der charakteristischen Käsetextur; sie stellt deshalb den wichtigsten Prozess der Käsereifung dar [Wechsler et al. 2007, Meyer et al. 2009, Sieber et al. 2010].

Pasteurisation

Die Schweizerische Gesetzgebung definiert Pasteurisation als rasche Erhitzung von Milch auf 72°C und Beibehaltung dieser Temperatur während mindestens 15 Sekunden. Bei diesem Prozess wird *Mycobacterium tuberculosis* bzw. dessen Enzym Phosphatase inaktiviert; die Messung der Phosphatase-Aktivität stellt deshalb eine geeignete Methode dar um zu prüfen, ob Milch pasteurisiert wurde oder nicht [Bachmann et al. *in press*].

Die Pasteurisation von Milch verändert die biochemischen und mikrobiologischen Reifungsprozesse sowie den Flavour⁷ und die Textur des aus der pasteurisierten Milch hergestellten Käses [Bachmann et al. *in press*].

Rohmilchkäse

Rohmilchkäse ist ein Nischenprodukt, aber doch wichtig in der traditionellen Käseproduktion verschiedener europäischer Länder. Die meisten traditionellen Rohmilchkäse sind heute als

⁷ Unter Flavour versteht man den Gesamtsinneseindruck, der beim Verzehr durch das Zusammenwirken von Geschmacks-, Geruchs- und Tastempfinden entsteht [Schlichtherle-Cerny 2009].

„*Protected Designation of Origin*“ (PDO) registriert. Dazu zählen u.a. der Emmentaler Käse (PDO) und der Gruyère Käse (PDO) [Bachmann et al. *in press*].

Rohmilchkäse wird aus Milch hergestellt, die vor der Käseherstellung nicht über 40°C erhitzt wurde und auch keine anderweitige Behandlung mit dem gleichen Effekt erfuhr. Rohmilchkäse haben ein diversifizierteres und intensiveres Aroma als Käsesorten, die aus pasteurisierter Milch hergestellt wurden. Der aussergewöhnliche Flavour⁸ von Rohmilch ist auf folgende Faktoren zurückzuführen: frühere und stärkere Entwicklung der Rohmilch-Mikroflora, Unterschiede in Proteolysemustern, höhere Lipolyse, stärkere Bildung flüchtiger Komponenten [Bachmann et al. *in press*].

Wichtige Voraussetzungen für die Herstellung qualitativ hochwertiger Rohmilchkäse sind die Verwendung hochwertiger Rohmilch und geeigneter Starterkulturen, die Anwendung geeigneter Herstellungs- und Reifungsbedingungen sowie das Know-How des Käseproduzenten. Rohmilchkäse reifen aufgrund ihrer erhöhten Enzymaktivität schneller als Käsesorten aus pasteurisierter Milch, so dass der optimale Verzehrzeitpunkt bei Ersteren kritischer ist [Bachmann et al. *in press*].

Die Lebensmittelsicherheit bei Rohmilchkäse setzt voraus, dass die Qualität der Rohmilch kontinuierlich kontrolliert wird und dass ein Monitoring der Hygiene- und Lebensmittelsicherheitskriterien stattfindet. Die häufigsten in Rohmilchkäse gefundenen Pathogene sind *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* und *Salmonella* spp. [Bachmann et al. *in press*].

Propionsäurebakterien

Propionsäurebakterien (PAB) umfassen u.a. die Spezies *P. freudenreichii*, *P. acidipropionici*, *P. jensenii* und *P. thoenii* und sind häufige Bestandteile von Rohmilch. Sie werden bei der Herstellung verschiedener Käsesorten (u.a. von Emmentaler Käse) eingesetzt zwecks Entwicklung eines süsslichen Nussgeschmacks und einer Lochung. Emmentaler Käse (PDO) wird immer noch aus Rohmilch hergestellt und während 4, 8 oder 12 Monaten gereift [Turgay et al. *submitted*].

Biodiversity and dynamics of propionibacteria in Swiss Emmentaler PDO cheese [Turgay et al. *submitted*]

Ausgangslage: Die Propionsäurebakterienflora in Emmentaler Käse (PDO) besteht aus Wild-Typ-Stämmen (aus der Rohmilch) und aus zugesetzten Starterkulturen von *P. freudenreichii*. Die Qualität von Emmentaler Käse wird durch die Art der zugesetzten Propionsäurebakterienkultur stark beeinflusst.

Ziele: Die Studie untersuchte einerseits die Biodiversität und Zusammensetzung der Propionsäurebakterienflora (PAB-Flora) in Rohmilch und in entsprechenden Emmentaler Käsen (PDO) und andererseits die Charakteristiken individueller Stämme in Bezug auf ihr Wachstum während der Käsereifung.

Material und Methoden: Aus der gleichen Rohmilch wurden unter Zusatz von drei verschiedenen Propionsäurebakterienkulturen von *P. freudenreichii* (A, B, C) drei Käsesorten herge-

⁸ Unter Flavour versteht man den Gesamtsinnesindruck, der beim Verzehr durch das Zusammenwirken von Geschmacks-, Geruchs- und Tastempfinden entsteht [Schlichtherle-Cerny 2009].

stellt. Die Zusammensetzung der PAB-Flora wurde in der Rohmilch, im Käsebruch und in den drei Käsesorten nach 2, 4, 6 und 8 Monaten Reifungsdauer bestimmt. Die Genotypen der Propionsäurebakterienkultur *P. freudenreichii* aus der Rohmilch und aus den Starterkulturen wurden zudem betreffend ihrer spezifischen Aspartase-Aktivität und ihres Wachstums bei kalten Lagerungstemperaturen (11°C) charakterisiert.

Resultate: Die Biodiversität von Propionsäurebakterien in aus Rohmilch hergestelltem Emmentaler Käse (PDO) ist sehr hoch. Während der Käseherstellung und -reifung verändert sich die Zusammensetzung der PAB-Flora massgeblich. Starterkulturstämme und Wild-Typ-Stämme von PAB mit hoher Aspartase-Aktivität oder gutem Wachstum bei tiefen Temperaturen (11°C) sind die dominierenden PAB-Stämme in reifem Emmentaler Käse (PDO). Diese beiden Charakteristika beeinflussen die Zusammensetzung der PAB-Flora während der Käsereifung massgeblich und könnten die Lagerungsqualität von Emmentaler Käse beeinträchtigen.

Schlussfolgerungen: In allen Käsesorten entwickelten die Wild-Typ-Stämme eine hohe Aspartase-Aktivität. Diese stammspezifische Eigenschaft ist ein Schlüsselfaktor für die Kontrolle der Propionsäuregärung und Vorbeugung von späterer Gärung in Schweizer Käse.

Käse als Träger probiotischer Bakterienstämme

Lactobacillus gasseri K7 hat probiotische Eigenschaften, ist als alleinige Starterkultur für die Herstellung von Käse aber nicht geeignet. In Kombination mit *Streptococcus thermophilus* kann jedoch ein schmackhafter Käse produziert werden [Bachmann et al. 2008, Wehrmüller & Bachmann 2008].

Comportement de la souche probiotique *Lactobacillus gasseri* K7 dans le fromage à pâte mi-dure affiné [Zehntner 2008]

Ausgangslage: Als probiotische Zusätze werden in europäischen Milchprodukten zumeist die bekannten und wissenschaftlich gut untersuchten Stämme *Lactobacillus casei* GG, *Lactobacillus johnsonii* La1, *Bifidobacterium lactis* Bb-12 eingesetzt.

Ziel: Die Studie untersuchte die technologische Eignung von zwei Stämmen der Art *Lactobacillus gasseri* als probiotische Zusätze in zwei Halbhartkäsen.

Material und Methoden: Bei der Herstellung zweier Halbhartkäse (Tilsiter und Grosslochkäse mit Oberflächenreifung) wurden zusammen mit den Starterkulturen zwei Stämme der Art *Lactobacillus gasseri* zugesetzt (*Lactobacillus* K7 und *Lactobacillus gasseri* 17266). In definierten zeitlichen Abständen wurde das Überleben der beiden Stämme geprüft.

Resultate: Nur der Stamm K7 war während der ganzen 90-tägigen Reifungsperiode in beiden Käsesorten nachweisbar. Weder der Käsegeschmack noch die Säureentwicklung oder die Käsereifung wurden durch die probiotischen Zusätze beeinträchtigt.

1.2.4 Molke

Molke fällt als Nebenprodukt bei der Käse- und Quarkherstellung an [Gruppe Ernährung 2010, Wehrmüller et al. 2011]. Man unterscheidet zwischen Sauermolke (wenn die Milch mit

Milchsäurebakterien gesäuert wird) und Süssmolke (wenn die Milch mit Lab dick gelegt wird), wobei sie sich in ihrer Zusammensetzung nicht wesentlich voneinander unterscheiden. Werden der Molke noch die Proteine und die Spuren an Fett entzogen, entsteht Milchserum [Wehrmüller et al. 2011].

Molke hat als „Abfallprodukt“ nach wie vor ein negatives Image und ist in der menschlichen Ernährung nur von geringer Bedeutung; nicht zuletzt aufgrund ihres säuerlichen Geschmacks. Die Verwertungsmöglichkeiten von Molke und ihrer Inhaltsstoffe haben in den letzten Jahren aber zugenommen [Gruppe Ernährung 2010, Wehrmüller et al. 2011]:

- Den Konsumenten wird Molke in getrockneter Form, als Molkenproteinkonzentrat oder als Getränk angeboten.
- In der Lebensmittelindustrie werden Molkenproteine aufgrund ihrer technologisch wertvollen Eigenschaften breit eingesetzt: Sie haben schäumende, emulgierende und gelatierende Eigenschaften sowie eine ausgezeichnete Löslichkeit und Bindungsfähigkeit von Aromastoffen. Molkenproteinisolate (Proteingehalt von 90-96%) werden als Grundstoff für Speiseeis, Backhilfsmittel, Kinder- und Säuglingsmilch sowie als Zusatzstoff bei der Herstellung von Produkten für Sportler eingesetzt.

1.2.5 Butter

Je nach Herstellungsprozess unterscheidet man zwischen drei Buttersorten mit ihrem spezifischen Flavour⁹ [Mallia et al. 2008]:

- Sauerrahmbutter: wird aus Rahm gewonnen, dem Starterkulturen beigemischt wurden
- Süsrahmbutter: wird aus unfermentiertem Rahm gewonnen
- Gesäuerte Rahmbutter: wird aus Süsrahm hergestellt, welcher anschliessend mit Milchsäure und einem Flavour-Konzentrat gesäuert wird

Off-Flavour⁹ von Butter entwickelt sich aufgrund von Lipidoxidation, Lipolyse und mikrobiellem Wachstum, welche während des Butterherstellungsprozesses (z.B. Hitzebehandlung bei hohen Temperaturen), der Verpackung und der Lagerung auftreten. „Off-Geruch“ in Butter hat seinen Ursprung hingegen in autooxidativen und lipolytischen Reaktionen, mikrobiellen Kontaminationen und in der Tierfütterung [Mallia et al. 2008].

1.2.6 Glacé

Des glaces avec moins de graisse [Tahadjodi et al. 2009]

Ausgangslage: Sowohl Johannisbrotkernmehl als auch Molkenproteine sind für ihre verdickende Wirkung in Lebensmitteln bekannt und werden insofern als Fettersatzstoffe eingesetzt.

Ziele: Die Studie untersuchte, inwiefern sich die Substitution von Fett durch Johannisbrotkernmehl oder Molkenproteine in Vanilleglacé auf die Streichbarkeit, das Schmelzverhalten, die Härte und den Geschmack auswirkte.

Material und Methode: Es wurden 3 Vanilleglacé-Varianten hergestellt: Variante 1 hatte 8% Milchfett (Standardrezeptur), Variante 2 hatte 3% Fett (Fett wurde teils durch Johannisbrotkernmehl ersetzt) und Variante 3 hatte 3% Fett (Fett wurde teils durch Molkenproteine er-

⁹ Unter Flavour versteht man den Gesamtsinneseindruck, der beim Verzehr durch das Zusammenwirken von Geschmacks-, Geruchs- und Tastempfinden entsteht [Schlichtherle-Cerny 2009].

setzt). Die 3 Vanilleglacé-Varianten wurden physikalischen Tests unterzogen zwecks Messung der Streichfähigkeit, Penetration und Wärmeresistenz.

Resultate: Alle drei Varianten entsprachen den Standardansprüchen an die Streichbarkeit von Speiseeis; Variante 1 war jedoch am weichsten. Alle drei Varianten zeigten auch ein gutes Schmelzverhalten, indem keine der Varianten nach 30 Minuten bei 15°C geschmolzen war; Variante 1 schnitt allerdings auch bei diesem Test am besten ab (höchste Resistenz). Bei den Penetrationstests zeigte sich, dass Variante 3 mit dem Molkenprotein am härtesten war. Die Degustation ergab schliesslich, dass die Varianten 1 und 3 vergleichbar waren, während die Variante 2 mit dem Johannisbrotkernmehl deutlich unbeliebter war.

Schlussfolgerungen: Es ist physikalisch und sensorisch möglich, einen Teil des Fetts in Vanilleglacé durch ein Proteingemisch oder Johannisbrotkernmehl zu ersetzen.

1.3 Zusammensetzung von Milch und Milchprodukten

1.3.1 Einleitung

Milch und Milchprodukte sind sehr vielfältig zusammengesetzt und liefern verschiedene Nährstoffe: Proteine, CLA, kurzkettige Fettsäuren, die Vitamine A, B2, B12 und D sowie Kalzium [Gille 2010e].

Zusammensetzung von Milch und Milchprodukten schweizerischer Herkunft [Sieber *in press*]

Ziel: Diese Arbeit schafft eine Übersicht über die Zusammensetzung von Milch und Milchprodukten schweizerischer Herkunft.

Proben: Milch (Kuhmilch, Schafmilch, Ziegenmilch), Joghurt, Sauermilch, Rahm, Butter, Käse; jeweils unterschiedlich hitzebehandelt (Past, UHT usw.), unterschiedlicher Fettgehalte (vollfett, fettreduziert), unterschiedlicher Geschmacksrichtungen (nature, Erdbeer usw.), unterschiedlicher Jahreszeiten (Sommer, Winter).

Resultate: Die Analysen umfassten Wasser, Protein, Fett, Laktose, Cholesterin (Werte fehlen teils), Energie, Saccharose, Glukose, Galaktose, Milchsäure, Vitamine (Werte fehlen teils), Jod, Selen, Aluminium, Kalzium, Natrium, Kalium, Magnesium, Phosphor, Zink, Eisen, Kupfer, Mangan, Aminosäuren, Fettsäuren, bioaktive Peptide (VPP, IPP). Neben den absoluten Gehalten dieser Nährstoffe in den untersuchten Proben legt die Arbeit für Kuh-, Ziegen- und Schafmilch auch die entsprechenden Nährwertprofile dar, welche zeigen, wie der empfohlene tägliche Bedarf des Menschen durch den Verzehr einer vorgegebenen Menge der entsprechenden Milch erreicht werden kann.

Energie

Vollmilch liefert pro 100 g rund 68 kcal, Drinkmilch rund 57 kcal und Magermilch rund 34 kcal. Vollmilchjoghurt liefert je nach Zuckergehalt 70-115 kcal pro 100 g und Käse je nach Sorte rund 250-420 kcal pro 100 g [Sieber *in press*].

Laktose

Kuhmilch enthält rund 4.6-5.0 g Laktose pro 100 g [Gruppe Ernährung 2006, Bosshart et al. 2010, Sieber *in press*]. Bei der Herstellung von Joghurt wird rund ein Drittel der Laktose durch die Mikroorganismen abgebaut, so dass Joghurt nur noch 2.9-4.2 g Laktose pro 100 g enthält [Gruppe Ernährung 2006, Sieber *in press*].

Protein

Kuhmilch enthält rund 3.2-3.4 g Protein pro 100 g und Vollmilchjoghurt rund 3.5-4.0 g pro 100 g [Sieber *in press*].

Vitamin D

In Kuhmilch kommen alle Formen von Vitamin D vor (siehe Kapitel 1.1.6), allerdings in verschiedenen Mengen. Die Vitamin D-Gehalte in der Milch werden durch den Fettgehalt und

die Jahreszeit beeinflusst. Je nach Quelle sind die Angaben zu den Gehalten sehr unterschiedlich [Walther 2009c, Walther 2010b]:

- Vollmilch: 0.09 µg pro 100 g
- Milchdrink: 0.06 µg pro 100 g
- Hartkäse: 0.7-1.1 µg pro 100 g
- Joghurt: 0.4 µg pro 100 g
- Butter: 0.5-1.3 µg pro 100 g

Mit den in der Lebensmittelpyramide der Schweizerischen Gesellschaft für Ernährung (SGE) empfohlenen 3 Portionen Milch und Milchprodukten und den 10 g Butter pro Tag kann die empfohlene Zufuhr von 5 µg Vitamin D zu rund 25% gedeckt werden. Die Angaben sind allerdings mit Vorsicht zu interpretieren, da sie sehr ungenau sind [Walther 2009c, Walther 2010b].

Kalzium

Milch und Milchprodukte sind reich an Kalzium [Walther & Rehberger 2008a]. Milch enthält 120-126 mg Kalzium pro 100 g und Joghurt 119-138 mg pro 100 g [Sieber *in press*]. Allerdings werden 70% des Kalziums, das dem Körper über die Nahrung zugeführt wird, im Darm gar nicht aufgenommen, sondern wieder ausgeschieden [Walther & Rehberger 2008a].

1.3.2 Milch

Milch ist nicht gleich Milch. Je nach Herkunft und Produktion unterscheidet sich deren Zusammensetzung erheblich [Bisig & Wehrli 2009].

Fett

Vollmilch enthält 4.0-4.1 g Fett pro 100 g, fettreduzierte Drinkmilch enthält 2.8 g Fett pro 100 g [Sieber *in press*].

Milchfett ist sehr vielfältig zusammengesetzt; bis heute konnten bis zu 400 verschiedene Fettsäuren nachgewiesen werden [Jakob et al. 2008]. Etwa zwei Drittel der im Milchfett vorkommenden Fettsäuren gehören zu den gesättigten Fettsäuren (SFA), wobei der Anteil kurzkettiger Fettsäuren (C4-C10) mit 9% im Vergleich zu anderen Fetten hoch ist [Jakob et al. 2008]. Unter den SFA kommen die Palmitinsäure (C16:0), Myristinsäure (C14:0) und Stearinsäure (C18:0) in den grössten Mengen vor [Walther et al. 2008]. Die Anteile an gesättigten, einfach ungesättigten und mehrfach ungesättigten Fettsäuren variiert zwischen 57-63% (SFA), 21-25% (MUFA) und 3.8-5.4% (PUFA) [Jakob et al. 2008].

Die CLA-Gehalte in der Milch liegen bei 1-3 g pro 100 g Milchfett, wobei höhere Gehalte v.a. in Alpmilch und damit in Alpkäse nachgewiesen werden [Jakob et al. 2008]. In der Milch kommen zwei CLA-Isomere in besonders grossen Mengen vor: das cis-9, trans-11 Isomer (c9t11; macht bis zu 75% des Gesamt-CLA-Gehaltes in der Milch aus) und das trans-7, cis-9 Isomer (t7c9). Das Profil der natürlichen CLA-Isomere in der Milch wird durch das Produktionssystem beeinflusst [Butler et al. 2009].

In 1 g Milchfett sind rund 2.6 g Cholesterin enthalten [Sieber *in press*].

Milch enthält 62-115 mg Sphingolipide pro kg. Zwischen dem Fettgehalt und dem Gehalt an Sphingolipiden in Milchprodukten gibt es keinen Zusammenhang [Wehrmüller 2007].

Milchfett enthält im Sommer rund 5.9 g und im Winter rund 3.2 g Transfettsäuren (ohne CLA) pro 100 g [Sieber *in press*].

Keine Entstehung von trans-Fettsäuren beim Erhitzen von Milchfett [Schmid et al. 2008b]

Ausgangslage: Transfettsäuren (TFA) kommen auch in tierischen Lebensmitteln vor. Im Gegensatz zu TFA aus teilgehärteten pflanzlichen Fetten konnte ihnen bisher allerdings kein gesundheitlich negativer Effekt nachgewiesen werden. Milchfett enthält natürlicherweise 3-5% TFA.

Ziele: Die Studie untersuchte, ob beim Erhitzen von Butter, Bratbutter und Bratcrème Transfettsäuren entstehen.

Material und Methode: Pro Produkt (Butter, Bratbutter und Bratcrème) wurden 2 Proben analysiert. Die TFA-Gehaltsbestimmung erfolgte mittels Gaschromatographie.

Resultate: Beim Erhitzen von Butter, Bratbutter und Bratcrème bis zu 60 Minuten bei Temperaturen bis zu 220°C entstanden keine zusätzlichen Transfettsäuren.

1.3.3 Sauermilchprodukte

Fett- und Proteingehalt von Sauermilchprodukten entsprechen meist ungefähr jenem der verarbeiteten Milch. Der verminderte Laktosegehalt und die Enzyme der Milchsäurebakterien führen dazu, dass Sauermilchprodukte auch für Konsumenten mit Laktoseintoleranz geeignet sind [Wehrmüller et al. 2009c].

1.3.4 Käse

Die Hauptbestandteile von Käse sind Fett, Protein und Wasser. Darüber hinaus ist Käse wie Milch eine wichtige Quelle für viele Vitamine und Mineralstoffe. Hervorzuheben sind insbesondere Kalzium, Phosphor, Kupfer sowie die Vitamine A, B2, B6, B12 und D. In Käse schlecht vertreten sind u.a. Eisen, die Vitamine C und B1, Folsäure, Niacin sowie Omega-3-Fettsäuren [Jakob et al. 2008, Walther et al. 2008].

Fett und Fettsäuren

Der Fettgehalt von Käse liegt je nach Fettgehalts- und Festigkeitsstufe bei ca. 30 g (Hartkäse), 25-35 g (Halbhartkäse), 20-25 g (Weichkäse) und 0-15 g (Frischkäse) Fett pro 100 g Käse [Jakob et al. 2008, Walther et al. 2008, Sieber *in press*].

Der Gehalt an Transfettsäuren in Käse liegt bei rund 3-6 g pro 100 g Fett; der CLA-Gehalt bei 1-3 g pro 100 g Fett [Jakob et al. 2008].

Käse weist zu tiefe Omega-3-Fettsäuregehalte auf, als dass er wesentlich zur Deckung des Tagesbedarfs beitragen könnte. Alpkäse liefert zwar verhältnismässig hohe Anteile (siehe Kapitel 1.4.1), aber es müssten mehr als ein halbes kg Käse mit einem Fettgehalt von 35% gegessen werden, um die empfohlenen 300-400 mg langkettigen Omega-3-Fettsäuren aufzunehmen [Jakob et al. 2008].

Protein, Peptide und Aminosäuren

Der Proteingehalt von Hart- und Weichkäse liegt bei 20-30 g pro 100 g Käse [Jakob et al. 2008, Sieber *in press*]; Frischkäse hat einen Proteingehalt von rund 10 g pro 100 Käse [Walther et al. 2008, Sieber *in press*].

Mit Ausnahme von Methionin und Cystein liefert Käse alle essentiellen Aminosäuren in Mengen, die über dem Bedarf von Kindern und Erwachsenen liegen [Walther et al. 2008]. Aufgrund des ausgeglichenen Gehaltes an essentiellen Aminosäuren ist die biologische Wertigkeit von Käseprotein (Kasein) hoch [Jakob et al. 2008].

Die Gehalte der bioaktiven Tripeptide VPP und IPP in Käse schwanken innerhalb der gleichen Käsesorte teils beträchtlich. Die höchsten gefundenen VPP+IPP-Gehalte lagen bei 425 mg pro kg (bei Berner Alpkäse AOC), bei 320 mg pro kg (bei Berner Hobelkäse AOC) und 190 mg pro kg (bei Bio-Emmentaler AOC). Eine Tagesportion Käse (50 g) kann somit durchaus über 5 mg VPP+IPP liefern – die Menge, für die eine blutdrucksenkende Wirkung nachgewiesen werden konnte [Wechsler et al. 2007]. VPP ist in den meisten Käsesorten in höheren Konzentrationen vorhanden als IPP [Walther 2009f].

Changes in angiotensin-converting enzyme inhibition and concentrations of the tripeptides Val-Pro-Pro and Ile-Pro-Pro during ripening of different Swiss cheese varieties [Meyer et al. 2009]

Ziele: Die Studie untersuchte die ACE-hemmende Aktivität und die Konzentration von VPP und IPP während der Käsereifung von sieben Schweizer Käsesorten.

Material und Methode: Untersucht wurden die Halbhartkäsesorten Tilsiter, Appenzeller, Tête de Moine und Vacherin fribourgeois sowie die Extrahart- und Hartkäsesorten Berner Hobelkäse, Gruyère und Emmentaler. Die VPP- und IPP-Konzentrationen wurden mittels HPLC-Massenspektrometrie gemessen.

Resultate: Zwischen der ACE-hemmenden Aktivität und der Konzentration von VPP und IPP in gereiftem Käse bestand eine gute Korrelation. Das Verhältnis zwischen VPP und IPP sank bei allen Käsesorten mit zunehmender Reifung, ausser beim Emmentaler. Die in dieser Studie gefundenen höchsten VPP+IPP-Konzentrationen waren relativ bescheiden (53.8 mg pro kg Emmentaler, 65.2 mg pro kg Berner Hobelkäse, 70.9 mg pro kg Gruyère). Die VPP- und IPP-Konzentrationen der verschiedenen Käsesorten und innerhalb der gleichen Käsesorten schwankten zudem stark. Dies wurde auf qualitative Unterschiede im Proteolysemuster zurückgeführt und hatte nicht mit quantitativen Unterschieden im Proteolysegrad zu tun. Das Vorkommen von *Lactobacillus helveticus* in der Starterkultur war mit höheren VPP- und IPP-Konzentrationen assoziiert. Das Verhalten der ACE-Hemmung war nicht nur vom Reifungsprozess, sondern von weiteren individuellen Prozessen der Käseherstellung abhängig. Es ist deshalb schwierig, die optimale Reifungsdauer für eine bestimmte Käsesorte zu spezifizieren zwecks Erreichens der maximalen ACE-Hemmung.

Schlussfolgerungen: In Halbhartkäsen sind nach 4-7 Monaten Reifung VPP- und IPP-Konzentrationen über 100 mg pro kg erreichbar und die Konzentrationen bleiben über mehrere Wochen stabil. Es wird deshalb möglich sein, funktionalen Käse herzustellen mit ähnlichen VPP- und IPP-Konzentrationen, wie sie in den kürzlich lancierten Sauer Milchprodukten enthalten sind, denen bei einer Konzentration von rund 5 mg pro Tag eine blutdrucksenkende Wirkung nachgewiesen werden konnte.

Wasser

Der Wassergehalt von Käse schwankt zwischen 30 g (Extrahartkäse) und 70 g (Frischkäse) pro 100 g Käse [Walther et al. 2008, Sieber *in press*].

Laktose und Milchsäure

Die Laktose wird in den ersten 24 Stunden der Käsereifung durch die Milchsäurebakterien abgebaut und zu Milchsäure umgewandelt. In Hart- und Halbhartkäse kann keine Laktose mehr nachgewiesen werden, während in Frischkäse, Schmelzkäse, Käsezubereitungen mit Milchpulver und kalt gereiftem Käse noch Restmengen vorhanden sind [Gruppe Ernährung 2006, Jakob et al. 2008, Sieber *in press*]. Frischkäse hat einen Laktosegehalt von rund 8 g pro 100 g Käse [Walther et al. 2008].

Der Milchsäuregehalt in Hart- und Halbhartkäse liegt zwischen 0.16 und 1.33 g pro 100 g Käse, in Weichkäse zwischen 0.17 und 0.43 g pro 100 g Käse [Jakob et al. 2008, Sieber *in press*].

Mineralstoffe

Der wohl wichtigste Mineralstoff im Käse ist Kalzium. Hart- und Halbhartkäse liefern bis zu 1000 mg Kalzium pro 100 g Käse; Weichkäse aufgrund des unterschiedlichen Herstellungsverfahrens und des höheren Wassergehalts 200-400 mg Kalzium pro 100 g Käse [Jakob et al. 2008, Walther et al. 2008, Sieber *in press*].

Weiter liefern Hart- und Halbhartkäse zwischen 130 und 660 mg Phosphor pro 100 g Käse; Weichkäse liefern 80 bis 295 mg pro 100 g Käse [Jakob et al. 2008, Sieber *in press*].

In Hart- und Halbhartkäse sind zwischen 3.7 und 4.6 mg Zink pro 100 g Käse und in Weichkäse sind 1.9 bis 2.7 mg Zink pro 100 g Käse enthalten [Jakob et al. 2008, Sieber *in press*].

Vitamine

Bei der Käseherstellung werden die in der Milch enthaltenen Vitamine zum Teil erheblich angereichert. Den grössten Beitrag zum täglichen Bedarf liefert Käse beim Vitamin B12 [Jakob et al. 2008].

Der Gehalt an Vitamin B12 in Käse variiert ziemlich stark, da hier der Einfluss der Kulturen gross ist. Gewisse Milchsäurebakterien konsumieren Vitamin B12, andere produzieren es. 100 g Käse liefern 1.0-3.2 µg Vitamin B12, 0.11-0.46 mg Vitamin B2 und 0.04-0.27 mg Vitamin B6 [Jakob et al. 2008].

Käse liefert je nach Sorte zwischen 136 µg und 500 µg Vitamin A pro 100 g Käse. Die Gehalte an Vitamin D sind in vollfettetem Käse am höchsten und in fettreduziertem Käse am tiefsten [Jakob et al. 2008]. Pro 100 g liefert Hartkäse rund 0.7-1.1 µg Vitamin D [Walther 2009c].

Biogene Amine

Gereifter Käse kann eine bedeutende Quelle von biogenen Aminen sein. In der Regel sind in Schweizer Käse tiefe Gehalte an biogenen Aminen von weniger als 500 mg pro kg zu erwarten; Ausreisser kommen aber vor. In Halbhartkäsen verschiedener Sorten wurden vereinzelt Konzentrationen im Bereich 1000-1500 mg pro kg gefunden, in Hart- und Extrahartkäsen von bis zu 3300 mg pro kg [Walther 2009f, Wechsler et al. 2009].

Salz

Die Salzgehalte von Käse liegen zwischen 4 und 24 g Salz pro kg Käse; die geringsten Gehalte weisen Emmentaler (weniger als 0.5 g Salz pro kg Käse) und Hüttenkäse (0.8 g Salz pro kg Käse) auf [Jakob et al. 2008].

Käse gehört neben Brot, Suppen, Fertigmahlzeiten und Fleischprodukten zu denjenigen Lebensmittelgruppen, die am meisten zum täglichen Salzkonsum beitragen (insgesamt 70-80% der gesamten Salzzufuhr). Salz wird in verarbeiteten Lebensmitteln als Konservierungsstoff, Geschmacksträger und struktureller Inhaltsstoff eingesetzt [Jakob et al. 2008].

1.3.5 Molke

Die Zusammensetzung von Molke wird durch ihren Herstellungsprozess geprägt. Bei der Käse- und Quarkherstellung gehen die Molkenproteine in die Molke über, währenddem die Kaseine ausfallen. Süßmolke enthält pro Liter 6 g Protein. Neben Molkenproteinen enthält die Molke v.a. Wasser und Laktose (4.7 g pro 100 g Süßmolke bzw. 4.2 g pro 100 g Sauermolke) [Gruppe Ernährung 2010, Wehrmüller et al. 2011].

Molke ist praktisch fettfrei und enthält dementsprechend keine fettlöslichen Vitamine, sondern nur wasserlösliche Vitamine. Die Vitamine B2, B6, B12, Thiamin und Pantothensäure liegen in der Molke in ernährungsphysiologisch relevanten Konzentrationen vor [Gruppe Ernährung 2010, Wehrmüller et al. 2011].

Die in der Molke hauptsächlich vorhandenen Mineralstoffe sind Kalzium, Phosphor und Kalium; in geringen Mengen kommen auch Magnesium, Zink, Eisen, Kupfer und Jod vor [Gruppe Ernährung 2010, Wehrmüller et al. 2011].

1.3.6 Butter

Butter ist reich an Fett, Vitaminen und Mineralstoffen. Die Zusammensetzung der Butteraromastoffe ist abhängig von der Tierfütterung, von der Saison, in der die Butter produziert wird, vom Herstellungsprozess sowie von den Lagerungsbedingungen [Mallia et al. 2008].

In Butter konnten bisher mehr als 230 flüchtige Verbindungen identifiziert werden. Allerdings sind davon nur wenige als Schlüsselkomponenten zu bezeichnen, die das Butteraroma ausmachen [Mallia et al. 2008]:

- In Süßrahmbutter machen Laktone (fruchtig, cremig) und Schwefelverbindungen (kornähnlich, Knoblauch) den charakteristischen Geruch aus.
- Die Schlüsselgeruchskomponenten von Sauerrahmbutter sind Diacetyl (butterig), Buttersäure (käsig) und δ -Decalacton (Pfirsich) – hauptsächlich aufgrund der Gärung durch Milchsäurebakterien.
- Das Aroma von Butteröl wird durch Aldehyde charakterisiert, die ihm eine grüne und ölige Note geben.
- In gekochter Butter konnten schliesslich Aromakomponenten gefunden werden, die während des Kochprozesses gebildet worden waren: 3-Methylbuttersäure (käsig), Methional (kartoffelähnlich) und 2,5-Dimethyl-4-Hydroxy-3-(2H)-Furanon (karamelähnlich).

1.4 Einflüsse auf die Zusammensetzung von Milch und Milchprodukten

1.4.1 Milchfett

Die Fettzusammensetzung von Kuhmilch wird durch folgende Faktoren beeinflusst [Collomb et al. 2008a, Wehrmüller 2008b]:

- Rasse der Kuh
- Pansenflora der Kuh
- Geographische Lage (Bergregionen gegenüber Mittelland)
- Saison: Die Milchfettzusammensetzung variiert zwischen Sommer und Winter aufgrund der unterschiedlichen Fütterung [Wyss et al. 2010].
- Fütterung der Kuh: Die Fütterung der Kuh hat einen direkten Einfluss auf die Milchfettzusammensetzung der Milch [Bachmann et al. 2008, Wyss & Collomb 2009, Wyss & Collomb 2008]:
 - Zugang zu Weiden und Zusammensetzung des Grünfutters
 - Art der Silage
 - Verfütterung von Kraffutter und/oder Getreide
 - Anreicherung des Futters mit Öl
 - Energiedefizite und Körperfettmobilisation

Folgende Fettkomponenten können beeinflusst werden: SFA, CLA, α -Linolensäure, Linolsäure, langkettige Omega-3-Fettsäuren, gewisse Minorfettsäuren, Vitamine (Carotinoide sowie Vitamine A und E), sekundäre Pflanzenstoffe [Bachmann et al. 2008, Wehrmüller 2008b].

Die Konzentrationen an Phospholipiden in der Milch sind unterschiedlich in Abhängigkeit des Laktationsstadiums, der Fütterung, der Saison und der Kuhrasse [Wehrmüller 2008a].

Einfluss des Futters

Je höher der Anteil Grünfutter im Futter (zu Lasten des Anteils an Maissilage oder anderen Konzentraten), desto höher sind die Gehalte an β -Carotinen und ungesättigten Fettsäuren (v.a. Ölsäure) in der daraus produzierten Milch – zulasten der gesättigten Fettsäuren C10:0 und C18:0. Daraus hergestellte Butter und Käse haben eine stärkere Farbe und weichere Textur [Bachmann et al. 2008].

Milchfett von Alpkühen enthält mehr α -Linolensäure als Milchfett von Kühen aus intensiven Haltungsformen. Dies ist auf die Fütterung der Kühe zurückzuführen, denn Kühe auf der Alp bekommen meist wenig Kraft- und viel Grünfutter. Letzteres hat einen hohen Gehalt an α -Linolensäure, welches übers Futter teils in die Milch bzw. ins Fleisch gelangt. Eine hohe Konzentration an α -Linolensäure im Milchfett weist deshalb auf Weidefütterung hin und kann damit als Indikator für die Fütterung dienen [Wehrmüller et al. 2008b, Wehrmüller et al. 2008c, Wehrmüller et al. 2008d].

Die gezielte Fütterung mit bestimmten Ölsaaten (wie z. B. Leinsamen, Raps) kann die Konzentration sowohl an α -Linolensäure als auch an langkettigen Omega-3-Fettsäuren in Milch und Fleisch ebenfalls erhöhen. Allerdings darf nicht vergessen werden, dass weder Milch und Milchprodukte noch Fleisch die Hauptquelle für Omega-3-Fettsäuren sind, sondern lediglich einen Beitrag zur Versorgung mit Omega-3-Fettsäuren leisten können [Wehrmüller et al. 2008b, Wehrmüller et al. 2008c, Wehrmüller et al. 2008d].

Die Fettsäurezusammensetzung von Käse unterliegt auch saisonalen Schwankungen. Dies konnte in einer spanischen Studie mit Beteiligung von Agroscope Liebefeld-Posieux ALP an

Schafskäse gezeigt werden und wird auf die unterschiedliche Zusammensetzung des Futters zurück geführt: Im Winter wurde Kraftfutter verfüttert, währenddem die Schafe ab dem Frühling teils weideten. Frühlingskäse hatte signifikant tiefere SFA-Gehalte und signifikant höhere Gehalte an ungesättigten Fettsäuren (inkl. Transfettsäuren, inkl. CLA, inkl. verzweigt-kettige Fettsäuren, inkl. Omega-3-Fettsäuren). Die Studie zeigt, dass Gras im Futter den Gehalt erwünschter Fettsäuren im Käse erhöht und den Atherogenizitätsindex entsprechend senkt [Abilleira et al. 2009].

Saisonale Fettsäurezusammensetzung von Schweizer Bergmilch [Bisig et al. 2008]
Seasonal variation in the fatty acid composition of milk supplied to dairies in the mountain regions of Switzerland [Collomb et al. 2008c]

Ziele: Die Studie untersuchte erstmals den Einfluss der Sommer- und Winterfütterung, des Anteils an Grünlandfutter (GLF) sowie der Höhenlage der GLF-Produktion auf die Milchfettzusammensetzung unter Praxisbedingungen in fünf Schweizer Bergregionen.

Material und Methoden: Von Mai 2004 bis April 2005 wurde monatlich Mischmilch von zwölf Molkereien und Käsereien in fünf Schweizer Bergregionen gesammelt. Die durchschnittliche Höhenlage der Grünfütterproduktion betrug $1'247 \pm 465$ m für das Sommerfutter und $1'136 \pm 310$ m für das Winterfutter. Die Fettsäuren wurden mittels Gaschromatographie und die CLA-Isomere mittels Silberionen-HPLC bestimmt.

Resultate: Im Vergleich zur Winterfütterung enthält die Sommerfütterung signifikant höhere Anteile an GLF, frischem Gras und Rauhfutter und tiefere Anteile an Grassilage, Heu und Milchleistungsfutter. Sommermilch wies im Vergleich zu Wintermilch um 8.6% tiefere SFA-Gehalte, um 19.9% höhere MUFA-Gehalte, um 21.7% höhere PUFA-Gehalte, um 70.1% höhere CLA-Gehalte, um 56.7% höhere TFA-Gehalte (ohne CLA) und höhere Gehalte an α -Linolensäure auf; alle Resultate waren signifikant. Bezüglich der Omega-3- und Omega-6-Fettsäuren unterschieden sich Sommer- und Wintermilch jedoch nicht signifikant. Der Gehalt an α -Linolensäure korrelierte positiv mit dem Grünlandfutteranteil und der Höhenlage. Mit steigendem Grünlandfutteranteil in der Ration sowie mit steigender Höhenlage der Grünlandfüttergewinnung nahm der SFA-Gehalt in der Milch signifikant ab.

Schlussfolgerungen: Das Milchfett der Bergmilch scheint aus ernährungsphysiologischer Sicht wegen des tiefen SFA-Gehaltes besonders im Sommer von hohem Interesse. Die Vermarktung der gesundheitlichen Vorteile von Bergmilch ist in der Schweiz aus rechtlichen Gründen allerdings nicht möglich.

Influence of supplementing hay with grass silage on the fatty acid composition of mountain milk [Collomb et al. 2008b]

Ziele: Die Studie untersuchte erstmals den Einfluss von Winterfutter aus Schweizer Bergregionen auf die Fettsäurezusammensetzung von Kuhmilchfett.

Material und Methoden: Von Dezember 2004 bis März 2005 wurde monatlich Mischmilch von 5 bzw. 7 Molkereien aus Bergregionen gesammelt und analysiert, deren Kühe nur mit Heu gefüttert wurden bzw. mit Heu, Grassilage und 4% Maissilage. Beide Gruppen erhielten

12.1-12.7% Krafftutter. Die Höhenlage betrug $1'130 \pm 300$ m. Die Fettsäuren wurden mittels Gaschromatographie und die CLA-Isomere mittels Silberionen-HPLC bestimmt.

Resultate: Die Anreicherung von Heu mit 27% Grassilage und 4% Maissilage ergab Bergmilch mit um 1.7% tieferen SFA-Gehalten, um 6.0% tieferen Gehalten an verzweigt-kettigen Fettsäuren und um 8.0% tieferen Gehalten an Omega-3-Fettsäuren. Auf der anderen Seite waren die MUFA-Gehalte um 6.4%, die PUFA-Gehalte um 4.1%, die CLA-Gehalte um 12.0%, die TFA-Gehalte (ohne CLA) um 17.5% und die Gehalte an Omega-6-Fettsäuren um 4.5% erhöht. Alle Resultate mit Ausnahme der Resultate betreffend der Omega-3-Fettsäuren waren signifikant. Die um 8.0% tieferen Gehalte an Omega-3-Fettsäuren sind im Hinblick auf die höhere Aufnahme an α -Linolensäure erstaunlich, werden aber so interpretiert, dass die Biohydrogenierung im Pansen reduziert wird, wenn hauptsächlich Heu statt Grassilage verfüttert wird. Obschon signifikant, waren die Unterschiede in den MUFA- und PUFA-Gehalten verhältnismässig gering. Dies wird darauf zurückgeführt, dass ungesättigte Fettsäuren im Pansen vollständig metabolisiert werden und somit nur kleine Anteile in die Milch übergehen.

Schlussfolgerungen: Bergmilch und daraus hergestellte Produkte haben aufgrund ihrer vorteilhaften Fettsäurezusammensetzung einen ernährungsphysiologischen Mehrwert (tiefere SFA- und höhere PUFA- und CLA-Gehalte) gegenüber Milch aus dem Mittelland. Dies wird darauf zurückgeführt, dass Kühe in Bergregionen hauptsächlich mit Gras und mit nur wenig Krafftutter oder Silomais gefüttert werden. In Bergregionen, in denen hauptsächlich Gras verfüttert wird, könnte der CLA-Gehalt als Indikator für Bergmilch und daraus hergestellte Produkte verwendet werden.

Fatty acid composition of mountain milk from Switzerland: Comparison of organic and integrated farming systems [Collomb et al. 2008a]
Was steckt in der Bio-Bergmilch? [Bisig & Wehrli 2009]

Ziele: Die Studie untersuchte einerseits, ob sich die Milchfettzusammensetzung von biologisch und von integriert produzierter Schweizer Bergmilch voneinander unterscheidet, und verglich die beiden Produktionssysteme andererseits in Bezug auf den Einfluss der Fütterung auf die Milchfettzusammensetzung miteinander.

Material und Methoden: Von Mai 2004 bis April 2005 wurde monatlich Mischmilch von drei Molkereien in drei Schweizer Bergregionen gesammelt und auf ihre Fettsäurezusammensetzung hin analysiert. Alle drei Molkereien stellten jeweils sowohl biologisch als auch integriert produzierte Milch her. Die Höhenlage betrug $1'102 \pm 390$ m für die Bio-Produktion und $1'091 \pm 324$ m für die integrierte Produktion. Die Fettsäuren wurden mittels Gaschromatographie und die CLA-Isomere mittels Silberionen-HPLC bestimmt.

Resultate: Biologisch produzierte Bergmilch wies um 5.5% höhere PUFA-Gehalte, um 14.9% höhere CLA-Gehalte, um 12.3% höhere Gehalte an Omega-3-Fettsäuren und um 4.7% höhere Gehalte an verzweigt-kettigen Fettsäuren auf. Integriert produzierte Bergmilch zeigte um 2.3% höhere MUFA-Gehalte und um 4.2% höhere Gehalte an Omega-6-Fettsäuren. Alle Resultate waren signifikant. Die Resultate wurden darauf zurückgeführt, dass die Milchkühe auf Bio-Höfen signifikant mehr Grünlandfutter und weniger Krafftutter erhalten als die Kühe auf integriert produzierenden Höfen des Berggebietes. Die biologisch und integriert produzierte Bergmilch unterschieden sich betreffend ihrer Gehalte an SFA und TFA nicht signifikant. Insgesamt waren die Unterschiede der Fettsäurezusammensetzung der Bergmilch zwi-

schen den beiden Produktionssystemen verhältnismässig klein, weil alle Kühe im Berggebiet mit 83% vergleichsweise hohe Grünlandfutteranteile zu fressen bekamen.

Schlussfolgerungen: Sowohl die biologisch als auch die integriert produzierte Bergmilch wies allgemein hohe Gehalte an gesundheitlich erwünschten Fettsäuren auf. Dies belegt den hohen potentiellen Gesundheitswert von Bergmilch und insbesondere von biologisch produzierter Bergmilch.

Composition du lait produit à base de fourrage de prairie temporaire ou permanente [Wyss & Collomb 2008]

Einfluss der Fütterung auf die Milchfettzusammensetzung: Naturwiesenfutter im Vergleich zu Kunstwiesenfutter [Wyss & Collomb 2009]

Ziele: Die Studie untersuchte den Einfluss von Natur- und Kunstwiesenfutter unter gleichen Standortbedingungen und ohne Kraffutterergänzung auf die Milchfettzusammensetzung. Zudem wurde bei einer Variante noch zusätzlich Maissilage verfüttert und geprüft, wie sich diese Ergänzung auf die Milchfettzusammensetzung auswirkt.

Material und Methoden: Es wurden drei Varianten (je sechs Kühe pro Variante) verfüttert: Naturwiesenfutter, Kunstwiesenfutter, Naturwiesenfutter ergänzt mit Maissilage. Die Versuchsphase dauerte 5 Wochen zuzüglich 2 Wochen für die Anpassungsphase; die Verfütterung erfolgte *ad libitum*.

Resultate: Sowohl das Kunst- als auch Naturwiesenfutter wiesen über 60% Linolensäure und je rund 10-20% Palmitin- und Linolsäure auf. Bei der Verfütterung von Naturwiesenfutter wies die Milch im Vergleich zur Verfütterung von Kunstwiesenfutter weniger SFA, mehr MUFA, mehr PUFA, mehr Omega-3-Fettsäuren und mehr CLA auf. Die zusätzliche Verfütterung von Maissilage hatte einen negativen Effekt; diese Milch wies die höchsten SFA-Gehalte und die tiefsten Gehalte an Omega-3-Fettsäuren und CLA auf.

Schlussfolgerungen: Die Verfütterung von Grünfutter, insbesondere von ausgewogenen Beständen, erhöht die Konzentration an erwünschten Fettsäuren in der Milch (MUFA, PUFA, Omega-3-Fettsäuren, CLA). Dies könnte erklären, warum die Milch von Kühen aus Biobetrieben (in denen viel Grünfutter mit hohem Klee- und Kräuteranteil verfüttert wird) in der Regel höhere Konzentrationen an diesen Fettsäuren aufweisen.

Profils en acides gras du lait pendant la saison du pâturage [Wyss et al. 2010]

Ziel: Die Studie untersuchte das Fettsäureprofil während der Weidesaison.

Material und Methoden: Die Studie umfasste zwei Teilstudien, die in den Jahren 2005 bzw. 2007 durchgeführt wurden.

Resultate: Mit zunehmendem Alter des Grases beziehungsweise mit zunehmendem Rohfasergehalt des Futters sanken die Gehalte an α -Linolensäure.

Schlussfolgerungen: Während der Weidesaison variierte die Fettsäurezusammensetzung der Milch. Dies wurde damit begründet, dass die Gehalte an α -Linolensäure im Gras variierten und dass zudem die Krafffutterergänzung mit abnehmender Milchleistung während der Weidesaison abnahm.

Effect of dietary alpine butter rich in conjugated linoleic acid on milk fat composition of lactating sows [Schmid et al. 2008a]

Ziele: Die Studie untersuchte einerseits den Übertritt einzelner CLA-Isomere einer natürlichen CLA-Quelle (Alpbutter) in die Milch einer Muttersau (als Tiermodell einer stillenden Frau) und andererseits den Einfluss dieser natürlichen CLA-Quelle auf die Milchfettsäurezusammensetzung, auf den Milchfettgehalt und auf das Wachstum des Nachwuchses. Die Ergebnisse wurden ferner mit den Ergebnissen aus früheren Humanstudien verglichen.

Material und Methoden: Die kontrollierte Crossover-Studie umfasste 17 Muttersauen und fand zwischen Januar und Mai 2005 statt. Der Fütterungsversuch dauerte jeweils 10 Tage, wobei die normale Fettquelle im Futter durch CLA-reiche Alpbutter oder Margarine (Kontrolldiät) ersetzt wurde. Die Fettsäuren wurden mittels Gaschromatographie und die CLA-Isomere mittels Silberionen-HPLC bestimmt.

Resultate: In Übereinstimmung mit Ergebnissen anderer Humanstudien erhöhte die Verfütterung von Alpbutter im Vergleich zur Margarinen-Diät die CLA-Konzentration im Milchfett signifikant. Die Konzentration von 11 von 14 CLA-Isomeren war erhöht; der Übertritt der individuellen CLA-Isomere vom Futter in die Milch erfolgte allerdings nicht proportional. Demgegenüber beeinflusste die Verfütterung von Alpbutter weder die Milchfettkonzentration noch die Gehalte an SFA, MUFA oder PUFA. Auch das Wachstum des Nachwuchses blieb unbeeinflusst, was allerdings mit der kurzen Interventionsdauer (10 Tage) zusammenhängen könnte.

Schlussfolgerungen: Der Zusatz von Alpbutter im Futter erhöhte die CLA-Konzentration in der Milch, führte aber weder zu einer Senkung des Milchfettgehaltes noch wurde die Zusammensetzung des Milchfettes in Bezug auf ihre SFA-, MUFA- und PUFA-Gehalte verändert.

Eine Literatuarbeit ergänzt mit eigenen Untersuchungen fasste den Einfluss der Milchverarbeitung und -lagerung auf die CLA-Gehalte der Milch zusammen und untersuchte allfällige Unterschiede zwischen Produkten aus biologischer, integrierter und konventioneller Produktion [Bisig et al. 2007]:

- In biologisch hergestellten Milchprodukten sind die CLA-Gehalte von nicht signifikant bis zu 135% erhöht.
- Hitzebehandlungen haben weder einen Einfluss auf die CLA-Gehalte noch auf die CLA-Isomer-Profile – mit Ausnahme von Mikrowellenerhitzung, bei der CLA-Gehalte um bis zu 53% tiefer sind.
- Weder die Fermentierung von Milchprodukten noch die Käse- oder Butterherstellungsprozesse oder die Lagerung haben einen Einfluss auf die CLA-Gehalte (für Butter: eigene Untersuchungen mit Bio- und konventioneller Milch).
- Untersuchungen mit probiotischen Bakterien zeigten eine Erhöhung der CLA-Gehalte, wenn freie Linolsäure verfügbar war (z.B. in Joghurt). Gewisse Propionsäurebakterienstämme wandeln bis zu 87% der Linolsäure in CLA um.

- Spezifische Verfahren ermöglichen es, die CLA-Gehalte in einer Fraktion zu erhöhen: Trockenfraktionierung (Erhöhung um 63%), Fraktionierung mittels überkritischem Kohlendioxid (Erhöhung um 89%) und Kristallisation (2.5-fache Konzentrierung).
- Diverse Studien zur Stabilität von mit CLA angereicherten Milchprodukten während der Lagerung zeigten keine signifikanten Veränderungen von flavour¹⁰-spezifischen Qualitätsparametern (z.B. Oxidation).

Conjugated linoleic acid isomer concentrations in milk from high- and low-input management dairy systems [Butler et al. 2009]

Ziele: Die Studie untersuchte erstmals den Einfluss der Saison sowie des Produktionssystems auf den CLA-Gehalt sowie auf die Fettsäuren, welche mit der CLA-Synthese und der Sekretion in die Milch assoziiert sind.

Material und Methoden: Die Studie verglich drei Produktionssysteme aus England miteinander: (1) zertifizierte biologische *low input*-Produktion, (2) nicht-zertifizierte *low input*-Produktion, (3) konventionelle *high input*-Produktion. Im August und Oktober 2004 sowie im März und Mai 2005 wurde Mischmilch von 13 englischen Betrieben gesammelt und analysiert. Die Fettsäuren wurden mittels Gaschromatographie und die CLA-Isomere mittels Silberionen-HPLC bestimmt.

Resultate: Der Gesamtgehalt an CLA und der Gehalt an sieben CLA-Isomeren war in der Milch aus *low input*-Produktion (biologisch-zertifiziert oder nicht-zertifiziert) signifikant höher als in der Milch aus konventioneller *high input*-Produktion. Der Zeitpunkt der Probenentnahme beeinflusste den Gesamtgehalt an CLA und den Gehalt an neun CLA-Isomeren ebenfalls; die tiefsten Gehalte wurden im März und die höchsten im August gefunden. Die saisonalen Unterschiede waren in der Milch aus biologischer *low input*-Produktion grösser, möglicherweise aufgrund von Veränderungen des Grases und/oder aufgrund der Laktationsperiode. Die Gehalte verschiedener CLA-Isomere korrelierten stark positiv mit zunehmenden Gehalten an frischem Grünfutter.

Schlussfolgerungen: Über die Wahl des Produktionssystems kann das Profil von CLA-Isomeren im Milchfett verbessert werden.

1.4.2 Milchsäure

Verschiedene Faktoren beeinflussen den Milchsäuregehalt sowie das Verhältnis der einzelnen Isomere (L- und D-Form) in Milchprodukten: die Fermentationsdauer und -temperatur, der pH-Wert, die Lagerdauer (Nachsäuerung), der bakteriologische Status der Milch, die verwendeten Milchsäurebakterienstämme, die Verarbeitung der Milch und der Milchfettgehalt [Walther 2006b].

1.4.3 Bioaktive Peptide im Käse

Während der Käsereifung entstehen aus Kasein Peptide [Walther 2009f, Sieber et al. 2010]. Gewisse Käsesorten enthalten die bioaktiven Peptide VPP und IPP [Wechsler et al. 2007, Walther et al. 2008, Walther 2009f, Sieber et al. 2010, Walther & Sieber *submitted*]. Die

¹⁰ Unter Flavour versteht man den Gesamtsinneseindruck, der beim Verzehr durch das Zusammenwirken von Geschmacks-, Geruchs- und Tastempfinden entsteht [Schlichtherle-Cerny 2009].

VPP- und IPP-Gehalte in Käse sind abhängig von der Milchvorbehandlung, von den Kulturen, von den Brenntemperaturen sowie von der Reifungsdauer [Wechsler et al. 2007, Meyer et al. 2009, Walther 2009f, Sieber et al. 2010]. Belegt ist die Freisetzung von VPP und IPP durch gewisse Stämme von *Lactobacillus helveticus*; auch Stämme von *Lc. lactis* ssp. *lactis*, *Lc. lactis* ssp. *cremoris* sowie weitere Kulturen setzen beträchtliche Mengen an VPP und IPP frei. Die Interaktion von *Lactobacillus helveticus* mit anderen in der Rohmilch oder in der Käsekultur enthaltenen Milchsäurebakterien könnte die VPP- und IPP-Konzentrationen in Käse ebenfalls beeinflussen. Obschon die Proteolyse während des Käsereifungsprozesses kontinuierlich zunimmt (während der VPP und IPP freigesetzt werden), ergibt die Reifung *per se* nicht zwingend höhere VPP- und IPP-Konzentrationen. Hingegen kann die Proteolyse durch zunehmende Lagertemperatur beschleunigt und die VPP- und IPP-Konzentrationen damit erhöht werden [Sieber et al. 2010].

Für weitere Informationen über VPP und IPP wird auf Kapitel 1.1.2 und 1.3.4 verwiesen.

1.4.4 Biogene Amine im Käse

Die Bildung biogener Amine in Käse wird beeinflusst durch die Mikroflora der Rohmilch, die Milchvorbehandlung, die Bedingungen bei der Käseherstellung und die Reifungsdauer. Hohe Gehalte an biogenen Aminen kommen in Rohmilchkäse häufiger vor als in Käsesorten, die aus pasteurisierter Milch hergestellt werden [Bachmann et al. *in press*].

Untersuchungen von Agroscope Liebefeld-Posieux ALP zeigen zudem, dass in Käsen mit ungenügender Ausreifbarkeit, fehlerhafter Lochung (Gläs) und geschmacklichen Abweichungen (brennend, beissend) gehäuft hohe Gehalte an biogenen Aminen gefunden werden. Die Abwesenheit aminbildender Keime in der Rohmilch ist eine wichtige Voraussetzung für die Herstellung von qualitativ einwandfreiem Käse [Wechsler et al. 2009].

1.4.5 Zusammensetzung und sensorisches Profil von Butter

Die Anreicherung von Butter mit ungesättigten Fettsäuren (UFA) und insbesondere mit Konjugierten Linolsäuren (CLA) ist eine Möglichkeit, um deren ernährungsphysiologischen Wert und deren potentiell vorteilhafte Wirkungen zu erhöhen [Mallia et al. 2009a, Mallia et al. 2009b]. Solche Fette sind allerdings anfällig für Oxidationen und während der Lagerung könnten Off-Flavours¹¹ gebildet werden [Mallia et al. 2009b].

Characterization and Quantification of Odor-Active Compounds in Unsaturated Fatty Acid/Conjugated Linoleic Acid (UFA/CLA)-Enriched Butter and in Conventional Butter during Storage and Induced Oxidation [Mallia et al. 2009a]

Ziel: Die Studie verglich die wichtigsten Geruchsstoffe in UFA/CLA angereicherter Butter mit denen in konventioneller Butter während der Lagerung und induzierten Oxidation.

Material und Methode: Für die Herstellung von UFA/CLA angereicherter Süssrahmbutter wurde die Futterration von Milchkühen während zwei Wochen durch Weidegang und Sonnenblumenkerne ergänzt. Die konventionelle Butter wurde hergestellt, indem den Kühen eine Ration auf der Basis von Weidefutter und Maissilage verfüttert wurde. Beide Buttersorten wurden vor der Analyse während 6 Wochen im Dunkeln und bei 6°C gelagert. Die Oxidation

¹¹ Unter Flavour versteht man den Gesamtsinneseindruck, der beim Verzehr durch das Zusammenwirken von Geschmacks-, Geruchs- und Tastempfinden entsteht [Schlichtherle-Cerny 2009].

wurde einerseits durch fluoreszierendes Licht und andererseits im Dunkeln unter Sauerstoffatmosphäre induziert. Die flüchtigen Verbindungen wurden mittels Gaschromatographie/Olfaktometrie und Massenspektrometrie analysiert.

Resultate: Der Fettgehalt von UFA/CLA angereicherter Butter lag tiefer als derjenige von konventioneller Butter; die α -Tocopherol- und Eisengehalte waren dagegen signifikant höher, was möglicherweise darauf zurückzuführen ist, dass diese Substanzen in den verfütterten Sonnenblumenkernen enthalten sind. Die UFA/CLA angereicherte Butter hatte zudem signifikant höhere Konzentrationen an MUFA, PUFA und CLA sowie signifikant tiefere Konzentrationen an SFA. Nach sechswöchiger Lagerung bei 6°C wies UFA/CLA angereicherte Butter höhere Konzentrationen an Pentanal (fettig), Heptanal (grün), Buttersäure (käsig) und δ -Decalacton (pfirsichähnlich) auf; metallische und oxidierte Geruchsnoten konnten jedoch keine nachgewiesen werden. Autoxidation, induzierte Photooxidation und induzierte Oxidation im Dunkeln unter Sauerstoffatmosphäre wirkten sich auf die Bildung von Geruchsstoffen in der Butter unterschiedlich aus. Die induzierte Photooxidation der Butter ergab beispielsweise höhere Konzentrationen an Heptanal, (E)-2-Octenal, trans-4,5-Epoxy-(E)-2-Decenal, v.a. in konventioneller Butter. Die UFA/CLA angereicherte Butter wurde möglicherweise durch ihre höheren Vitamingehalte (α -Tocopherol und Retinol) vor der Oxidation geschützt.

Schlussfolgerungen: Mit UFA und CLA angereicherte Butter kann für eine beschränkte Lagerdauer (6 Wochen bei 6°C) hergestellt werden, ohne dass es zur Bildung von Off-Flavours kommt. Bei längerer Lagerdauer und anderen Lagertemperaturen könnte es allerdings zu Veränderungen des Flavours kommen.

Influence of pasture-based diet supplemented with sunflower seeds on fatty acid composition and aroma profile butter [Mallia et al. 2009b]

Ziel: Die Studie untersuchte den Einfluss von mit Sonnenblumenkernen angereicherter Grasfütterung auf das Fettsäurenprofil und Aromaprofil von Butter.

Material und Methode: Zwei Gruppen à je 10 Kühen wurden während zweier Wochen unterschiedlich gefüttert, damit sie Milch mit unterschiedlichen UFA/CLA-Gehalten produzierten. Die Kontrollgruppe weidete und erhielt zusätzlich Maissilage. Die andere Gruppe weidete auf demselben Feld und konsumierte zusätzlich eine Mischung von Sonnenblumenkernen. Aus den beiden Milch-Chargen wurde Butter hergestellt und diese während acht Wochen bei 6°C gelagert. Die Fettsäuren wurden mittels Gaschromatographie, die CLA-Isomere mittels Silberionen-HPLC und die Aromakomponenten mittels Mikroextraktion kombiniert mit Gaschromatographie, Massenspektrometrie und Olfaktometrie bestimmt.

Resultate: Die Zugabe von Sonnenblumenkernen zum Tierfutter ergab eine signifikante Erhöhung der UFA (+30%) in der UFA/CLA angereicherten Butter im Vergleich zur konventionellen Butter – insbesondere von PUFA (+33%), einschliesslich CLA (+50%). Die Aromaprofile der frischen UFA/CLA angereicherten Butter und der frischen konventionellen Butter waren hingegen ähnlich und konnten als cremig (Diacetyl), milchig (2-Nonanon) und seifig (Nonanal) charakterisiert werden. Nach achtwöchiger Lagerung bei 6°C hatte die UFA/CLA angereicherte Butter stärker käsig (Buttersäure), fettige (Heptanal) und grüne/ölige (Hexanal, trans-3-Hexenol) Noten, aber auch ein intensiveres Fruchtroma als die konventionelle Butter. Insgesamt war die Aromaintensität der oxidierten/metallischen Note in beiden Butterproben ähnlich. Unter den angewandten Versuchsbedingungen (achtwöchige Lagerung bei 6°C) löste die angereicherte Butter trotz hohem UFA-Gehalt keinen starken

Off-Flavour¹² aus. Dies wurde damit erklärt, dass die UFA/CLA angereicherte Butter einen höheren α -Tocopherol-Gehalt aufwies; α -Tocopherol könnte einen gewissen Oxidationsschutz bieten.

Chemische Zusammensetzung und sensorisches Profil von UFA/CLA angereicherter Butter im Vergleich zu konventioneller Butter [Mallia et al. 2009c]

Ziele: Die Studie analysierte die chemische Zusammensetzung sowie das sensorische und Geruchsprofil von UFA/CLA angereicherter Butter im Vergleich zu konventioneller Butter.

Material und Methode: Für die Herstellung von UFA/CLA angereicherter Süsrahmbutter wurde die Futterration von Milchkühen durch Weidegang und Sonnenblumenkerne ergänzt. Die konventionelle Butter wurde hergestellt, indem den Kühen eine Ration auf der Basis von Weidefutter und Maissilage verfüttert wurde. Beide Buttersorten wurden auf ihre Fettsäurezusammensetzung, ihren Vitamingehalt (Retinol, α -Tocopherol) sowie auf ihren Metallionengehalt (Kupfer, Eisen) hin analysiert. Zur Erstellung der sensorischen Profile der beiden Buttersorten wurde eine beschreibende sensorische Prüfung und zur Erstellung der Geruchsprofile Gaschromatographie/Massenspektrometrie in Kombination mit Olfaktometrie eingesetzt.

Resultate: Die Retinol-, α -Tocopherol- und Eisengehalte waren in der UFA/CLA angereicherter Butter höher als in der konventionellen Butter – vermutlich, weil diese Substanzen in den verfütterten Sonnenblumenkernen enthalten sind. Die UFA/CLA angereicherte Butter hatte zudem höhere Konzentrationen an MUFA (+30%), PUFA (+33%) und CLA (+60%). Die sensorische Analyse ergab für beide Buttersorten ähnliche Aromaprofile. In der UFA/CLA angereicherter Butter waren aber sowohl der Sahnegeruch als auch das Aroma von gekochter Milch schwächer. Die UFA/CLA angereicherte Butter wies aufgrund ihres hohen UFA-Gehaltes eine signifikant höhere Streichfähigkeit auf. Die Geruchsprofile der beiden Buttersorten waren ebenfalls ähnlich: Sie wurden charakterisiert durch milchige (2-Nonanon), seifige (Nonanal) und fruchtige (Octanal, δ -Decalacton) Noten. In der UFA/CLA angereicherter Butter wurden Dimethyldisulfid (schwefliger Geruch), Octanal und δ -Decalacton (fruchtiger Geruch) intensiver wahrgenommen als in konventioneller Butter. (Z)-3-Hexenol (grün) und 2-Phenylethylacetat (fruchtig) wurden nur in der UFA/CLA angereicherter Butter nachgewiesen.

Schlussfolgerungen: UFA/CLA angereicherte Butter weist einen höheren Nährwert (höhere Gehalte an essentiellen Fettsäuren und Vitaminen), ein angenehmes Aroma und bessere physikalische Eigenschaften auf (geringere Festigkeit, bessere Streichfähigkeit) als konventionelle Butter. Von Interesse ist auch der höhere Gehalt an CLA, denen potentiell gesundheitsfördernde Wirkungen nachgesagt werden.

¹² Unter Flavour versteht man den Gesamtsinneseindruck, der beim Verzehr durch das Zusammenwirken von Geschmacks-, Geruchs- und Tastempfinden entsteht [Schlichtherle-Cerny 2009].

1.5 Gesundheitliche Aspekte von Milch und Milchprodukten

1.5.1 Einleitung

Milch hat positive Effekte bei Osteoporose, Bluthochdruck, Übergewicht, Nierensteinen und einigen Krebsarten [Bachmann et al. 2007]. Allerdings darf nicht vergessen werden, dass nicht eine Ernährungskomponente allein für die Beziehung zwischen Ernährungsweise und spezifischen Krankheiten verantwortlich ist, sondern dass die Gesamtzusammensetzung und das Zusammenspiel der einzelnen Lebensmittel entscheidend ist [Walther 2007b]. Im gleichen Sinne kann kein Lebensmittel für sich alleine den ganzen Bedarf an den verschiedenen Nährstoffen abdecken. Deshalb ist eine ausgewogene Mischkost wichtig, in welcher jedes Lebensmittel seinen Beitrag zur Nährstoffversorgung leistet [Schmid 2009h]. Gesundheitsförderung bzw. Krankheitsprävention erfolgt zudem nicht nur über eine ausgewogene Ernährung, sondern über viele weitere Faktoren wie z.B. ausreichende körperliche Aktivität [Wehrmüller et al. 2008a].

Homogenisierte Milch

Homogenisierte Milch wird mit der Entstehung verschiedener Krankheiten in Zusammenhang gebracht. Bis heute haben sich aber erst wenige Humanstudien mit dieser Thematik befasst [Gille 2009a, Gille 2009b, Gille 2009c]:

- **Koronare Herzkrankheiten:** Eine Hypothese besagt, dass das an die Milchfettkugelchenmembran gebundene Enzym Xanthinoxidase seine Aktivität in den Blutgefässwandzellen entfalten soll, womit die Entstehung atherosklerotischer Veränderungen gefördert würde. Diese Hypothese konnte inzwischen aber widerlegt werden. Weitere Studien zeigten, dass die Proteine der Milchfettkugelchenmembran positiv mit der Sterberate von Patienten korrelierten, die an koronaren Herzkrankheiten litten. Unklar ist allerdings, ob hier eine ursächliche Beziehung besteht. Im Gegenzug wirken viele der in der Milchfettkugelchenmembran enthaltenen Komponenten antikanzerogen, cholesterinmindernd und präventiv gegenüber Darmerkrankungen.
- **Diabetes:** Es gibt Hinweise darauf, dass hitzebehandelte und homogenisierte Kuhmilch ein Risikofaktor sein könnte für Menschen, die durch Vererbung prädestiniert sind, Typ-1-Diabetes zu entwickeln. Eine weitere Theorie besagt, dass das Homogenisieren die Anordnung der Proteine in der Milch verändert, so dass die Möglichkeit einer nichtenzymatischen Anlagerung von Zuckermolekülen an Milchproteine besteht, welche wiederum beim Ausbilden einer Diabeteserkrankung eine wichtige Rolle spielen könnten.
- **Laktoseunverträglichkeit:** In Humanstudien konnte gezeigt werden, dass sich nach der Aufnahme homogenisierter Milch weder eine signifikante Verbesserung noch eine Verschlechterung der Symptomatik von Laktoseunverträglichkeit einstellte.
- **Milchallergie:** Während der Homogenisierung erfolgt eine Umlagerung allergieauslösender Proteine, wodurch diese nicht mehr im Inneren von Kaseinmizellen gespeichert, sondern direkt an der Oberflächenmembran präsentiert werden und somit für Antikörper gut erreichbar sind. Es konnte aber noch nicht bewiesen werden, dass homogenisierte Milch eine Überempfindlichkeit in Menschen hervorruft oder dass es einen Unterschied gibt zwischen der immunologischen Reaktion gesunder Erwachsener auf homogenisierte und nicht homogenisierte Milch.

Bisherige Studien deuten darauf hin, dass das Homogenisieren bei gesunden Menschen kaum einen Einfluss auf das Entstehen der oben genannten Krankheiten hat [Gille 2009a, Gille 2009b, Gille 2009c].

Sauermilchprodukte

Die gesundheitlich positiven Wirkungen von Sauermilchprodukten gehen wahrscheinlich v.a. auf die Effekte der Mikroorganismen und auf ihre ausgewogene Nährstoffzusammensetzung zurück [Wehrmüller et al. 2009b, Wehrmüller et al. 2009c].

Kefir ist von Mythen und Sagen umwoben, die ihm heilende Wirkungen bei den verschiedensten Krankheiten nachsagen (z.B. Tuberkulose, Krebs, Magenleiden, Darmentzündungen usw.). Es gibt aber nur wenige wissenschaftliche Human-, Tier- oder in-vitro-Studien¹³, die spezifisch Kefir untersucht haben [Wehrmüller et al. 2009b, Wehrmüller et al. 2009c]. Die gesundheitsförderlichen Eigenschaften von Kefir sind praktisch dieselben wie bei Joghurt und wohl auf dieselben Inhaltsstoffe zurückzuführen [Wehrmüller et al. 2009b].

Auch über Kumys gibt es verschiedenste Berichte zur heilenden Wirkung bei verschiedenen Krankheiten (z.B. Tuberkulose, Blutarmut usw.); hier fehlen wissenschaftliche Studien gänzlich [Wehrmüller et al. 2009c].

Käse

Käse hat eine lange Geschichte in der menschlichen Ernährung. In früheren Zeiten war Käse v.a. eine konzentrierte Form von Milch mit dem Vorteil verlängerter Haltbarkeit. Die hohen Gehalte an Fett und Protein machten aus Käse ein für unsere Vorfahren ideales Lebensmittel mit hoher Energie- und Nährstoffdichte. Heute weisen verschiedene wissenschaftliche Studien auf den wertvollen Beitrag von Käse zur Ernährung und Gesundheit hin. Trotz namhafter Mengen an SFA und TFA in Käse besteht nämlich nach wie vor keine klare wissenschaftliche Evidenz für eine Krankheitserhöhung durch Käsekonsum [Walther et al. 2008].

Molke

Die meisten gesundheitsfördernden Eigenschaften von Molke werden auf die Molkenproteine zurückgeführt. Molke trägt daneben auch zur Versorgung mit wichtigen Vitaminen und Mineralstoffen bei [Gruppe Ernährung 2010, Wehrmüller et al. 2011].

1.5.2 Knochengesundheit und Osteoporose

Hintergründe

Osteoporose ist eines der grössten und teuersten Gesundheitsprobleme weltweit [Walther & Schmid 2008, Schmid 2009e]. In der Schweiz liegt die durchschnittliche Wahrscheinlichkeit, im Laufe des Lebens eine osteoporotische Fraktur zu erleiden bei 50-jährigen Frauen und Männern bei 51.3% bzw. bei 20.2%. Zur Prävention von Osteoporose wird eine ausreichende Kalziumzufuhr empfohlen [Schmid 2010d].

Es ist wichtig, in jungen Jahren eine hohe Knochendichte zu erreichen, da der Knochenabbau den Knochenaufbau ab dem 30. Lebensjahr übertrifft, was sich besonders bei Frauen nach der Menopause noch verstärkt. Deshalb ist eine genügende Zufuhr von Kalzium während des ganzen Lebens nötig [Jakob et al. 2008]. Zur Erreichung einer hohen Knochendichte ist weiter auch eine ausreichende Zufuhr von Magnesium und Vitamin D wichtig [Walther 2009a].

¹³ Unter in-vitro-Studien versteht man Studien im Reagenzglas.

Neben Kalzium ist auch Phosphor ein Hauptelement für die Knochenbildung und wichtig für die Knochengesundheit sowie den Schutz vor Osteoporose; ein Ungleichgewicht der beiden Mineralstoffe kann schaden. In vielen Ländern nahm die Phosphorzufuhr in den letzten Jahren stetig zu – u.a. aufgrund des steigenden Konsums an verarbeiteten Lebensmitteln, die oft phosphathaltige Zusätze enthalten. Ein übermässiger Konsum von Phosphor (1850 mg pro Tag) kann den Knochen schaden – besonders, wenn die Kalziumaufnahme tief ist. Eine hohe Kalziumaufnahme (1080 bzw. 1680 mg pro Tag) reicht aber auch nicht aus, um die negativen Einflüsse eines (zu) hohen Phosphorkonsums auf den Kalzium- und Knochenstoffwechsel zu verhindern. Für den Aufbau und Erhalt eines gesunden Skeletts ist somit nicht nur die genügende Versorgung mit Kalzium wichtig, sondern auch ein vorsichtiger Konsum phosphathaltiger Lebensmittel [Walther & Schmid 2008].

Abgesehen von diesen Ernährungsfaktoren ist zur Verbesserung des Knochenmassegehaltes und Vorbeugung von Osteoporose aber auch die mechanische Beanspruchung der Knochen notwendig [Walther 2006a, Wehrmüller et al. 2008a, Schmid 2010d]. Die tägliche Belastung des Skeletts durch geeignete Übungen ist v.a. in der intensiven Wachstumsphase während der Pubertät wichtig [Walther 2006a].

Milchprodukte

Dank des hohen Gehalts an Kalzium, aber auch dank anderer Inhaltsstoffe wie z.B. Phosphor, Magnesium, Vitamin D und Protein spielen Milchprodukte für den Aufbau und den Erhalt gesunder Knochen eine wichtige Rolle [Jakob et al. 2008, Walther et al. 2008, Gille 2010e, Schmid 2010d]. Milchprodukte haben ein optimales Kalzium/Phosphor-Verhältnis [Schmid 2009e]. Es wird daher empfohlen, drei Portionen Milch und Milchprodukte pro Tag zu konsumieren [Walther 2006a, Wehrmüller et al. 2008a, Walther 2009a].

Eine kontrollierte, doppel-blinde Studie konnte zeigen, dass der Konsum eines fermentierten Milchproduktes am Abend den nächtlichen Knochenabbau bei gesunden, postmenopausalen Frauen verringert, weil es den Knochenumbau insgesamt reduziert. Die Anreicherung des Milchproduktes mit Kalzium hatte keinen zusätzlichen Effekt (vermutlich weil die Frauen bereits gut mit Kalzium versorgt waren), ausser es wurden auch Substanzen zur Förderung der Kalziumabsorption zugesetzt (inulinartige Fruktane und Kasein-Phosphopeptide). Diese Erkenntnisse wurden wie folgt erklärt: Der Knochenumbau erfolgt im 24-Stunden-Rhythmus, mit einem Höhepunkt am frühen Morgen und einem Abfall am Nachmittag. Bei Frauen mit Osteoporose wurden hohe nächtliche Parathormon-Konzentrationen im Blut beobachtet, welche mit dem Knochendichteverlust nach der Menopause in Verbindung gebracht wurden. Das Parathormon (PTH) stimuliert u.a. den Knochenabbau. Der Kalzium-Plasmaspiegel und die Kalziumaufnahme beeinflussten die Ausschüttung von PTH, so dass eine Kalziumaufnahme am Abend den nächtlichen Knochenabbau möglicherweise reduzierte [Schmid 2009e].

Weitere Studien zeigten, dass ein aus Molke oder Magermilch isolierter Proteinkomplex einerseits die Knochenbildung förderte und andererseits den Knochenabbau hemmte, was zu einer signifikant höheren Knochendichte und -widerstandsfähigkeit führte [Bachmann et al. 2007].

Kalzium-Supplemente

Trotz vergleichbarer Absorption scheinen gesunde Menschen ihren Kalziumbedarf über natürliche Lebensmittel wie Milch und Käse besser zu decken als über Supplemente; die Resultate von Humanstudien sind diesbezüglich allerdings widersprüchlich [Wehrmüller et al. 2008a].

Eine Studie an vierwöchigen Ratten untersuchte den Einfluss einer natürlichen Kalziumquelle (Milchpulver) und eines Kalzium-Supplementes (Kalziumkarbonat) auf die Knochendichte, -stabilität und -ausbildung. Die Fütterung mit Milch-Kalzium führte zu einer signifikanten Verlängerung des Oberschenkelknochens, zu einer erhöhten Gesamtknochendichte und zu einer erhöhten Bruchfestigkeit. Die Studie zeigte, dass Kalzium aus der Milch besser aufgenommen wurde als aus Supplementen, v.a. während der Wachstumsphase. Der Grund dafür wurde in anderen Milchinhaltstoffen vermutet, denn die Absorptionsrate von Kalzium aus der Milch oder aus Kalziumkarbonat unterschied sich nicht. Bei genügender Kalziumversorgung ist die Kalziumquelle für Erwachsene weniger wichtig; bei ungenügender Versorgung kann der Konsum von Milch-Kalzium die Knochen jedoch auch über längere Zeit hinaus noch schützen und zu deren Stabilität beitragen [Walther 2009a].

Die Lausanner CoLaus-Studie zeigte, dass 10.9% der befragten Frauen und 1.8% der befragten Männer Kalzium-Supplemente einnehmen. Hinzu kommen noch diejenigen Personen, die gemischte Vitamin- und Mineralstoff-Supplemente einnehmen [Schmid 2010d].

Säure-Basen-Hypothese

Die Säure-Basen-Hypothese postuliert, dass eine an säurebildenden Lebensmitteln reiche Ernährung zu einer chronischen latenten Azidose (Übersäuerung des Blutes) und einer erhöhten Säureexkretion über den Urin führt. Da der Körper darauf bedacht ist, den pH-Wert des Blutes stabil zu halten, reguliert er den Säure-Basen-Haushalt laufend. Ein Säureüberschuss wird abgepuffert, indem Kalzium aus den Knochen gelöst wird, was zu einer Verminderung der Knochendichte und zu Osteoporose führt. Laut Säure-Basen-Hypothese könnten auch Nierensteine, Muskelabbau, Gicht und ein verzögertes Wachstum bei Kindern ihre Ursache in einer säurelastigen Ernährung haben [Walther *submitted*].

Schwefel, Phosphor, Chlor, Fluor, Jod und Silizium sowie die schwefelhaltigen Aminosäuren Cystein und Methionin gelten als Säurebildner, so dass proteinreiche Lebensmittel wie Fleisch, Fisch und Milchprodukte sowie Getreideprodukte zu den sauer wirkenden Lebensmitteln gezählt werden. Kalzium, Natrium, Kalium, Magnesium und Eisen sowie die Aminosäuren Glutamat und Aspartat, wie sie in Gemüse und Früchte häufig vorkommen, werden dagegen zu den Basenbildnern gezählt. Die Einteilung erfolgt anhand des so genannten PRAL-Wertes (*potential renal acid load*), der anhand des Säuregrades des Urins berechnet wird. Milchprodukte haben einen leicht (Milch, Joghurt) bis stark sauren (Käse) Wert; nur die Molke wirkt schwach basisch [Walther *submitted*].

Es wird deshalb empfohlen, den Anteil an tierischen Proteinen und damit den Konsum von Fleisch, Fisch und Milchprodukten zu limitieren und möglichst viel Früchte und Gemüse zu verzehren – wie es auch die Lebensmittelpyramide empfiehlt. Eine Supplementierung mit basischen Zusatzpräparaten ist deshalb nicht nötig [Walther *submitted*].

Die Säure-Basen-Hypothese gerät allerdings zunehmend ins Wanken. Einzig zum Einfluss einer säurereichen Ernährung auf die Knochen wurden bisher klinische Studien durchgeführt; zu allen übrigen Auswirkungen in anderen Geweben gibt es aber keine oder nur ungenügende Untersuchungen. Im 2009 wurden 4 Metaanalysen publiziert, welche die Studien zur Säure-Basen-Hypothese zusammenfassen. Die Resultate dieser Metaanalysen widersprechen verschiedenen Behauptungen der Hypothese. Zwar zeigt sich mit zunehmender Säureausscheidung im Urin auch eine lineare Zunahme der Kalziumausscheidung, doch gilt dies sowohl im sauren wie im basischen Harn. Dies verändert aber weder das Kalziumgleichgewicht noch die Marker für den Knochenstoffwechsel. Die Behauptung, eine säurereiche Ernährung würde Kalzium aus den Knochen herauslösen und Osteoporose fördern ist aufgrund dieser Metaanalysen deshalb nicht haltbar [Walther *submitted*].

1.5.3 Bluthochdruck

Hintergründe

Bluthochdruck ist ein Hauptrisikofaktor für koronare Herzkrankheiten und Hirnschlag und stellt in westlichen Ländern ein zunehmendes Gesundheitsproblem dar [Walther et al. 2008, Sieber et al. 2010]. Zur Behandlung von Bluthochdruck werden u.a. ACE-hemmende Medikamente eingesetzt (z.B. Captopril oder Enalapril), deren chemische Struktur mit derjenigen von ACE-hemmenden Peptiden verwandt ist [Sieber et al. 2010].

Gewisse Milchsäurebakterienstämme zeigen ACE-hemmende (und damit potentiell blutdrucksenkende) und antioxidative Aktivitäten [Bachmann et al. 2007].

Milch

Milch könnte blutdrucksenkende Effekte haben, möglicherweise aufgrund der darin enthaltenen bioaktiven Peptide (siehe Kapitel 1.1.2) und/oder dem Kalzium [Bachmann et al. 2007].

Käse

Die positiven Wirkungen des Käsekonsums auf den Blutdruck werden auf das in Käse in grossen Mengen enthaltene Kalzium [Walther et al. 2008] und auf die in Käse nachgewiesenen bioaktiven Peptide VPP und IPP zurück geführt [Jakob et al. 2008, Walther et al. 2008]. Allerdings könnte der teils hohe Salzgehalt und die Anwesenheit von biogenen Aminen in Käse die blutdrucksenkende Wirkung von Kalzium, VPP und IPP neutralisieren [Jakob et al. 2008, Sieber et al. 2010]. Das ACE-hemmende Potential von verschiedenen Käsesorten ist zudem sehr unterschiedlich; es hängt im Wesentlichen von den individuellen Herstellungsbedingungen und zu einem geringeren Grad auch von der Käsesorte ab. Die blutdrucksenkende Wirkung von Käse mit hohen VPP- und IPP-Konzentrationen konnte wissenschaftlich noch nicht endgültig belegt werden [Walther 2009f, Sieber et al. 2010].

1.5.4 Übergewicht

Milch

Eine randomisierte, kontrollierte cross-over Studie zeigte, dass Magermilch als Frühstücksgetränk im Vergleich zu Fruchtsaft sättigender wirkt und dadurch die Energieaufnahme beim Mittagessen beeinflusst: Nach dem Magermilch-Frühstück wurde beim Mittagessen signifikant weniger Energie aufgenommen. Diese Ergebnisse wurden damit erklärt, dass Proteine zu einem länger anhaltenden Sättigungsgefühl als Kohlenhydrate oder Fette führen. Möglicherweise könnten auch die Laktose, die Viskosität und das Kalzium der Magermilch sättigungsfördernd wirken [Walther 2009b].

Milchprodukte

Eine kalorienreduzierte Ernährung, die reich an fettreduzierten Milchprodukten ist, hat einen positiven Einfluss auf das Körpergewicht und v.a. auch auf die Körperzusammensetzung (Abbau von abdominalem Bauchfett). Diese positive Wirkung der Milchprodukte wird oft dem darin enthaltenen Kalzium zugeschrieben, wobei die genauen Mechanismen noch unbekannt sind [Jakob et al. 2008, Walther et al. 2008]. Ein möglicher Mechanismus könnte sein, dass Kalzium im Magen-Darm-Trakt Fett bindet, so dass dieses nur teilweise absorbiert wird [Bachmann et al. 2007]. Weiter gibt es Hinweise, dass Kalzium zu einer erhöhten Fettoxyda-

tion und höheren Fettausscheidung über den Stuhl beiträgt [Walther & Rehberger 2008b, Walther & Wehrmüller 2009].

Eine Gewichtsreduktion zu erzielen, ist meist das kleinere Problem als das erreichte Gewicht über längere Zeit zu halten. Milchprodukte bzw. das darin enthaltene Kalzium spielt nicht nur bei der Gewichtsreduktion eine Rolle, sondern auch bei der Gewichtsstabilisierung; allerdings sind auch andere Faktoren wie z.B. Molkenproteine von Bedeutung [Walther & Rehberger 2008b, Walther & Wehrmüller 2009].

Käse

Die Käse-Bestandteile Kalzium und CLA haben einen positiven Einfluss auf die Gewichtsregulation und die Körperfettverteilung [Jakob et al. 2008, Walther et al. 2008].

1.5.5 Herz-Kreislauf-Krankheiten

Es gibt keine wissenschaftliche Evidenz, dass sich tierische Fette auf das Risiko für koronare Herzkrankheiten negativ auswirken [Schmid 2011].

Milch

Vollmilchprodukte enthalten gesättigte Fettsäuren, die bezüglich Herz-Kreislauf-Krankheiten ein negatives Image haben. Dabei wird aber vergessen, dass Vollmilchprodukte gesättigte Fettsäuren unterschiedlicher Kettenlängen sowie weitere Inhaltsstoffe mit möglicherweise positiven Wirkungen enthalten wie z.B. MUFA, CLA und Kalzium. Bisher wurden noch keine kontrollierten klinischen Studien zum tatsächlichen Langzeiteffekt eines hohen Milchproduktkonsums auf das Risiko von Herz-Kreislauf-Krankheiten durchgeführt. Die Resultate prospektiver Kohortenstudien zum Zusammenhang zwischen dem Konsum von Milchprodukten und koronaren Herzkrankheiten (insgesamt 12 über Zeitperioden zwischen 8 und über 20 Jahre) sind leider sehr uneinheitlich und lassen deshalb keine klaren Schlüsse zu [Schmid 2010c].

High Density Lipoprotein (HDL, „gutes Cholesterin“) und Low Density Lipoprotein (LDL, „schlechtes“ Cholesterin») sind Transportvehikel, welche im Blutplasma wasserunlösliche Substanzen wie Cholesterin, Triglyzeride, Fettsäuren und Phospholipide zur Leber bzw. von der Leber zu den Organen transportieren. HDL kann gegen Gefässverengungen, Entzündungen und Infektionen wirken. Milchlippstoff steht in einem positiven Zusammenhang zu HDL. Dies ist von Bedeutung, denn ein niedriger HDL-Wert stellt ein bedeutend grösseres Risiko dar, an Herz-Kreislaufproblemen zu erkranken, als ein erhöhter LDL-Wert [Rehberger & Walther 2008].

Käse

Beobachtungsstudien konnten bisher keinen signifikanten Zusammenhang zwischen Käsekonsum und dem Risiko für Herz-Kreislauf-Krankheiten aufzeigen – trotz des hohen Fett- und SFA-Gehaltes von Käse [Walther 2008c].

Im Gegenteil: Eine Korrelation zwischen dem Käsekonsum und dem Auftreten von Todesfällen infolge von Herzleiden zeigt – wie beim Wein – ein „French Paradoxon“, d.h. je höher der Käsekonsum, desto geringer ist die Sterblichkeit an Herzerkrankungen. Möglicherweise ist dies auf die im Käse enthaltenen Proteine und bioaktiven Peptide zurückzuführen [Walther & Rehberger 2008b].

Anhand der Daten des dritten *National Health and Nutrition Surveys* (NHANES III) wurden die Auswirkungen eines steigenden Käsekonsums auf verschiedene kardiovaskuläre Risikofaktoren wie Körperfett, Blutfettwerte, Blutdruck und Blutglukose von amerikanischen Erwachsenen untersucht. Demnach hatte ein sehr hoher Käsekonsum bei Männern einen negativen Einfluss auf Körpergewicht, Bauchumfang und andere kardiovaskuläre Risikofaktoren; bei Frauen war der Einfluss positiv. Moderater Konsum war bei beiden Geschlechtern nicht mit einem schlechten kardiovaskulären Risikoprofil verbunden. Der Grund für die geschlechterspezifischen Unterschiede ist unbekannt. Sie könnten allerdings damit zusammenhängen, dass Frauen Käse mit einem tieferen SFA-Gehalt (Frischkäse oder Hüttenkäse) bevorzugen. Die Studienresultate müssen insofern mit Vorsicht interpretiert werden, als alle Käsesorten in einer Frage kombiniert wurden und insofern nicht zwischen Frisch- und Hüttenkäse einerseits und Weich- und Hartkäse andererseits unterschieden wurde [Walther 2008c].

Kalzium-Supplemente

Eine Metaanalyse aus dem Jahr 2009, die 11 Studien analysierte und insgesamt 12'000 Probanden umfasste, kam zum Schluss, dass Kalzium besser über eine ausgewogene und abwechslungsreiche Mischkost aufgenommen wird als aus Supplementen (siehe auch Kapitel 1.5.2). Die Einnahme von Kalzium-Supplementen stand nämlich mit einem erhöhten Risiko für kardiovaskuläre Krankheiten im Zusammenhang. Die Risikoerhöhung betraf hauptsächlich diejenigen Personen, die neben der Einnahme der Kalzium-Supplemente über die Ernährung schon viel Kalzium aufnahmen (über 805 mg). Einschränkend muss allerdings erwähnt werden, dass diese Erkenntnisse nur zum Teil anwendbar sind, da Studien nicht in die Metaanalyse einbezogen wurden, in denen Kalzium und Vitamin D kombiniert verabreicht wurden – was heutzutage üblich ist [Schmid 2010d].

1.5.6 Metabolisches Syndrom

Hintergründe

Das Metabolische Syndrom (auch „Syndrom X“ genannt) ist eine Häufung von Stoffwechselveränderungen, die mit einem erhöhten Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen einhergehen. Die zentrale Eigenheit des metabolischen Syndroms ist eine Insulinresistenz bzw. ein erhöhter Insulinspiegel im Blut. Eine gestörte Blutzuckertoleranz (Typ-2-Diabetes), ein gestörter Blutfettstoffwechsel, ein grosser Bauchumfang und ein hoher Blutdruck gehören ebenfalls dazu [Schmid 2008, Walther & Rehberger 2008b].

Milchprodukte

Milchprodukte haben einen positiven Einfluss auf verschiedene Risikofaktoren des Metabolischen Syndroms (Bluthochdruck, Übergewicht, Dyslipidämie, hoher Cholesterinspiegel, Insulinresistenz, Glukosetoleranzstörungen) und können dieses deshalb positiv beeinflussen. Möglicherweise ist dies – zumindest teils – auf den Inhaltsstoff Kalzium zurückzuführen: Kalzium erhöht die Lipolyse und vermindert gleichzeitig die Lipogenese (was zu einer geringeren Fetteinlagerung und erhöhten Fettauscheidung führt), trägt zu Gewichtsverlust bei und verringert Bluthochdruck. Diese positiven Wirkungen sind bei Milchprodukten allerdings höher als bei isoliertem Kalzium – vermutlich aufgrund weiterer Milch Inhaltsstoffe wie z.B. CLA, bioaktiven Proteinen und Peptiden sowie Molkenproteinen. Der protektive Einfluss von Milchprodukten auf das metabolische Syndrom ist allerdings nicht schlüssig – v.a. bei Kindern und Jugendlichen sind sehr wenige Daten vorhanden [Walther 2007b, Walther & Rehberger 2008b].

1.5.7 Diabetes

Hintergründe

Der Glykämische Index (GI) beschreibt die Wirkung von kohlenhydrathaltigen Lebensmitteln auf den Blutzuckerspiegel. Je höher der Wert ist, desto schneller steigt der Blutzuckerspiegel an, was zu einer starken Ausschüttung des Hormons Insulin führt [Wehrmüller et al. 2011].

Tierische Fette

Verschiedene Tierstudien zeigen einen Zusammenhang zwischen einer fettreichen Ernährung und Insulinresistenz. Dieser Zusammenhang konnte in Humanstudien allerdings bisher nicht bestätigt werden. Keine der diesbezüglichen Kohortenstudien konnte einen Zusammenhang zwischen tierischen Fetten und der Inzidenz von Typ-2-Diabetes feststellen [Schmid 2011].

Hitzebehandelte und homogenisierte Milch

Es gibt Hinweise darauf, dass hitzebehandelte und homogenisierte Kuhmilch ein Risikofaktor sein könnte für Menschen, die durch Vererbung prädestiniert sind, Typ-1-Diabetes zu entwickeln [Gille 2009a, Gille 2009b, Gille 2009c].

Molkenproteine

Eine Studie zeigte, dass die Verabreichung von Molkenprotein vor oder gleichzeitig mit einer kohlenhydratreichen Mahlzeit bei Typ-2-Diabetikern unmittelbar nach der Mahlzeit zu einem reduzierten Blutzuckerspiegel und zu einer erhöhten Freisetzung von Insulin führte [Wehrmüller et al. 2011].

1.5.8 Krebs

Milch und Milchprodukte

Verschiedentlich wird von antikanzerogenen Effekten von Milch und Milchprodukten berichtet. Unterschiedliche Inhaltsstoffe wie die CLA, Buttersäure, Protein, probiotische Bakterien, Kalzium, Vitamin D oder Sphingolipide könnten für diese Wirkung verantwortlich sein [Wehrmüller 2007].

Eine umfangreiche Metaanalyse, die 26 Kohorten- und 34 Fall-Kontroll-Studien über den Zeitraum von 1966 bis 2007 einschloss und insgesamt 26'335 Dickdarmkrebspatienten umfasste, weist darauf hin, dass ein hoher Konsum von Milchprodukten bzw. von grossen Mengen an Kalzium und Vitamin D die Entwicklung von Dickdarmkrebs hemmen kann. Die Resultate der Kohorten- und Fall-Kontroll-Studien zeigten, dass eine hohe Kalziumaufnahme das Dickdarmkrebsrisiko um bis zu 45% senken konnte. Die Kohortenstudien zum Zusammenhang zwischen Milchprodukten und Dickdarmkrebs (insgesamt 14) zeigten einheitlich, dass das Dickdarmkrebsrisiko durch Milch um 10% und durch Milchprodukte um 16% reduziert wurde. Die Metaanalyse gibt allerdings keine Auskunft über die nötige Aufnahmemenge von Kalzium bzw. Milchprodukten, um die Risikoreduktion zu erreichen [Schmid 2009f].

Käse

Käsekonsum wird im Zusammenhang mit Kolorektalem Karzinom und Prostatakrebs diskutiert, was auf das Vorkommen von antikanzerogenen Bestandteilen in Käse zurück geführt

werden könnte: CLA, Sphingolipide und Kalzium. Die wissenschaftliche Evidenz hierfür ist allerdings limitiert [Walther et al. 2008].

1.5.9 Zahngesundheit

Hintergründe

Als Karies bezeichnet man den Abbau von Zahnschmelz [Gille 2009d]. Karies entsteht dadurch, dass so genannte Plaquebakterien (z.B. *Streptococcus mutans*) in den Zahnbelägen über längere Zeit Kohlenhydrate vergären und dadurch aggressive Säuren freisetzen, die v.a. Kalzium und Phosphat aus dem Zahnschmelz herauslösen. Diese Demineralisation endet mit schmerzhaften Löchern in den Zähnen [Jakob et al. 2008, Schmid & Walther 2008, Walther et al. 2008, Gille 2009d]. Karies stellt immer noch die Hauptkrankheit des Zahnapparates dar, auch wenn ihr Auftreten aufgrund der verbesserten Prophylaxe rückläufig ist [Schmid & Walther 2008]. Bei der Kariesbekämpfung spielt neben der Zahnhygiene auch die Ernährung eine wichtige Rolle [Schmid & Walther 2008].

Parodontitis bezeichnet den langsam fortschreitenden Verlust des Zahnfleisches sowie des die Zahnwurzel umgebenden Knochens und kann zum Zahnverlust führen. Parodontitis ist eine der häufigsten Zahnerkrankungen. Möglicherweise hängt eine geringe Kalziumaufnahme mit Parodontitis zusammen [Gille 2009d].

Milch

Der positive Einfluss von Milch auf die Zähne wurde wissenschaftlich nachgewiesen bzw. dabei insbesondere der Einfluss von Kaseinphosphopeptid-Kalziumphosphat-Komplexen (CPP-ACP) auf Karies. CPP-ACP entstehen während des Abbaus von Kaseinen. Sie können oberflächliche Schäden des Zahnschmelzes reparieren (und damit zur Remineralisation des Zahnschmelzes beitragen) und Anlagerungen von Plaquebakterien an die Zahnschmelzsubstanz vermindern [Schmid & Walther 2008, Gille 2009d].

Milchprodukte

Ein hoher Konsum von ungezuckerten Milchprodukten wirkt sich positiv auf die Zahngesundheit aus und ist mit einer tieferen Kariesrate assoziiert. Dies wird darauf zurückgeführt, dass Laktose nur eine geringe Kariogenizität aufweist und dass Milchprodukte Fett, Kalzium, Phosphor und Kasein enthalten, die als protektive Faktoren gelten. Human- und Tierstudien konnten z.B. zeigen, dass Kalzium und Phosphor aufgrund einer verminderten Säureproduktion der Plaquebakterien die Abnahme des pH-Wertes im Mundbereich verringern [Schmid & Walther 2008].

Käse

Käse wirkt der Kariesentstehung auf verschiedene Arten entgegen [Jakob et al. 2008, Schmid & Walther 2008, Walther et al. 2008, Gille 2009d] und spielt bei der Kariesprävention deshalb eine besonders positive Rolle [Schmid & Walther 2008]. Beim Kauen von Käse wird der Speichelfluss angeregt und zusätzlich mit Kalzium angereichert. Dadurch werden Speisereste weggeschwemmt (und den Bakterien damit die Grundlage zur Säureproduktion entzogen) und das saure Milieu im Mund rasch neutralisiert [Jakob et al. 2008, Schmid & Walther 2008, Walther et al. 2008, Gille 2009d]. Dabei scheint alter, gut gereifter Käse den pH-Wert noch wirksamer zu neutralisieren als junger, frischer Käse [Schmid & Walther 2008]. Zudem kann das Kalzium in beschädigte Stellen des Zahnschmelzes eingebaut (Reminerali-

sation) und so Karies nicht nur vorgebeugt, sondern sogar zurückgebildet werden [Jakob et al. 2008, Schmid & Walther 2008, Walther et al. 2008, Gille 2009d].

1.5.10 Darmgesundheit und Immunsystem

Hintergründe

In der Schweiz leiden rund 5% der Kinder und 3% der Erwachsenen an einer Nahrungsmittelallergie. Darunter versteht man die überhöhte Reaktionsbereitschaft des Immunsystems gegen einen an sich harmlosen Bestandteil (Allergen) eines Nahrungsmittels. Oft reichen schon kleinste Mengen eines Nahrungsmittels (<1 g), um Juckreiz, Hautausschläge, Atemprobleme oder auch Erbrechen, Bauchkrämpfe oder akuten Durchfall auszulösen. Im Extremfall kann es zu lebensbedrohlichen Kreislaufproblemen oder sogar zu Todesfällen kommen [Schmid & Schächli 2008]. Beim Vorliegen einer Allergie besteht die einzige Möglichkeit darin, das Allergen vollständig aus dem Speiseplan zu eliminieren [Jakob et al. 2008].

Nahrungsmittelintoleranzen sind im Gegensatz zu Allergien nicht immunologisch bedingt und können schon beim ersten Kontakt mit dem Lebensmittel auftreten, da keine Sensibilisierungsphase notwendig ist. Ein bekanntes Beispiel ist die Laktoseintoleranz (Milchzuckerunverträglichkeit), von der etwa 5-15% der Schweizer betroffen sind. Die Zöliakie ist eine Unverträglichkeit gegenüber Gluten, die bei etwa 1% der Schweizer Bevölkerung auftritt. Gluten ist ein Sammelbegriff für Proteine (Klebereiweisse), die in verschiedenen Getreidesorten enthalten sind [Schmid & Schächli 2008].

Pseudoallergien unterscheiden sich von den Symptomen her nicht von Allergien; bei Pseudoallergien sind im Blut aber keine Antikörper zu finden. Als häufigste Auslöser von Pseudoallergien gelten gewisse Zusatzstoffe, aber auch das biogene Amin Histamin [Schmid & Schächli 2008].

Weder bei Nahrungsmittelallergien noch bei Nahrungsmittelintoleranzen oder Pseudoallergien ist eine Therapie möglich. Um die Symptome zu verhindern, bleibt den Betroffenen nur, die entsprechenden Nahrungsmittel strikt zu vermeiden (z.B. bei Allergien) bzw. die Zufuhr unterhalb der individuellen Toleranzschwelle zu halten (z.B. bei der Laktoseintoleranz). Es ist für Betroffene deshalb unerlässlich, dass die gesetzlich vorgeschriebene Deklaration der Zutaten von vorverpackten Lebensmitteln absolut zuverlässig ist und dass sie bei offen verkauften Lebensmitteln verlässliche Informationen vom Verkaufspersonal anfordern können [Schmid & Schächli 2008].

Milchproteinallergie

Hintergründe

Die Milchallergie ist dadurch gekennzeichnet, dass das Immunsystem eine abnormale, häufig anaphylaktische Reaktion (akute, pathologische Reaktion des Immunsystems auf chemische Reize) gegen Proteine der Milch verursacht [Gille 2009a, Gille 2009b, Gille 2009c].

Sämtliche Milchproteine weisen ein allergenes Potential auf. Das Molkenprotein β -Laktoglobulin, welches in der Muttermilch nicht vorkommt, ist das Hauptallergen der Milch, gefolgt von Kasein. Das vermeintliche reduzierte allergene Potential von Ziegen- und Schafmilch im Vergleich zu Kuhmilch konnte wissenschaftlich nicht belegt werden [Jakob et al. 2008].

Milch und Milchprodukte

Sowohl bei einer Allergie auf Kaseine als auch bei einer Allergie auf Molkenproteine muss auf den Konsum von Käse verzichtet werden [Jakob et al. 2008].¹⁴

Laktoseintoleranz

Hintergründe

Um Laktose zu verdauen, muss diese im Dünndarm durch das Enzym Laktase in Galaktose und Glukose aufgespalten werden. Bei laktoseintoleranten Personen wird die Laktose im Dünndarm nicht mehr aufgespalten, sondern gelangt in den Dickdarm, wo sie von den Darmbakterien vergoren wird. Für diese Personen ist der Konsum vieler Milchprodukte mit unangenehmen Magen-Darm-Beschwerden verbunden (Blähungen, Krämpfe, Durchfall usw.) [Gruppe Ernährung 2006, Jakob et al. 2008, Bosshart et al. 2010, Wehrmüller et al. 2011].

Die Laktoseintoleranz hat keinen Einfluss auf die Aufnahme von Kalzium aus Milchprodukten [Walther & Rehberger 2008a].

Prävalenz

Rund 70% der Weltbevölkerung sind von Laktoseintoleranz betroffen; in der Schweiz sind es weniger als 20% [Gruppe Ernährung 2006, Wehrmüller & Bachmann 2008, Bosshart et al. 2010].

Milchprodukte

Auch Menschen mit Laktoseintoleranz können gewisse Milchprodukte (z.B. Käse, Joghurt) ohne Probleme konsumieren, wenn die konsumierte Laktosemenge unterhalb ihrer individuellen Toleranzgrenze bleibt. Die Toleranzschwelle ist individuell sehr unterschiedlich; die meisten vertragen ein Glas Milch aber ohne Probleme [Gruppe Ernährung 2006].

Käse

Gereifter Käse ist laktosefrei und kann von laktoseintoleranten Personen deshalb problemlos konsumiert werden [Gruppe Ernährung 2006, Jakob et al. 2008, Walther et al. 2008].

Laktosefreie Milchprodukte

Es existieren verschiedene enzymatische, chromatographische und fermentative Verfahren, um den Laktosegehalt der Kuhmilch zu reduzieren bzw. vollständig laktosefreie Produkte herzustellen [Bosshart et al. 2010]. Laktosefreie Milchprodukte enthalten abgesehen von der fehlenden Laktose die gleichen Inhaltsstoffe wie normale Milch; aufgrund des höheren Süssungsgrades von Glukose gegenüber Laktose können sie allenfalls etwas süsser schmecken [Gruppe Ernährung 2006].

Kolostrum und Immunabwehr

Kolostrum (Kolostralmilch) ist das Sekret aus den Milchdrüsen von Säugetieren in den ersten fünf Tagen nach der Geburt bzw. bei Kühen nach dem Abkalben. Es hat einen erhöhten Ge-

¹⁴ Bei einer Milchproteinallergie muss auch auf den Konsum anderer Milchprodukte verzichtet werden.

halt an vielen Nährstoffen und enthält auch bioaktive Substanzen wie Immun- und Wachstumsfaktoren (z.B. Immunglobuline, Zytokine, Laktoferrin, Lysozym usw.). Aus Kolostrum werden oft Nahrungsergänzungsmittel hergestellt, die u.a. mit der Aussage angepriesen werden, dass sie zur Abwehr von Infektionen beitragen. Diese Behauptung stützt sich auf in-vivo- und in-vitro-Studien¹⁵, die meist mit Spezialpräparaten durchgeführt wurden, die höhere Konzentrationen spezifischer Antikörper enthalten. Auf normalem Kolostrum basierende Nahrungsergänzungsmittel sind dagegen meist stark verarbeitet, so dass sie allenfalls einen reduzierten Gehalt an Immunglobulinen haben. Der Wissensstand zum Zusammenhang zwischen Kolostrum und Immunabwehr ist deshalb noch zu gering, um abschliessende Aussagen machen zu können [Wehrmüller & Schmid 2008].

Einsatz von Probiotika nach Darmoperationen

Probiotika könnten bei der Nachbehandlung von operativen Eingriffen im Darm eine positive Rolle spielen. Schwere Darmoperationen ziehen oft postoperative Komplikationen nach sich, bei denen ein bakterieller Zusammenhang vermutet wird. Probiotische Zugaben tragen dazu bei, solche Komplikationen zu vermeiden und den Genesungsprozess zu verbessern; die Verträglichkeit ist gut. Dies konnte mit verschiedenen probiotischen Laktobacillus- und Bifidobakterienstämmen gezeigt werden [Zehntner 2005].

Morbus Crohn

Morbus Crohn ist eine chronisch entzündliche Darmerkrankung. Häufige Komplikationen sind Darmverschlüsse, die operativ entfernt werden müssen. Es wird vermutet, dass die Krankheit multifaktoriell entsteht und dass *Mycobacterium avium* subspecies *Paratuberculosis* (MAP) eine Rolle spielen könnte, wobei die genaue Rolle von MAP noch unklar ist [Mühlemann 2008].

MAP sind Bakterien, die in verschiedenen Tierarten verbreitet sind (z.B. Rinder) und in Wasser und auf Weiden monate- bis jahrelang überleben. Letzteres ist der Ursprung für einen möglichen Eintrag von MAP in die Lebensmittelkette. In seltenen Fällen überleben sie sogar die Pasteurisation. MAP sind zudem die Erreger der Paratuberkulose beim Rind. Paratuberkulose ist eine infektiöse Darmkrankheit und ist in der Schweiz meldepflichtig [Mühlemann 2008].

Agroscope Liebefeld-Posieux ALP untersuchte Milchproben aus dem Jahr 2003 und konnte keine MAP nachweisen [Mühlemann 2008].

Entzündungshemmende Eigenschaften von Joghurt

Die Darmflora des Menschen hat viele positiven Eigenschaften: Sie hilft bei der Abwehr gegen pathogene Infekte, trägt zur Nährstoffverarbeitung bei und ist bei der Feinabstimmung und Reifung von Immunreaktionen massgeblich beteiligt. Die Darmflora entwickelt sich in den ersten Lebenswochen über die Muttermilch; später haben noch andere Faktoren einen Einfluss, u.a. die Ernährung. Eine Studie konnte zeigen, dass der Verzicht auf fermentierte Produkte die Darmflora verändert und eine verminderte Immunantwort bewirkt, was die Abwehrkapazität des Immunsystems beeinflussen kann [Walther 2007a].

Eine von Agroscope Liebefeld-Posieux ALP durchgeführte Humanstudie konnte erste Hinweise für entzündungshemmende Eigenschaften von Joghurt eruieren (siehe Kapitel 5) [Sagaya et al. *submitted*].

¹⁵ Unter in-vitro-Studien versteht man Studien im Reagenzglas.

1.5.11 Hauterkrankungen

Hintergründe zur atopischen Dermatitis

Atopische Dermatitis ist eine chronische, nicht ansteckende Hauterkrankung, die behandelbar, aber nicht heilbar ist. Sie ist in Industriestaaten immer stärker verbreitet und betrifft häufig Kinder. Sie äussert sich durch rote, schuppige und manchmal auch durch nässende Ekzeme auf der Haut und starken Juckreiz. Ein Grossteil der Patienten mit atopischer Dermatitis leidet zusätzlich unter Allergien. Bei Säuglingen und Kleinkindern sind das v.a. Nahrungsmittelallergien gegen Milch, Ei, Nüsse, Fisch, Soja oder Weizen [Walther 2008a].

Probiotika

Möglicherweise könnten entzündliche Reaktionen im Darm und eine Störung der Funktion der Darmbarriere in die Pathogenese der atopischen Dermatitis involviert sein. Gewisse Probiotika-Stämme könnten die Symptome von atopischer Dermatitis lindern; der Nutzen von Probiotika in der Behandlung von atopischer Dermatitis ist allerdings umstritten [Walther 2008a].

Hintergründe zu Neurodermitis

Neurodermitis ist eine chronische, nicht ansteckende Hauterkrankung, die behandelbar, aber nicht heilbar ist. Sie äussert sich durch gerötete, schuppige Ekzeme und starken Juckreiz. Die Symptome sind individuell sehr unterschiedlich, so dass zur Symptomlinderung auch verschiedenste Therapieansätze eingesetzt werden. Am häufigsten erfolgt eine äusserliche Behandlung der betroffenen Hautstellen mit Glucocorticoiden; diese gehen aber mit vielen Nebenwirkungen einher wie z.B. Hautverdünnung oder Pigmentstörungen [Gille 2010a].

Stutenmilch

Stutenmilch könnte eine natürliche Option gegen Neurodermitis sein. Stutenmilch ist der menschlichen Milch von der Zusammensetzung her am ähnlichsten. Sie enthält Lysozyme, Laktoferrin und sekretorisches Immunglobulin A (IgA), von denen antibakterielle, anti-inflammatorische und immunmodulierende Eigenschaften beschrieben sind. Allerdings hat sich bisher erst eine Studie mit der Wirkung von Stutenmilch auf Neurodermitis befasst, so dass es noch zu früh ist, um definitive Schlüsse zu ziehen [Gille 2010a].

1.5.12 Diverses

Antioxidative Eigenschaften von Milch und Milchbestandteilen

Hintergründe

Oxidationen sind wichtige Prozesse im menschlichen Körper, besonders zur Energiegewinnung. Ein Übermass solcher Reaktionen führt jedoch zu einem vermehrten Auftreten von „Radikalen Sauerstoffspezies“ (ROS) und somit zur Schädigung verschiedenster Moleküle im Organismus. Koronare Herzkrankheiten, Krebs oder Diabetes sind die schwerwiegendsten Folgen [Gille 2010f].

Gesunde Menschen besitzen eine Vielzahl an Substanzen, um das Auftreten von ROS zu verhindern (z.B. Enzyme oder Glutathion). Auch antioxidative Komponenten aus Lebensmitteln haben das Potential, oxidative Schäden im Menschen zu reduzieren (z.B. Vitamine, Mineralstoffe und sekundäre Pflanzenstoffe) [Gille 2010f]. Allerdings kann die Bioverfügbarkeit

von Antioxidantien durch Wechselwirkungen mit anderen Lebensmitteln gehemmt werden [Gille 2010b].

Milch

Milch besitzt antioxidativ wirkende Komponenten bzw. Bestandteile zur Bildung von Antioxidantien und schützt den menschlichen Körper damit vor einem Übermass an ROS. Dazu zählen z.B. die Kaseine. Diese verbinden sich mit Eisen aus der Nahrung und verhindern damit allzu hohe Absorptionsraten von Eisen im Menschen. Eisen in zu hohen Mengen gilt im menschlichen Organismus als Auslöser für die Bildung von ROS. Kaseine und aus Kaseinen abgespaltene Peptide hemmen darüber hinaus auch die enzymatische und nicht-enzymatische Lipidoxidation in Lebensmitteln. Auch Molkenproteine zeigen antioxidative Eigenschaften; diese sind hauptsächlich auf deren Aminosäuren Cystein und Glutaminsäure zurückzuführen – die Bestandteile des wichtigsten körpereigenen Antioxidans Glutathion. Weiter können Molkenproteine auch Schwermetalle binden. Schliesslich konnten auch weitere Milchhaltsstoffe als Radikalfänger identifiziert werden: z.B. Vitamin A bzw. seine Vorstufe β -Carotin sowie Selen [Gille 2010f].

Milch scheint allerdings die Absorption antioxidativer Substanzen, die nicht aus der Milch stammen, zu hemmen. Dies konnte in einer Studie gezeigt werden, bei der die Aufnahme von Flavonoiden aus Bitterschokolade durch Milch (z.B. in Milkschokolade) gehemmt wurde [Gille 2010f].

Eine andere Studie zeigte dagegen, dass die Zugabe von Milch zu Kaffee keinen Einfluss auf die Absorption der phenolischen Antioxidantien aus dem Kaffee hatte (Kaffeensäure, Ferulasäure, Isomere der Ferulasäure). Berücksichtigt man jedoch die Gesamtdatenlage zu den Auswirkungen von Milch im Kaffee und Tee, lassen sich noch keine klaren Schlussfolgerungen ziehen [Gille 2010b].

Milch als Sportgetränk

Nach körperlicher Aktivität ist es wichtig, dass sich der Körper ausreichend regenerieren kann, um Verletzungen und Erkrankungen zu verhindern. Besonders die Wiederauffüllung der Flüssigkeitsspeicher und die rasche Erholung der Muskeln sind entscheidend. Bei beidem kann die Milch (v.a. fettfreie Milch) punkten, indem sie nach der körperlichen Aktivität einerseits als effektives Rehydratationsgetränk wirkt und indem sie andererseits die Bildung von Muskelproteinen stark anregt (v.a. aufgrund der in der Milch enthaltenen Molkenproteine und Kaseine). Milch unterstützt den Regenerationsprozess nach körperlicher Aktivität also nachweislich und hat damit ein grosses Potential als Sportgetränk. Mit ihrem tiefen Fett- und hohen Proteingehalt sowie ähnlich hohen Kohlenhydratgehalt wie Sportgetränke und ausreichenden Mineralstoffgehalt kann es Milch durchaus mit Sportgetränken aufnehmen [Gille 2010c].

Milch gegen Schlaflosigkeit

Bei Personen mit leichten Schlafstörungen kann die Einnahme eines α -lactalbuminhaltigen und mit der Aminosäure Tryptophan angereicherten Milchproduktes am Abend die Schlafqualität verbessern und am nächsten Morgen die Aufmerksamkeit und geistige Leistungsfähigkeit signifikant erhöhen. Dies könnte darin begründet sein, dass Serotonin, welches aus Tryptophan entsteht, die Schlafregulation fördert und den Wahrnehmungsprozess verbessert. Das alte Hausmittel, wonach eine Tasse warme Milch gegen Schlaflosigkeit hilft, behält demnach seine Gültigkeit. Die Milch kann auch durch Molke ersetzt werden, da Molke viel Molkenproteine enthält und somit reich an Tryptophan ist [Walther 2006c].

1.5.13 Nährwert- und gesundheitsbezogene Anpreisungen

Die Schweizerische Lebensmittelkennzeichnungsverordnung (SR 817.022.21) vom 23. November 2005 kennt verschiedene Arten von Angaben zum ernährungsphysiologischen Wert eines Lebensmittels [Jakob et al. 2008]:

- Nährwertkennzeichnung: Angaben über den Energie- und Nährstoffgehalt des Lebensmittels
- Nährwertbezogene Angaben: sprachliche oder bildliche Angaben, mit denen erklärt oder suggeriert wird, dass ein Lebensmittel besondere positive Nährwerteigenschaften besitzt (z.B. „Käse ist eine gute Proteinquelle“, „laktosefreie Milch“, „fettreduziertes Joghurt“)
- Gesundheitsbezogene Angaben: sprachliche oder bildliche Angaben, mit denen erklärt oder suggeriert wird, dass ein Zusammenhang zwischen einem Lebensmittel oder einem Lebensmittelbestandteil und der Gesundheit besteht (z.B. „Vitamin B12 ist notwendig für die Blutbildung“)

Sowohl nährwert- als auch gesundheitsbezogene Angaben sind streng reglementiert. Sie müssen wissenschaftlich begründet werden können, nicht mehrdeutig oder irreführend sein und nicht zum übermässigen Verzehr des entsprechenden Lebensmittels ermutigen. Die Lebensmittelkennzeichnungsverordnung umfasst diverse weitere diesbezügliche Voraussetzungen und Bestimmungen [Jakob et al. 2008].

Im Bereich der Nährwert- und Gesundheitsanpreisung gehört die Schweiz zu den wenig permissiven Ländern. Allgemein verbietet das schweizerische Lebensmittelrecht die Herstellung eines direkten Zusammenhangs zwischen einem Lebensmittel und einer Krankheitsvorbeugung, -behandlung oder -heilung. Für spezifische Stoffe wie Vitamine, Mineralstoffe oder spezielle Fettsäuren sind definierte Anpreisungen zugelassen [Delley & Bisig 2010].

2. Fleisch und Fleischprodukte

2.1 Einleitung

Frischfleisch

Schweinefleisch ist in der Schweiz wie weltweit die am meisten konsumierte Fleischart [Schlichtherle-Cerny 2009].

Fleischprodukte

In der Schweiz werden über 90'000 Tonnen Fleischprodukte pro Jahr konsumiert; 20% des in Privathaushalten verzehrten Fleisches sind Wurstwaren [Schmid et al. 2008c, Schmid et al. 2009a, Schmid et al. 2009b]. Brühwürste gehören zu den am häufigsten konsumierten Fleischprodukten [Schmid et al. 2009a]. Der jährliche Pro-Kopf-Konsum von Brühwürsten beträgt in der Schweiz rund 6 Kilogramm und macht somit rund 66% des gesamten Wurstkonsums aus [Suter & Hadorn 2006, Suter & Hadorn 2007].

Brühwürste bestehen generell aus fein zerkleinertem, rohem Muskelfleisch (hauptsächlich Rind, Kalb, Schwein oder Geflügel), Speck, (Eis-)Wasser, Salz und Gewürzen und je nach Situation, Produkt und Hersteller Pökelfstoffen und Pökelfhilfsstoffen, Zucker, Geschmacksverstärkern und alternativ Emulgatoren oder Hydrokolloiden, die allesamt zu einem bindigen Brät verarbeitet werden. Zu den Brühwürsten gehören z.B. der Cervelat und die Kalbsbratwurst [Schmid et al. 2009b].

Rohwürste werden aus rohem Muskelfleisch hergestellt, das mindestens 48 Stunden gekühlt und/oder eingefroren wurde. Das Muskelfleisch wird zusammen mit Speck, Kochsalz, Natrium-/Kaliumnitrat oder Nitritpökelsalz, Zusatzstoffen wie Ascorbinsäure/Ascorbat, Gewürzen und teilweise unter Zugabe von Starterkulturen zerkleinert und vermischt sowie in natürliche oder synthetische Wursthäute gestossen. Danach folgt die Umrötephase und Trocknung bzw. Räucherung der Wurst. In dieser Phase wandeln aus der natürlichen Flora der Rohwurst stammende oder als Starterkulturen beigemengte Mikroorganismen den fleischeigenen und zugesetzten Zucker in Milchsäure und in aromawirksame Verbindungen um. Dabei entwickeln sie das Aroma der Wurst, senken den pH-Wert und trocknen damit die Wurst ab, verhelfen der Wurst zur Schnittfestigkeit und tragen schliesslich auch zur Konservierung der Wurst bei. Zu den Rohwürsten gehören z.B. der Salami und Salsiz (luftgetrocknete Rohwürste aus Rind- und Schweinefleisch sowie Speck), der Landjäger (kalt geräucherte Rohwurst aus Rindfleisch und Speck) oder auch der Saucisson vaudois (kalt geräucherte Rohwurst mit abgebrochener Reifung aus Schweinefleisch und Speck) [Schmid et al. *in press*].

Bei Rohpökelfwaren handelt es sich um rohes Fleisch, welches gesalzen (Zugabe von Natriumchlorid) oder gepökelt (Zugabe von Nitritpökelsalz und/oder Salpeter zusammen mit Natriumchlorid) und anschliessend getrocknet und/oder geräuchert wird. Es zeichnet sich durch eine stabile Farbe, ein typisches Aroma sowie eine zarte aber schnittfeste Konsistenz aus und kann ohne Kühlung gelagert werden. Verschiedene Rohpökelfwaren gehören zum kulinarischen Erbe der Schweiz, so u.a. Bauernspeck, Appenzeller Mostbröckli, Bündnerfleisch, Walliser Trockenfleisch und Coppa [Schmid et al. 2011].

2.2 Zusammensetzung von Fleisch und Fleischprodukten

2.2.1 Frischfleisch

Fleisch ist ein Lebensmittel mit hohen ernährungsphysiologischen Qualitäten. Es ist proteinreich, arm an Kohlenhydraten und je nach Stück und Zuschnitt auch fettarm. Das Fleischprotein ist aufgrund seines Gehaltes an essentiellen Aminosäuren zudem biologisch hochwertig. In der Schweiz stellt Fleisch die wichtigste Quelle für die Vitamine A, B12, Thiamin und Niacin sowie für Natrium und Eisen dar. Ausserdem leistet es einen substantiellen Beitrag an die Versorgung mit den Vitaminen B2, B6 und Pantothenensäure sowie Phosphor, Zink und Selen [Schmid et al. 2008c, Schmid et al. 2009b, Schlichtherle-Cerny 2009].

Fette, Fettsäuren und fettähnliche Substanzen

Die Fettgehalte von Frischfleisch liegen generell zwischen 5-10 g pro 100 g, wobei Filetstücke sogar Gehalte unter 5 g pro 100 g aufweisen [Schmid 2011]. Der Fettgehalt von Fleisch wird in den aktuellen Nährwerttabellen aufgrund der neusten Entwicklungen bezüglich Tierzucht, Zuschnitt, Zubereitung und Rezeptur vielfach überschätzt [Hadorn et al. 2007b].

Die Fettsäurezusammensetzung von Fleisch ist je nach Tierart und Fleischstück sehr unterschiedlich [Wehrmüller et al. 2008b]. Die SFA-Gehalte liegen durchschnittlich bei 30-50% der Gesamtfettsäuren, wobei Palmitinsäure (25-33% der Gesamtfettsäuren), Stearinsäure (10-20% der Gesamtfettsäuren) und Myristinsäure (3-6% der Gesamtfettsäuren) dominieren. Die Gehalte schwanken stark in Abhängigkeit der Tierart, der Rasse und der Aufzucht (v.a. Fütterung). Die MUFA-Gehalte von Fleisch liegen bei 40-50% der Gesamtfettsäuren, wobei die Ölsäure dominiert – sie macht 30-40% aller Fettsäuren aus und ist entsprechend die am häufigsten vorkommende Fettsäure im Fleisch. Auch die Ölsäuregehalte sind stark von der Aufzucht abhängig. Die PUFA-Gehalte von Fleisch liegen generell bei 10-20%, schwanken aber stark je nach Fleischstück oder Tierart. In Hasen-, Enten- und Truthahnfleisch machen PUFA über 30% der Gesamtfettsäuren aus [Schmid 2011].

Das Verhältnis von Omega-6- zu Omega-3-Fettsäuren von Fleischfett ist oft vorteilhaft, v.a. dasjenige von Kalb-, Lamm- und Rindfleisch. Auch hier spielt die Aufzucht und v.a. die Fütterung eine wesentliche Rolle. Höhere Omega-3-Fettsäuregehalte sind generell eher bei Tieren mit Weidefütterung zu finden. Die langkettigen Omega-3-Fettsäuren EPA und DHA sind nur in tierischem Fett enthalten; v.a. in Fischfett [Schmid 2011]. Aber auch Lammfleisch sowie das Fleisch der Wildtiere Reh und Hirsch haben verhältnismässig hohe Gehalte an langkettigen Omega-3-Fettsäuren. Bei Rind-, Schweine- und Kalbfleisch variieren die Gehalte zwischen den verschiedenen Fleischstücken stark. Der Grund für diese unterschiedlichen Gehalte liegt vermutlich am Anteil von Kraffutter an der Gesamtfütterung und am Stoffwechsel der Tierfamilie (Wiederkäuer, Monogastrier, Vögel) [Wehrmüller et al. 2008b].

Die TFA-Gehalte von Rindfleisch liegen bei 2.8-9.5%, von Lammfleisch bei 4.3-9.2%, von Schweinefleisch bei 0.2-2.2% und von Geflügelfleisch bei 0.2-1.7%. Unter den TFA im Fleisch dominiert die Vaccensäure. Das Fleisch anderer Tierarten enthält nur sehr wenig TFA [Schmid 2011].

Die CLA-Gehalte von Lammfleisch liegen bei 4.3-11.0 mg pro g Fett, von Rindfleisch bei 1.2-10.0 mg pro g Fett und von Schweine- und Geflügelfleisch unter 1 mg pro g Fett. Die CLA-Gehalte sind abhängig von der Rasse, aber auch von genetischen Faktoren, von der Aufzucht und dabei insbesondere von der Fütterung [Schmid 2011].

Der Cholesteringehalt von Frischfleisch liegt je nach Fleischstück bei 40-80 mg pro 100 g [Schmid 2011].

PASTO: viande bovine de montagne et qualité [Dufey 2009]

PASTO: Qualität von Rindfleisch aus dem Berggebiet [Dufey et al. 2009]

Ausgangslage: Die Qualität von Rindfleisch aus extensiven Produktionssystemen im Berggebiet wird verkannt.

Ziele: Die Studie charakterisierte im Berggebiet produziertes Rindfleisch und verglich Rinder miteinander, die von extensiven Grünlandbetrieben in den Alpen und im Jura stammten oder von einem Betrieb im Talgebiet mit Intensivmast ohne Grünfütter. Untersucht wurde die Fleischqualität in Bezug auf den Geschmack, die Zartheit sowie ernährungsphysiologische Qualitätsparameter.

Material und Methode: Insgesamt wurden 88 Rinder der Eringer-Rasse gemästet, verteilt auf vier Regionen: Alpen (1200 m ü.M. und 1800 m ü.M.), Jura (1200 m ü.M.), Talgebiet (380 m ü.M.). Die Fleischqualität wurde durch physikalisch-chemische, kolorimetrische, photo-spektrometrische, chromatografische, elektrophoretische, histologische und sensorische Techniken erfasst. Die verschiedenen Fleischsorten wurden zudem im Rahmen einer Messe in Bulle drei Konsumententests unterzogen; insgesamt konnten über 1300 Fragebögen ausgewertet werden.

Resultate: Das in mittlerer Höhe (1200 m ü.M.) produzierte Fleisch wies nach zweiwöchiger Reifung keine besonderen sensorischen Eigenschaften auf. Der grasige oder krautige Geschmack trat unabhängig vom Produktionssystem nur wenig hervor, was auf die Eringer-Rasse der Rinder zurückgeführt wurde. Nach einer weiteren Woche der Reifung war der Grasgeschmack bei Fleisch aus dem Berggebiet hingegen deutlicher ausgeprägt als bei demjenigen aus dem Talgebiet. Das auf steilen Magerweiden in 1800 m Höhe produzierte Fleisch war zudem um rund 30% weniger zart als das Fleisch aus dem Talgebiet (wahrscheinlich aufgrund der Mast- und Weidebedingungen) und bei einem Konsumententest am wenigsten beliebt. Das im Berggebiet mit Weidefütter produzierte Fleisch war aus ernährungsphysiologischer Sicht allerdings wertvoller (in Bezug auf das Fettsäurenprofil und die Oxidationsresistenz) als solches, das mit auf Mais basierenden Rationen erzeugt wurde. Fleisch aus dem Berggebiet wies im Vergleich zu Fleisch aus dem Talgebiet einen tieferen Gesamtfettgehalt, einen höheren PUFA-Gehalt (zu Lasten des MUFA-Gehaltes), einen höheren Gehalt an Omega-3-Fettsäuren und damit ein verringertes Omega-6- zu Omega-3-Fettsäuren-Verhältnis auf. Fleisch aus dem Berggebiet hatte zudem geringere Anteile an den problematischen C18:1-Isomeren trans-9 und trans-10 und höhere Gehalte an der Transfett-säure Vaccensäure, der Vorstufe einer CLA.

Schlussfolgerungen: Die verschiedenen Produktionsorte konnten mit Hilfe der Fettsäuren zu 100% unterschieden werden. Fettsäuren erweisen sich insofern als exzellente Biomarker der Fütterung bzw. Herkunftsgegend und eröffnen die Möglichkeit einer analytischen Rückverfolgbarkeit für Fleisch aus dem Berggebiet. Die Omega-6-Fettsäure C18:3 scheint ein Indikator für Grünfütterverzehr zu sein.

Thiamin (Vitamin B1)

Thiamin ist ein wasserlösliches Vitamin, das wie alle Vitamine für den Menschen essentiell ist. Die Körperspeicher von Thiamin sind gering (rund 25-30 mg), weshalb es über die Nahrung regelmässig aufgenommen werden muss. Bei einer ausgewogenen Ernährung ist das Risiko für einen Thiaminmangel jedoch gering [Schmid 2010b].

Vorkommen

Gute Thiaminquellen sind Fleisch und Fleischprodukte sowie Vollkornprodukte. Hohe Gehalte sind in Schweinefleisch sowie daraus hergestellten Fleischprodukten (z.B. Rohschinken, Coppa) zu finden. Je nach Fleischstück liegen die Thiamingehalte von Schweinefleisch bei 0.8-1.0 mg pro 100 g [Schmid 2010b].

Ein sehr hoher Konsum von Schwarztee und Kaffee verringert die Thiaminaufnahme, da sie polyphenolische Substanzen enthalten, die mit Thiamin zu einem inaktiven Produkt reagieren können [Schmid 2010b].

Thiamin ist zudem empfindlich gegenüber längerem Kochen im Wasser, Wärme und UV-Strahlen. Bei schonender Zubereitung der Lebensmittel machen die Zubereitungsverluste durchschnittlich rund 30% aus [Schmid 2010b].

Empfehlungen

Der Thiaminbedarf liegt laut den Empfehlungen der Deutschen, Schweizerischen und Österreichischen Gesellschaften für Ernährung (DACH-Referenzwerte) bei 1.0 mg pro Tag (für Frauen ab 15 Jahren) bzw. bei 1.0-1.3 mg (für Männer ab 15 Jahren, je nach Alter) [Schmid 2010b].

Aufnahme

Die Thiaminaufnahme in der Schweiz ist ausreichend. Sie ist in den letzten zehn Jahren allerdings zurückgegangen, wofür veränderte Ernährungsgewohnheiten verantwortlich gemacht werden [Schmid 2010b].

Die grössten Mengen an Thiamin werden in der Schweiz über Fleisch und Fleischprodukte aufgenommen, gefolgt von Getreide, Kartoffeln und Gemüse [Schmid 2010b].

Bedeutung

Thiamin wirkt als Co-Faktor bei verschiedenen enzymatischen Reaktionen im Körper. Im Nervensystem ist Thiamin an vielen Prozessen der Erregungsbildung und Reizleitung beteiligt. Es ist also hauptsächlich für die Nerven und Muskeln wichtig. Thiamin wird ausserdem in Hinblick auf Alzheimerdemenz diskutiert, wobei die Datenlage noch keine endgültigen Aussagen zulässt [Schmid 2010b].

Thiaminmangel äussert sich in der Mangelkrankheit Beriberi. Diese kommt in verschiedenen Ausprägungen mit uneinheitlichen Symptomen vor: Wasseransammlungen im Gewebe, Herzvergrösserung, Herzmuskelschwäche, Nervenentzündung, Nervenlähmung. Beriberi kommt in der Schweiz nur noch sehr selten vor und dies meist nur noch bei Alkoholikern, deren Energiezufuhr vornehmlich in Form von Alkohol erfolgt [Schmid 2010b].

Eisen

Eisen ist ein chemisches Element (ein Metall) und Spurenelement, das für fast alle Lebewesen essentiell ist. Der menschliche Körper enthält etwa 2-4 g Eisen, wovon ca. 60% an Hämoglobin, 25% an Ferritin (Eisenspeicherprotein) und Hämosiderin (chemische Verbindung von Eisen) und 15% an Myoglobin und Enzyme gebunden ist [Schmid 2009a].

Vorkommen

In der Nahrung existiert Eisen in der Form von Hämeisen und Nicht-Hämeisen. Hämeisen kommt nur in tierischen Lebensmitteln vor; Nicht-Hämeisen findet sich sowohl in pflanzlichen als auch tierischen Lebensmitteln. Das Eisen in Fleisch besteht zu 30-70% aus Hämeisen [Schmid 2009a].

Fleisch und Fleischprodukte sind aufgrund ihres Eisengehaltes und ihrer Bioverfügbarkeit gute natürliche Quellen für Eisen. Brühwürste haben einen Eisengehalt von 0.5-1.0 mg pro 100 g Wurst [Schmid 2009a].

Empfehlungen

Der Eisenbedarf liegt laut den Empfehlungen der Deutschen, Schweizerischen und Österreichischen Gesellschaften für Ernährung (DACH-Referenzwerte) bei 10-12 g pro Tag (für Männer ab 15 Jahren, je nach Alter) bzw. bei 10-15 g pro Tag (für Frauen ab 15 Jahren, je nach Alter) [Schmid 2009a].

Die tolerierbaren Höchstmengen für die Eisenzufuhr zur Vermeidung toxischer Wirkungen (siehe unten) liegen bei 40 mg pro Tag (für Kinder bis 13 Jahre) bzw. 45 mg pro Tag (für Jugendliche ab 14 Jahre und Erwachsene) [Schmid 2009a].

Aufnahme

In der Schweiz lag der Eisenverbrauch im Zeitraum 2001/2002 bei durchschnittlich 11.9 mg pro Person und Tag, wobei er gegenüber früher zurückging [Schmid 2009a].

Hämeisen wird besser absorbiert (Absorptionsrate 15-35%) als Nicht-Hämeisen (Absorptionsrate 2-20%). Die Aufnahme von Nicht-Hämeisen kann durch andere Faktoren in Lebensmitteln gefördert (z.B. durch Vitamin C) oder gehemmt (z.B. durch Phytate und Polyphenole) werden, was bei Hämeisen nicht der Fall ist. In den Industrieländern stellt Hämeisen nur rund 10-15% des Nahrungseisens dar, liefert jedoch rund einen Drittel des aufgenommenen Eisens [Schmid 2009a].

Bedeutung

Beim Menschen und bei vielen Tieren ist Eisen für den Sauerstofftransport und dessen Speicherung sowie für die Elektronenübertragung verantwortlich, da es das Zentralatom des Co-Faktors Häm in Hämoglobin, Myoglobin und in Cytochromen ist. Eisen ist ausserdem Bestandteil vieler Enzyme. Es ist weiter auch für die aerobe Energiegewinnung über die Atmungskette nötig, für die Zellteilung und damit das Wachstum sowie für verschiedene Abwehr- und Entgiftungsreaktionen [Schmid 2009a].

Ein Eisenmangel führt zur Eisenmangelanämie, die weltweit zu den häufigsten Mangelerscheinungen gehört. Am häufigsten betroffen sind Kinder unter 2 Jahren und Frauen im gebärfähigen Alter. Eisenmangel kann zudem auch die körperliche Leistungsfähigkeit beeinträchtigen, die Thermoregulation stören und die Resistenz gegenüber Infektionskrankheiten heruntersetzen [Schmid 2009a].

Personen, deren Eisenspeicher im Körper gefüllt sind, absorbieren weniger Eisen aus der Nahrung als Personen, die an einem Eisenmangel leiden. Durch diese Regulation der Eisenabsorption wird bei gesunden Personen einer Eisenanhäufung im Körper entgegen gewirkt. Alkoholismus und die erbliche Krankheit Hämochromatose können aber zu einer übermässigen Eisenabsorption führen, die Schädigungen von Leber, Bauchspeicheldrüse und Herzmuskel nach sich zieht. Ein Zuviel an Eisen kann zudem auch die Entstehung von freien Radikalen und damit oxidativen Stress fördern und infolgedessen den natürlichen Alterungsprozess beschleunigen. Eisen wird als Prooxidans schliesslich auch mit der Entstehung von Herzinfarkt und als Promotor von Krebserkrankungen in Verbindung gebracht (z.B. Dickdarmkrebs); die diesbezügliche Datenlage ist allerdings ungenügend und uneinheitlich [Schmid 2009a].

Selen

Selen ist ein für den Menschen lebensnotwendiges Spurenelement [Schmid 2009g].

Vorkommen

Getreide und Fleisch sind die wichtigsten Selenquellen für den Menschen [Schmid 2009g].

Der Selengehalt von pflanzlichen Nahrungsmitteln hängt vom Selengehalt des Bodens ab, auf dem sie wachsen. Gute Quellen sind Hülsenfrüchte, Nüsse und Getreideprodukte. Bei Lebensmitteln tierischer Herkunft ist der Selengehalt vom Futter bzw. von der Selenzugabe zum Futter abhängig [Schmid 2009g].

Fleisch, Geflügel, Fisch und Eier haben einen hohen Selengehalt. Pferdefleisch weist Gehalte von 28-35 µg pro 100 g auf, Lammfleisch von 10-11 µg pro 100 g, Poulet von 12-28 µg pro 100 g, Schweizer Rindfleisch von 9-11 µg pro 100 g (US-Rindfleisch zum Vergleich 30-44 µg pro 100 g) und Schweinefleisch von 16-17 µg pro 100 g. In Schweizer Brühwürsten finden sich je nach Wurstsorte 4-10 µg Selen pro 100 g [Schmid 2009g].

Die Selenverfügbarkeit ist mit 70-95% (je nach Form) generell gut; organisches Selen wird jedoch vergleichsweise besser aufgenommen als anorganisches [Schmid 2009g].

Empfehlungen

Beim erwachsenen Menschen liegt der Bedarf an Selen bei 30-70 µg pro Tag. In der Schweiz wird dieser Bedarf im Normalfall durch die Nahrung abgedeckt [Schmid 2009g].

Aufnahme

Obwohl die Schweiz zu den Regionen mit selenarmen Böden gehört, ist die Schweizer Bevölkerung ausreichend mit Selen versorgt. Das hat einerseits mit der Globalisierung zu tun, wodurch Lebensmittel aus anderen Ländern (mit selenreicheren Böden) in die Schweiz gelangen und hängt andererseits auch mit dem Einsatz von Selen im Tierfutter zusammen [Schmid 2009g].

Bedeutung

Selen ist Bestandteil vieler Enzyme und Proteine und trägt u.a. dazu bei, den Körper vor oxidativem Stress zu schützen. Selen ist an verschiedenen biologischen Prozessen beteiligt: Regeneration des körpereigenen Antioxidans Glutathion, Reduktion der Fettoxidation im Körper durch seine synergistische Wirkung mit Vitamin E, Ausbesserung von Schäden durch UV-Strahlen, Beteiligung am Entzündungsprozess, Unterstützung des Jodstoffwechsels. Möglicherweise hemmt Selen auch das Auftreten koronarer Herzkrankheiten und senkt allenfalls auch das Krebsrisiko (v.a. Prostata- und Dickdarmkrebs); die diesbezügliche Datenlage ist allerdings noch schwach [Schmid 2009g].

In hohen Konzentrationen (über 300 µg pro Tag) kann Selen allerdings toxisch wirken. Eine chronische Selenvergiftung äussert sich durch Haarverlust, brüchige Fingernägel, Magen-Darm-Störungen, Hautausschläge und Funktionsstörungen des Nervensystems [Schmid 2009g].

2.2.2 Fleischprodukte

Zusammensetzung diverser Schweizer Brühwürste. Technisch-wissenschaftliche Informationen [Schmid et al. 2009b]
Die Zusammensetzung von Brühwürsten Schweizer Herkunft [Schmid et al. 2009c]
Nährwertprofil von vier Schweizer Brühwurstsorten [Schmid et al. 2008c]

Ziele: Die Studie liefert erstmals umfassende analytische Daten zur Nährstoffzusammensetzung Schweizer Brühwürste.

Material und Methode: In den Jahren 2006 und 2007 wurden folgende acht Schweizer Brühwurstsorten analysiert (jeweils fünf pro Sorte): Kalbsbratwurst, Cervelat, Wienerli, Lyoner, Fleischkäse, Schweinsbratwurst, Schweinswurst und Geflügellyoner. Folgende Nährstoffe und Nahrungsbestandteile wurden gemessen: Wasser, Gesamtstickstoff (zur Berechnung des Gesamtproteins), Aminosäuren, Fett, Cholesterin, Zucker, Vitamine A, E, B2, B6, B12, C, D3, K2 (Menachinon), Thiamin, Niacin, Pantothenensäure, Biotin, Natrium, Kalium, Magnesium, Kalzium, Phosphor, Chlorid, Kupfer, Selen, Eisen, Zink, Mangan. Die Nährwertgehalte einer Portion von 100 g Wurst wurden zudem in Bezug auf die Zufuhrempfehlungen für einen Mann im Alter von 25 bis 51 Jahren gesetzt.

Resultate: Der Wassergehalt der analysierten Brühwurstsorten lag bei 58-65 g pro 100 g, der Proteingehalt bei 11-16 g pro 100 g, der Fettgehalt bei 16-23 g pro 100 g, der Cholesteringehalt bei 46-67 mg pro 100 g, der Kohlenhydratgehalt bei unter 2 g pro 100 g und der Energiegehalt bei 204-266 kcal bzw. bei 852-1113 kJ pro 100 g. Bezogen auf die Aufnahmerempfehlungen für einen Mann im Alter von 25 bis 51 Jahren sind die analysierten Brühwurstsorten gute Quellen für Thiamin (0.1-0.5 mg pro 100 g), Vitamin B12 (0.4-0.9 µg pro 100 g) und Niacin (1.4-4.7 mg pro 100 g) sowie einige von ihnen für Vitamin C (2.2-41.9 mg pro 100 g). Sie enthalten auch nennenswerte Mengen an den Vitaminen D, B6 und Pantothenensäure sowie an Phosphor, Zink, Eisen und Selen, sind jedoch keine guten Quellen für die Vitamine A, E, B2 und Biotin sowie für Kalzium und Magnesium. Bei den Aminosäuren dominiert Glutaminsäure, gefolgt von Asparaginsäure, Lysin, Leucin und Glycin. Die SFA-Gehalte lagen bei 5.1-9.0 g pro 100 g und machten rund 40% der Fettsäuren aus, wobei Palmitinsäure und Stearinsäure den Hauptanteil ausmachten. Die MUFA-Gehalte lagen bei 7.5-10.8 g pro 100 g und machten 46-50% der Fettsäuren aus, wobei die Ölsäure als die mengenmässig herausragende Fettsäure auftrat. Die PUFA-Gehalte lagen bei 1.6-2.3 g pro 100 g und machten

rund 9% der Fettsäuren aus, wobei bei dieser Fettsäurengruppe die Linolsäure dominierte. Das Verhältnis zwischen Omega-6- und Omega-3-Fettsäuren lag zwischen 7.5 und 8.4:1. Die CLA-Gehalte lagen bei 22.1-78.9 mg pro 100 g, wobei das Isomer C18:2 cis-9, trans-11 dominierte. Die Gehalte an Transfettsäuren (ohne CLA) lagen bei 0.18-0.30 g pro 100 g, wobei die beiden Isomere C18:1 trans-10 und C18:1 trans-11 dominierten. Zu erwähnen ist schliesslich auch noch der hohe Salzgehalt; der durchschnittliche Natriumgehalt lag bei 759-929 mg pro 100 g.

Schlussfolgerungen: Brühwürste sind eine wertvolle Quelle verschiedener Nährstoffe, enthalten jedoch auch viel Salz und Fett. Zwischen den einzelnen Wurstsorten bestehen aufgrund der unterschiedlichen Rezepturen und Fleischsorten teilweise sehr grosse Unterschiede.

Zusammensetzung verschiedener Rohwürste Schweizer Herkunft [Schmid et al. *in press*]

Ziele: Die Studie untersuchte verschiedene Rohwürste Schweizer Herkunft analytisch auf ihre Zusammensetzung.

Material und Methode: Im Jahr 2008 wurden sechs Schweizer Rohwurstsorten analysiert: Salami (2 Sorten), Salsiz, Landjäger, Saucisson vaudois und Minipic. Pro Wurstsorte wurden jeweils 5 verschiedene Produkte analysiert (ausser bei Minipic, bei dem nur ein Produkt analysiert wurde). Folgende Nährstoffe und Nahrungsbestandteile wurden gemessen: Wasser, Gesamtstickstoff (zur Berechnung des Gesamtproteins), Aminosäuren, Fett, Cholesterin, Zucker, Vitamine A, E, B2, B6, B12, C, D3, K2 (Menachinon), Thiamin, Niacin, Pantothen-säure, Biotin, Natrium, Kalium, Magnesium, Kalzium, Phosphor, Chlorid (zur Berechnung des Salzgehaltes), Kupfer, Selen, Eisen, Zink, Mangan. Die Nährwertgehalte einer Portion von 50 g Wurst wurden zudem in Bezug auf die Zufuhrempfehlungen für einen Mann im Alter von 25 bis 51 Jahren gesetzt.

Resultate: Der Wassergehalt der analysierten Rohwurstsorten lag bei 26.4-47.9 g pro 100 g, der Proteingehalt bei 16.5-26.1 g pro 100 g, der Fettgehalt bei 30.1-42.7 g pro 100 g, der Cholesteringehalt bei 71.2-96.7 mg pro 100 g, der Kohlenhydratgehalt bei unter 2 g pro kg (mit zwei Ausnahmen: Saucisson vaudois enthielt 0.2 g Kohlenhydrate pro 100 g und Minipic 0.8 g pro 100 g) und der Energiegehalt bei 353-477 kcal bzw. bei 1476-1998 kJ pro 100 g. Erwartungsgemäss hatten Rohwürste mit einem hohen Schweinefleischanteil (Salami, Saucisson vaudois) einen höheren Thiamingehalt (0.5-0.6 mg pro 100 g) als Rohwürste mit geringerem Schweinefleischanteil. Der Vitamin B12-Gehalt lag bei 0.5-0.8 µg pro 100 g (Ausnahme Salsiz: 1.2 µg pro 100 g). Der Zusatzstoff-bedingte Gehalt an Vitamin C lag bei 3.9-19.5 mg pro 100 g, wobei innerhalb der Sorten grosse Schwankungen auftraten. Die Rohwürste enthielten schliesslich auch relevante Mengen an Niacin und Vitamin D3 sowie geringe Mengen an Pantothen-säure, Biotin, Folsäure und Vitamin K2. Sie sind jedoch keine guten Quellen für die Vitamine A, B2, B6 und E. Der Phosphorgehalt lag bei 0.15-0.20 g pro 100 g (Ausnahme Minipic: 0.33 g pro 100 g), der Kaliumgehalt bei 0.26-0.40 g pro 100 g, der Eisengehalt bei 0.72-2.95 g pro 100 g, der Zinkgehalt bei 1.84-3.85 mg pro 100 g, der Selengehalt bei 9.4-13.0 µg pro 100 g, der Mangangehalt bei 50.9-360.7 µg pro 100 g und der Kupfergehalt bei 57.0-89.5 µg pro 100 g. Die Kalzium- und Magnesiumgehalte waren gering. Die Spurenelementgehalte waren im Saucisson vaudois am tiefsten und im Minipic am höchsten. Der Salzgehalt der analysierten Rohwürste lag bei 3.7-4.2 g pro 100 g (Ausnahme Saucisson vaudois: 2.1 g pro 100 g), womit Rohwürste zu den sehr salzreichen Lebensmitteln gehören. Die analysierten Rohwürste wiesen ein ziemlich einheitliches Fettsäurenmuster auf (was u.a. technologische bedingt ist): Die SFA-Gehalte lagen bei 11.3-16.9 g pro 100 g

und machten rund 40-43% der Fettsäuren aus, wobei Palmitinsäure und Stearinsäure den Hauptanteil ausmachten. Die MUFA-Gehalte lagen bei 13.4-19.1 g pro 100 g und machten 48-50% der Fettsäuren aus, wobei die Ölsäure als die mengenmässig herausragende Fettsäure auftrat. Die PUFA-Gehalte lagen bei 2.7-3.8 g pro 100 g und machten rund 8-10% der Fettsäuren aus, wobei bei dieser Fettsäurengruppe die Linolsäure dominierte. Das Verhältnis zwischen Omega-6- und Omega-3-Fettsäuren lag zwischen 7.6 und 8.5:1. Die CLA-Gehalte lagen bei 0.06-0.12 g pro 100 g, wobei das Isomer C18:2 cis-9, trans-11 dominierte. Die Gehalte an Transfettsäuren (ohne CLA) lagen bei 0.24-0.59 g pro 100 g. Bei den Aminosäuren dominierten die Glutaminsäure und Glutamin, gefolgt von Asparaginsäure und Asparagin bzw. beim Landjäger von Glycin. Auch Lysin und Leucin waren in grösseren Mengen vorhanden. Die limitierenden Aminosäuren in den analysierten Rohwürsten waren Valin, Tryptophan, Methionin und Cystein.

Schlussfolgerungen: Rohwürste sind gute Quellen für hochwertiges Protein, die Vitamine B12, D, Thiamin, Niacin, Phosphor, Eisen, Zink und Selen. Sie sind aber auch reich an Salz und Fett. Die Gehalte an Kalzium, Magnesium sowie an den Vitaminen A, E, B2, Folsäure und Biotin sind hingegen gering.

Die Zusammensetzung diverser Schweizer Rohpökelwaren [Schmid et al. 2011]

Ziele: Die Studie untersuchte verschiedene Schweizer Rohpökelwaren analytisch auf ihre Zusammensetzung.

Material und Methode: Im Jahr 2009 wurden fünf verschiedene Schweizer Rohpökelwaren analysiert (jeweils fünf pro Sorte): Rohschinken, Coppa, Bauernspeck (Rohessspeck), Appenzeller Mostbröckli, Trockenfleisch Schweizer Herkunft (Oberbegriff für Bündnerfleisch, Walliser Trockenfleisch und Carne secca). Folgende Nährstoffe und Nahrungsbestandteile wurden gemessen: Wasser, Gesamtstickstoff (zur Berechnung des Gesamtproteins), Fett, Cholesterin, Zucker, Vitamine A, E, B2, B6, B12, C, D3, K2 (Menachinon), Thiamin, Niacin, Pantothersäure, Biotin, Natrium, Kalium, Magnesium, Kalzium, Phosphor, Chlorid (zur Berechnung des Salzgehaltes), Kupfer, Selen, Eisen, Zink, Mangan. Die Nährwertgehalte einer Portion von 50 g Wurst wurden zudem in Bezug auf die Zufuhrempfehlungen für einen Mann im Alter von 25 bis 51 Jahren gesetzt.

Resultate: Der Wassergehalt der analysierten Rohpökelwaren lag bei 39.0-58.4 g pro 100 g, der Kohlenhydratgehalt bei unter 1 g pro 100 g und der Cholesteringehalt bei 61.5-83.9 mg pro 100 g. Die Rohpökelwaren wiesen hohe Proteingehalte (31.0-39.3 g pro 100 g) und generell tiefe Fettgehalte (1.9-11.5 g pro 100 g) auf – mit Ausnahme von Bauernspeck (enthielt 22.1 g Protein und 34.3 g Fett pro 100 g) und Coppa (enthielt 28.8 g Protein und 22.5 g Fett pro 100 g). Der Energiegehalt lag bei 152-395 kcal bzw. bei 634-1654 kJ pro 100 g. Rohpökelwaren, die auf Schweinefleisch basieren (Coppa, Rohschinken, Bauernspeck), wiesen relativ hohe Thiamingehalte von 0.6-1.0 mg pro 100 g auf. Rohpökelwaren, die auf Rindfleisch basieren (Trockenfleisch, Mostbröckli), wiesen dafür relativ hohe Vitamin B12-Gehalte von 1.4-1.6 µg pro 100 g auf. Die Vitamin B6-Gehalte der Rohpökelwaren lagen bei 0.3-0.6 mg pro 100 g und die Niacingehalte bei 6.9-10.2 mg pro 100 g. Bauernspeck ist aufgrund seines Fettgehaltes eine gute Quelle für Vitamin D (1.7 µg pro 100 g); die anderen analysierten Rohpökelwaren wiesen nur Spuren von Vitamin D auf. Coppa ist dafür eine gute Quelle für Pantothersäure (2.4 mg pro 100 g). Die analysierten Rohpökelwaren sind keine guten Quellen für die Vitamine A, B2, C, E, K und Biotin. Rohpökelwaren enthielten aber wertvolle Mengen an Phosphor (0.21-0.33 g pro 100 g), Kalium (0.40-0.64 g pro 100 g), Zink (bis zu

6.5 mg pro 100 g), Eisen (bis zu 4.0 mg pro 100 g), Selen (rund 14 µg pro 100 g; Ausnahme Bauernspeck: 9.6 µg pro 100 g). Sie enthielten jedoch nur geringe Mengen an Magnesium, Kalzium, Kupfer und Mangan. Der Salzgehalt der analysierten Rohpökelfleischwaren lag bei 3.9-4.7 g pro 100 g, womit Rohpökelfleischwaren wie die Rohwürste zu den sehr salzreichen Lebensmitteln gehören. Die Analyse der Fettsäurezusammensetzung von Rohpökelfleischwaren ergab 42-49% SFA (v.a. Palmitin- und Stearinsäure), 45-51% MUFA (v.a. Ölsäure) und 6-9% PUFA (v.a. Linolsäure). Das Verhältnis zwischen Omega-6- und Omega-3-Fettsäuren lag nur bei den rindfleischbasierten Sorten Mostbröckli und Trockenfleisch im Rahmen der Empfehlungen (unter 5:1).

Schlussfolgerungen: Die Analysen ergaben hohe Proteingehalte und grosse, sortenabhängige Unterschiede in den Fettgehalten. In den Schweinefleischprodukten Rohschinken, Coppa und Bauernspeck wurden wertvolle Mengen an Thiamin, Niacin und Phosphor nachgewiesen. Bei den Rindfleischprodukten Mostbröckli und Trockenfleisch sind v.a. die Konzentrationen an Vitamin B12, Niacin, Phosphor, Eisen und Zink erwähnenswert. Bei allen untersuchten Produkten fand sich herstellungsbedingt allerdings ein hoher Salzgehalt.

Pökelsalz in Fleischprodukten

Lebensmitteltechnologische Bedeutung

In der Fleischverarbeitung wurden Nitrat und Nitrit ursprünglich v.a. aufgrund der konservierenden Wirkung des Nitrits (v.a. gegen Botulismus sowie gram-negative Bakterien wie Salmonellen) zur Haltbarmachung von Fleischerzeugnissen eingesetzt [Hadorn 2008]. Aufgrund der technologischen Fortschritte im Hygienebereich wurde die Bedeutung der Konservierung zunehmend durch die Aspekte der Farbe („Pökelfarbe“), des Pökelaromas und der antioxidativen Eigenschaften von Nitrit (v.a. gegenüber der Oxidation von Fetten und von Cholesterin) abgelöst [Hadorn 2008, Schlüchter et al. 2009].

Nitrat gelangt grundsätzlich bei ausgereiften, schnittfesten Rohwürsten sowie bei Rohpökelfleischwaren zum Einsatz. Bei den übrigen gepökelten Fleischerzeugnissen (v.a. Brühwürste, ungeriffelte Rohwürste, Kochpökelfleischwaren) wird Nitrit aus herstellungsbedingten Gründen in Form von Nitritpökelsalz zugesetzt [Hadorn 2008].

Gesundheitliche Bedeutung

Im Zusammenhang mit dem Einsatz von Nitrat bzw. Nitrit zwecks Pökelfleischwaren wird immer wieder die Bildung von krebserregenden Nitrosaminen thematisiert [Hadorn 2008, Schlüchter et al. 2009].

Die Bildung von Nitrosaminen in Fleischprodukten ist allerdings an verschiedene Bedingungen geknüpft [Hadorn 2008]:

- Zugabe von Nitrat bzw. Nitrit – es sind also nur umgerötete Fleischprodukte betroffen.
- Bildung von sekundären Aminen – frisches Fleisch als Rohmaterial ist also nicht betroffen.
- pH-Wert unter 5.5 – es sind also nur fermentierte Produkte betroffen.
- hohe Temperaturen bei der Herstellung (> 130°C) oder lange Lagerzeit bei Raumtemperatur – trifft also nur zu beim Braten, Grillieren oder bei langer Reifung

Mit einer fachgerechten Herstellung bzw. Zubereitung kann das Risiko der Nitrosaminbildung reduziert werden. Dazu gehört auch der Einsatz von Ascorbaten (Salze der Ascorbinsäure), welche die Bildung von Nitrosaminen hemmen und daher als Umrötehilfsstoffe eingesetzt werden. Schliesslich darf nicht vergessen werden, dass Nitrit aus der Nahrung weniger als 10% der Belastung des Stoffwechsels ausmacht [Hadorn 2008].

Zu hohe Zugabemengen an Nitrat bzw. Nitrit können auch zur Entstehung von Blausucht (Cyanose) führen, da der Sauerstofftransport des Blutes behindert wird. Dies ist v.a. für Säuglinge und Kleinkinder von Bedeutung, weil sie besonders empfindlich auf Nitrit reagieren. Weiter gibt es auch Hinweise, dass Nitrit in hohen Dosen als Nervengift wirken kann [Hadorn 2008].

Auf der anderen Seite könnte Nitrat aus Gemüse und Salaten auch mit positiven Wirkungen in Bezug auf die menschliche Gesundheit verbunden sein. Dies wird darauf zurückgeführt, dass Nitrat über Nitrit zu Stickstoffmonoxid umgebaut werden kann. Stickstoffmonoxid wirkt durchblutungsfördernd, ist positiv für die Wundheilung, wirkt als Neurotransmitter im Hirn und stärkt die Immunabwehr. Unter optimalen Herstellungs- und Zubereitungsbedingungen sind diese Wirkungen auch bei umgeröteten Fleischprodukten zu erwarten [Hadorn 2008].

Rechtliche Bestimmungen

Die Schweizerische Zusatzstoffverordnung gibt maximale Höchstmengen für Nitrat und Nitrit vor, die bei der Herstellung von Fleischprodukten zugesetzt werden dürfen. Nitrat und Nitrit sind ausschliesslich in der Klasse der Konservierungs- und Antioxidationsmittel als Zusatzstoffe zugelassen [Hadorn 2008].

Gemüsepulver als Salpetersatz in Rohwürsten? [Schlüchter et al. 2009]

Ziele: Die Studie untersuchte, ob und in welchen Konzentrationen sich Salpeter und Gemüsepulver als Nitratquellen zur Herstellung von Salami eignen.

Material und Methode: Für die Herstellung der Versuchssalami wurden als Nitratquellen Kaliumnitrat (Salpeter) und Gemüsepulver eingesetzt. Es wurden jeweils sieben Varianten mit unterschiedlichen Nitratdosierungen beider Zutaten hergestellt, wobei pro Dosierung bei beiden Zutaten jeweils dieselbe Menge eingesetzt wurde (umgerechnet auf Natriumnitrit). Die Salami wurden 5 Wochen nach ihrer Herstellung auf ihre mikrobiologischen und chemisch-physikalischen Merkmale hin untersucht. Die sensorische Beurteilung erfolgte durch ein geschultes Panel.

Resultate: Die mikrobiologische Qualität aller Produkte erwies sich als einwandfrei – auch bei der tiefsten Dosierung (10 mg Natriumnitrit pro kg). Zwischen den einzelnen Salamivarianten konnten nur geringe Farbunterschiede beobachtet werden; die Salami mit Gemüsepulver waren vergleichsweise geringfügig dunkler. Die grösste Auswirkung der verschiedenen Nitratquellen wurde bei der instrumentellen Schälbarkeit der Salami festgestellt: Die Produkte mit Gemüsepulverzugabe waren deutlich weniger gut schälbar. Die sensorische Beurteilung ergab nur bei den Attributen Festigkeit und Fettigkeit (Mundgefühl) signifikante Unterschiede: Die mit Gemüsepulver hergestellten Salami wurden als fester und weniger fettend (bzw. rauer) beurteilt. Ein deutlich erhöhter Restnitratgehalt war in den gereiften Produkten nur bei der höchsten Dosierung an Gemüsepulver festzustellen.

Schlussfolgerungen: Bei der Rohwurstherstellung ist der Ersatz von Salpeter als Nitratquelle durch ein nitrathaltiges Gemüsepulver durchaus möglich. Hohe Dosierungen von Gemüsepulver führten jedoch zu Qualitätseinbussen. Über den vermehrten Ersatz von Salpeter durch Gemüsepulver wird voraussichtlich die zukünftige Ausgestaltung der Deklarationsvorschriften entscheiden. Wird die Deklaration der Nitratzugabe in der EU zwingend (wie dies

derzeit diskutiert wird¹⁶), verliert die Angabe „mit Gemüsepulver hergestellt“ ihre verschiedentlich hinterfragte Unverfänglichkeit gegenüber den Konsumenten, so dass der Einsatz von Salpeter als Nitratquelle aufgrund der bekannten Vorteile in der Praxis mit grosser Wahrscheinlichkeit die Regel bleiben dürfte.

Salzreduzierte Fleischprodukte

Herstellung von salzreduzierten Lyonern ohne Zusatzstoffe mit E-Nummern [Suter & Hadorn 2006, Suter & Hadorn 2007]

Ziele: Die Studie untersuchte die Herstellung von salzreduzierten Brühwürsten ohne als E-Nummern zu deklarierende Zusatzstoffe. Weiter wurde untersucht, inwieweit sich der Speisesalzgehalt einer Brühwurst reduzieren lässt, ohne dass sich technologische bzw. sensorische Nachteile im Hinblick auf das Endprodukt ergeben.

Material und Methode: Es wurden zwei Lösungsansätze kombiniert angewandt: 1) Anpassung des Herstellungsverfahrens, damit sich die Zugabe von Zusatzstoffen erübrigte (Stabilisatoren und Geschmacksverstärker); 2) Einsatz alternativer Zusatzstoffe, welche gewisse Stoffe natürlicherweise enthalten und daher nicht über eine E-Nummer zu kennzeichnen sind (Nitrat aus Gemüsepulver, Ascorbinsäure aus der Acerolakirsche). Es wurden zwei Serien à je 12 verschiedenen Lyonern entsprechend einer Grundrezeptur und unter Zugabe von Zusatzstoffen und Salz hergestellt (unterschiedliche Zugabemengen). Diese wurden diversen physikalisch-chemischen Tests, chemischen Analysen, mikrobiellen Untersuchungen, einer sensorischen Prüfung sowie einer visuellen Beurteilung unterzogen.

Resultate: Mit der Reduktion der Salzzugabemenge senkte sich auch das Wasserbindungsvermögen des Bräts, wodurch sich zwischen Brät und Wursthülle sowie im Innern der eigentlichen Wurstmasse Gelee bildete. Dieses Gelee erleichterte die Schälung und erhöhte die Schnittfestigkeit der Wurstmasse. Der Trockensubstanz-, der Fett- und der Rohproteingehalt stiegen in der eigentlichen Wurstmasse an, da sich deren Wassergehalt durch die Geleebildung reduzierte. Die Wahl der Zusatzstoffe beeinflusste die Umrötung und damit die Farbe wesentlich. Mit keiner der eingesetzten Zusatzstoffkombinationen konnte eine derart ausgeprägte Rosafärbung wie mit Nitritpökelsalz erreicht werden. Durch den Einsatz von Gemüsepulvern, welche zum Hauptteil aus Kohlenhydraten bestehen und mineralstoffreich sind, wurde der Gehalt an Gesamtzucker, Kalzium und Kalium bei einigen Verfahren erhöht. In der sensorischen Beurteilung wurden keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Lyonern erkannt. Bei allen Lyonern war die mikrobiologische Sicherheit auch nach der Lagerung während 42 Tagen bei 4°C gewährleistet. Die Nitrat- und Nitritgehalte lagen bei allen Produkten im gesetzlichen Rahmen.

Schlussfolgerungen: Durch die Zugabe eines stark nitrathaltigen Gemüsepulvers (mit einem Gehalt von 40 mg Natriumnitrit pro kg Brät) als Ersatz für Nitritpökelsalz, die gleichzeitige Verwendung einer Starterkultur, welche das Nitrat zu Nitrit umwandelt, und durch die Auswahl der richtigen Umrötungsbedingungen kann eine totale Umrötung erreicht werden. Zur Verbesserung der technologischen Eigenschaften des Bräts wäre eine hohe Salzzugabemenge wünschenswert; aus gesundheitlichen und sensorischen Gründen muss sie jedoch auf 1.6-1.8 g pro kg Brät eingestellt werden. Eine weitere Verringerung der Speisesalzzugabe erweist sich ohne Zusatz von Phosphaten aus technologischen Gründen jedoch als äus-

¹⁶ Diskussionen sind aktuell noch im Gange.

serst nachteilig. Das ascorbinsäurehaltige Pulver der Acerolakirsche kann Ascorbinsäure und Natriumascorbat sowohl in technologischer als auch in sensorischer Hinsicht ersetzen.

Fette, Fettsäuren und fettähnliche Substanzen

Fleisch und Fleischprodukte machen basierend auf Verbrauchsdaten durchschnittlich rund 17% der Gesamtfettaufnahme in der Schweiz aus [Hadorn et al. 2007b, Schmid 2011]. Der Fettgehalt von Fleischprodukten schwankt stark: Bei Rohpökelfleisch schwankt er zwischen 5 bis fast 50 g pro 100 g, bei Rohwürsten liegen die Schwankungen nur zwischen 30-40 g pro 100 g und bei Brühwürsten zwischen 20-30 g pro 100 g [Schmid 2011].

Schweizer Brühwürste enthalten in diesem Sinne zwar nennenswerte Fettmengen, doch der Anteil an MUFA und PUFA ist nicht zu vernachlässigen. Der PUFA-Gehalt in Brühwürsten ist aus technischen Gründen allerdings meist auf 10% der Fettsäuren limitiert [Schmid et al. 2009a, Schmid 2011]. Für die Verarbeitung von Fleisch zu Fleischprodukten ist ein hoher Gehalt an PUFA in Fleisch nämlich nicht vorteilhaft (reduzierte oxidative Stabilität, weichere Textur) – auch wenn ein solcher aus ernährungsphysiologischer Sicht positiv zu werten wäre [Wehrmüller et al. 2008b, Schmid 2011, Schmid et al. *in press*].

Die TFA-Gehalte von Fleischprodukten schwanken zwischen 0.2% (Kochschinken) und 0.7% (Salami), wobei die C18:1 trans-Isomere dominieren. Da die CLA während der Fleischverarbeitung und -lagerung nicht zerstört werden, korrelieren die CLA-Gehalte von Fleischprodukten gut mit denen des Rohmaterials [Schmid 2011].

Die Fettsäurenkonzentration und -zusammensetzung von Schweinefett hängen stark mit der Fütterung zusammen, da die Fettsäuren aus der Nahrung bei Monogastern meist unverändert in Fett und Fleisch gelangen [Schmid et al. 2009a, Schmid et al. 2011].

Fettsäurenzusammensetzung diverser Schweizer Brühwürste [Schmid et al. 2009a]

Ziele: Die Studie liefert erstmals umfassende analytische Daten zur Fettsäurenzusammensetzung Schweizer Brühwürste.

Material und Methode: In den Jahren 2006 und 2007 wurden folgende acht Schweizer Brühwurstsorten analysiert (jeweils fünf pro Sorte): Kalbsbratwurst, Cervelat, Wienerli, Lyoner, Fleischkäse, Schweinsbratwurst, Schweinswurst und Geflügellyoner. Die Fettsäuren wurden mittels Gaschromatographie und die CLA-Isomere mittels Silberionen-HPLC bestimmt.

Resultate: Der Fettgehalt lag bei 15.8 g (Geflügellyoner) bis 22.6 g (Fleischkäse) pro 100 g Wurst. Die SFA machten rund 40% der Fettsäuren aus, die MUFA rund 46-50% und die PUFA rund 9%. Die Geflügellyoner hob sich mit 32.4% SFA und 14.8% PUFA von den anderen Brühwurstsorten ab. Das Verhältnis zwischen Omega-6- und Omega-3-Fettsäuren lag zwischen 7.5 und 8.4:1. Die CLA-Gehalte lagen bei 22.1 mg (Geflügellyoner) bis 78.9 mg (Kalbsbratwurst) pro 100 g, wobei das Isomer C18:2 cis-9, trans-11 dominierte. Die Gehalte an Transfettsäuren (ohne CLA) lagen bei 0.18 g (Geflügellyoner, Schweinsbratwurst) bis 0.30 g (Kalbsbratwurst) pro 100 g, wobei die beiden Isomere C18:1 trans-10 und C18:1 trans-11 dominierten.

Schlussfolgerungen: Die verschiedenen Brühwurstsorten hatten ein sehr ähnliches Fettsäurenmuster, das sich nur leicht unterschied in Abhängigkeit von der Fettquelle bzw. Tierart

sowie von der Rezeptur. Die Geflügellyoner wies im Vergleich zu den anderen analysierten Brühwurstsorten den tiefsten Fettgehalt und das vorteilhafteste Fettsäurenmuster auf (tiefste SFA- und höchste PUFA-Gehalte).

Fettreduzierte Fleischprodukte

Inulin eignet sich als Fettersatzstoff in Wurstwaren (siehe auch Kapitel 1.2.2).

Inulin zur Fettreduktion in Lyonern geeignet? [Hadorn et al. 2007a]
Fettreduktion in Brühwürsten [Hadorn et al. 2007b]

Ausgangslage: Die fleischverarbeitende Branche ist bestrebt, fettreduzierte Fleischprodukte anzubieten, die dem verbreiteten Wunsch der Konsumentenschaft nach fettarmen Produkten gerecht werden. Ziel ist es, mit den normalen Produkten vergleichbare, fettreduzierte Erzeugnisse auf den Markt zu bringen, ohne die positiven Effekte des Fettes hinsichtlich Geschmack und Textur zu vernachlässigen.

Ziele: Das Ziel der vorliegenden Studie bestand darin, verschiedene Möglichkeiten des Einsatzes von Inulin (teils kombiniert mit Weizenfasern) zur Fettreduktion in Lyonern hinsichtlich Sensorik, Nährstoffgehalten, physikalischen und technologischen Merkmalen sowie Wirtschaftlichkeit direkt miteinander zu vergleichen. Die Weizenfasern wurden zwecks Verbesserung der Textur sowie des aus diätetischen Gründen begrenzten Einsatzes von Inulin (Blähungen) miteinbezogen.

Material und Methode: In einem Versuch mit Lyonern wurden neben einer Kontrolle aus 46% Fleisch (Kalb, Schwein), 22% Speck und 22% Eiswasser in drei Versuchsverfahren jeweils 15% Speck wie folgt ersetzt: 15% Inulingel (Verfahren 1), 7.5% Inulinpulver und 7.5% Eiswasser (Verfahren 2) sowie 4.5% Inulinpulver, 1% Weizenfasern und 9.5% Eiswasser (Verfahren 3). Im Verfahren oS-ol (Verfahren 4) erfolgte schliesslich ein Austausch des gesamten Speckanteils von 22% durch eine anteilsweise Erhöhung der übrigen Komponenten, ohne dass Inulin zugesetzt wurde. Die berechnete Fettreduktion betrug 40%. Zur sensorischen Untersuchung der Proben wurden einerseits ein Beliebtheitstest mit 147 Personen (Skala von 1 bis 9) und andererseits eine beschreibende Prüfung mit einem achtköpfigen geschulten Panel durchgeführt (10-Punkte-Skala für die Attribute Aussehen, Flavour¹⁷, Textur).

Resultate: Der partielle Ersatz des Specks führte zu einer Fettreduktion von 43-52%, während der pH-Wert mit 6.0 sowie der Geleeanteil von <0.2% einheitlich ausfielen. Bei der Farbmessung zeigten sich nur geringe verfahrensbedingte Unterschiede. Bezüglich Schnittfestigkeit und Biss ergab sich folgende Reihenfolge: Kontrolle > Verfahren 4 > Inulinverfahren (Verfahren 1-3). Die Lyoner wurden im Beliebtheitstest mit einer mittleren Note von 5.3 ± 1.9 generell als weder gut noch schlecht eingestuft; nur zwischen den Verfahren 2 und 3 zeigte sich ein signifikanter Unterschied. Die fünf Lyoner-Verfahren zeigten unterschiedliche sensorische Profile; signifikante Unterschiede wurden betreffend Aroma, Farbe, Festigkeit, Knackigkeit, Saftigkeit, Sandigkeit und Fettigkeit festgestellt. Der Ersatz des Specks führte in den drei Inulinverfahren (Verfahren 1-3) zu einer Erhöhung der direkten Herstellungskosten um 1.4-2.6 % und im Verfahren 4 um eine solche von 4.8%.

¹⁷ Unter Flavour versteht man den Gesamtsinneseindruck, der beim Verzehr durch das Zusammenwirken von Geschmacks-, Geruchs- und Tastempfinden entsteht [Schlichtherle-Cerny 2009].

Schlussfolgerungen: Eine Fettreduktion um 40% ist bei Lyonern ohne sensorische Nachteile möglich; dies bei einer moderaten Erhöhung der Herstellungskosten von bis zu 5%. Allerdings ergaben sich bei der objektiven Untersuchung eine weichere Textur sowie Unterschiede in einzelnen sensorischen Merkmalen.

Fettreduktion in Salami möglich? [Brändli et al. 2010]

Ziele: Die Studie überprüfte einerseits, ob und inwieweit sich der Fettgehalt in Rohwürsten absenken lässt, und untersuchte andererseits, wie stark sich der Speckanteil durch die verbleibenden Hauptzutaten ersetzen lässt (d.h. durch Schweine- und Rindfleisch).

Material und Methode: Als Kontrolle und Ausgangsbasis für die übrigen Verfahren diente eine Referenz-Salami, die nach einer praxisüblichen Rezeptur hergestellt wurde. Für die Versuchsvarianten wurden verschiedene Fettersatzstoffe und Käsesorten in unterschiedlichen Mengen eingesetzt (Inulin, Weizenfasern, pflanzliche Fettemulsion, Gruyère, Schmelzkäse, Käse-Cordon-bleu). Zusätzlich wurde in einer Serie der Anteil des Rückenspecks (20% der Grundrezeptur) schrittweise abgesenkt und anteilmässig durch Schweine- und Rindfleisch ersetzt. Die verschiedenen Salami-Varianten wurden chemisch-analytisch, physikalisch-chemisch, mikrobiologisch und sensorisch untersucht, Letzteres durch ein geschultes Panel.

Resultate: Das Ausmass der Fettreduktion wurde stark von den jeweiligen Ersatzstoffen beeinflusst. Bei vollständigem Ersatz des Rückenspecks ergaben sich gegenüber der Kontrolle folgende Fettreduktionen: -65% beim Ersetzen des Specks durch Schweine- und Rindfleisch, -76% beim Einsatz von Inulin, -74% beim Einsatz von Weizenfasern, -45% beim Einsatz der pflanzlichen Fettemulsion, -50% beim Einsatz von Schmelzkäse, -46% beim Einsatz von Käse-Cordon-bleu und -33% beim Einsatz von Gruyère. Bei der sensorischen Beurteilung liessen sich bei den Attributen dunkler Rand und Fettverteilung sowie bei den geschmacksbezogenen Attributen keine signifikanten Unterschiede feststellen. Hingegen traten beim Schnittbild und bei den texturbezogenen Attributen signifikante Unterschiede auf, die physikalisch-chemisch teils bestätigt werden konnten. Die Varianten, in welchen der Rückenspeck durch 100% Weizenfasern bzw. 100% Schweine- und Rindfleisch ersetzt wurde, hatten eine sehr feste Konsistenz; bei der Variante mit 100% Weizenfasern resultierte zudem eine schlechtere Schälbarkeit. Die Salami-Varianten mit hohen Inulinanteilen bzw. mit Weizenfasern unterschieden sich aufgrund ihrer griessigen Konsistenz klar von den übrigen Varianten. Die Salami-Varianten mit Weizenfasern fielen zudem bei der Farbe und beim Schnittbild negativ auf. Als wichtigste Unterscheidungskriterien erwiesen sich bei den mit Hilfe einer elektronischen Nase bestimmten Aromaprofilen der Anteil des Speckersatzes sowie die Art des zugesetzten Käses. In den mikrobiologischen Untersuchungen wurden v.a. in den Varianten mit einzelnen Käsesorten verschiedene Verderbniserreger nachgewiesen. Je nach Art der gewählten Fettersatzstoffe muss der Prozesshygiene deshalb zusätzliche Beachtung geschenkt werden.

Schlussfolgerungen: Es gibt verschiedene Wege, um den Fettgehalt von Salami zu senken – allerdings bei um 10-25% erhöhten Herstellungskosten. Beim Ersatz durch Schweine- und Rindfleisch sind eine Speckreduktion bis zu 75% und eine Fettreduktion bis zu 60% möglich, ohne dass Unterschiede in Geruch und Geschmack feststellbar wären. Zur Speckreduktion über Fettersatzstoffe ist v.a. Inulin geeignet (Speckreduktion bis zu 50%); dabei ist eine Fettreduktion bis zu 75% möglich. Beim Ersatz durch Käse sind eine Speckreduktion bis zu 50% und je nach Käsesorte eine Fettreduktion bis zu 25% möglich – allerdings resultiert daraus je

nach Art der Zerkleinerung des Käses ein ungewohntes Schnittbild und es ist ein dominantes Aroma möglich. Ob und inwieweit sich die eine oder andere Alternative in der Praxis durchsetzen kann, wird sich noch zeigen.

Vitamine

Vitamine sind lebensnotwendige Stoffe, die vom menschlichen Organismus nicht oder nicht in ausreichender Menge hergestellt werden können und deshalb mit der Nahrung aufgenommen werden müssen [Schmid 2009h].

Neben Frischfleisch tragen auch Wurstwaren zur Deckung des Vitaminbedarfs bei. Allerdings gelten Wurstwaren aufgrund ihres hohen Salz- und Fettgehaltes nicht als erste Wahl, wenn es um die Deckung des Vitaminbedarfes geht [Schmid 2009h].

Wurstwaren-Beitrag zu Vitaminversorgung [Schmid 2009h]¹⁸

Ziele: Die Studie untersuchte verschiedene Roh- und Brühwurstsorten auf ihren Vitamingehalt und stellte die Vitamingehalte einer Portion à 50 g bzw. 100 g in Bezug auf die Zufuhrempfehlungen für einen Mann im Alter von 25 bis 51 Jahren dar.

Material und Methode: Folgende Würste wurden analysiert: Salami (2 Sorten), Landjäger, Salsiz, Saucisson vaudois, Minipic, Cervelat, Kalbsbratwurst, Wienerli, Schweinsbratwurst, Lyoner, Fleischkäse, Schweinswurst, Geflügellyoner. Pro Wurstsorte wurden jeweils 5 verschiedene Produkte analysiert (ausser bei Minipic, bei dem nur ein Produkt analysiert wurde).

Resultate: Würste leisten hauptsächlich bei den Vitaminen B12, D, Thiamin und Niacin einen nennenswerten Beitrag zur Vitaminversorgung. Die höchsten Thiaminkonzentrationen wurden erwartungsgemäss in Würsten mit hohem Schweinefleischanteil gefunden. Die besten Vitamin B12-Lieferanten sind Geflügellyoner, Schweinswurst, Wienerli und Kalbsbratwurst. Die relativ hohen Vitamin C-Gehalte in den meisten Brühwürsten und teils auch in den Rohwürsten sind darauf zurückzuführen, dass bei deren Herstellung Ascorbinsäure (= Vitamin C) bzw. dessen Salz Ascorbat als Antioxidans und Pökelformulierung zugesetzt wurden. Roh- und Brühwürste sind keine besonders guten Quellen für die Vitamine B2, B6, A, E, Biotin und Pantothenensäure.

Schlussfolgerungen: Roh- und Brühwürste sind aufgrund ihres Beitrages zur Vitaminversorgung Teil einer abwechslungsreichen Mischkost.

Eisenanreicherung

Es ist generell schwierig, Eisen zu Lebensmitteln hinzuzufügen und eine gute Absorption zu erwarten, denn Eisenverbindungen führen häufig zu unakzeptablen Farb- und Geschmacksveränderungen im angereicherten Lebensmittel. Ausserdem ist die Bioverfügbarkeit sehr unterschiedlich [Schmid 2009a].

¹⁸ Diese Studie ist ein Auszug aus den beiden Studien Schmid et al. 2009b sowie Schmid et al. *in press*.

Die Eisenanreicherung erfordert drei Grundsatzentscheide: die Wahl des besten Eisenpräparates (das im entsprechenden Lebensmittel die beste Bioverfügbarkeit zeigt, ohne dass organoleptische Veränderungen auftreten), die Optimierung der Eisenaufnahme aus dem Lebensmittel und den Nachweis der Wirksamkeit [Schmid 2009a].

Eine Eisenanreicherung von Hackfleisch mit getrocknetem Hämoglobinpulver scheint machbar, weshalb das gleiche allenfalls auch bei Brühwürsten erfolgreich sein könnte. Das Schweizer Gesetz erlaubt den Zusatz von Eisen zur Anreicherung von Brühwürsten. Nährwert- und gesundheitsbezogene Auslobungen wären je nach Gesamteisengehalt ebenfalls zulässig. Die einsetzbaren Eisenmengen (ohne organoleptische Veränderungen oder technische Probleme) müssten allerdings abgeklärt werden. Ferner ist zu überlegen, ob eine Eisenanreicherung bei Brühwürsten sinnvoll ist bzw. ob ein solches Produkt für die anvisierten Risikogruppen für einen Eisenmangel geeignet ist – was eher zu bezweifeln ist [Schmid 2009a].

2.2.3 Bioaktive Substanzen in Fleisch und Fleischprodukten

Unter bioaktiven Substanzen versteht man biologisch aktive gesundheitsfördernde Wirkstoffe in Nahrungsmitteln, die keinen Nährstoffcharakter haben und somit für den Menschen nicht lebensnotwendig sind. Bekannt sind v.a. die in pflanzlichen Lebensmitteln enthaltenen bioaktiven Substanzen – besser bekannt unter der Bezeichnung „sekundäre Pflanzenstoffe – wie beispielsweise die Polyphenole im grünen Tee oder das Lycopin in Tomaten [Schmid 2009b, Schmid 2009c, Schmid 2009d].

Aber auch Fleisch und Fleischprodukte sind Quelle verschiedenster bioaktiver Substanzen, wobei der Forschungsbedarf generell noch sehr gross ist: Carnosin und Anserin, L-Carnitin, Coenzym Q10, Glutathion, Kreatin, α -Liponsäure, Taurin, konjugierte Linolsäure (CLA) und bioaktive Peptide [Schmid 2009b, Schmid 2009c, Schmid 2009d].

Bedeutung

Bioaktive Substanzen wurden früher als antinutritive Inhaltsstoffe bezeichnet [Schmid 2009c]. Die Umbenennung erfolgte aufgrund ihrer vielfältigen Effekte zur Aufrechterhaltung der Körperfunktion und der menschlichen Gesundheit [Schmid 2009b, Schmid 2009c, Schmid 2009d].

Kommerzielle Produkte

Ihrer positiven Wirkungen wegen werden bioaktive Substanzen häufig als Nahrungsergänzungsmittel verkauft (z.B. L-Carnitin) oder in Functional Food (z.B. Taurin) oder Kosmetika (z.B. Coenzym Q10) zugesetzt. Die postulierten Wirkungen sind jedoch nicht immer so wissenschaftlich untermauert, wie die Produkthersteller das gerne behaupten [Schmid 2009d].

Carnosin und Anserin

Carnosin setzt sich aus den beiden Aminosäuren β -Alanin und L-Histidin zusammen. Es wird sowohl vom menschlichen Organismus selber hergestellt als auch mit der Nahrung aufgenommen [Schmid 2009b, Schmid 2009c, Schmid 2009d]. Der Carnosin-Gehalt im Körper beträgt 20 mmol pro kg Trockenmasse, wobei er altersabhängig abzunehmen scheint [Schmid 2009b, Schmid 2009c].

Anserin ist ein N-methyliertes Derivat von Carnosin [Schmid 2009b, Schmid 2009c].

Vorkommen

Carnosin findet sich nur in Fleisch, Geflügel und teilweise Fisch, jedoch nicht in pflanzlichen Nahrungsmitteln. Die höchsten Mengen sind in den Muskeln anzutreffen und zwar 190-350 mg Carnosin pro 100 g bzw. 30-145 mg Anserin pro 100 g je nach Muskel und Tierart [Schmid 2009b, Schmid 2009c, Schmid 2009d].

Bedeutung

Die Hauptfunktion von Carnosin ist noch nicht restlos geklärt. Carnosin und Anserin spielen als pH-Puffer eine grosse Rolle im Muskelgewebe und vergrössern damit die Fähigkeit zu anaeroben Leistungen. Carnosin und Anserin weisen ausserdem antioxidative Eigenschaften auf und blockieren die Bildung so genannter *Advanced Glycosylation Endproducts* (AGEs), die als Risikomarker für pathophysiologische Zustände bei altersabhängigen Krankheiten angesehen werden. Aufgrund dieser beiden Wirkungen werden Carnosin und Anserin gerne als „anti-aging Substanzen“ vermarktet. Die wissenschaftlichen Grundlagen für diese Anpreisung fehlen jedoch noch [Schmid 2009b, Schmid 2009c, Schmid 2009d].

Eine weitere Fähigkeit von Carnosin und Anserin besteht darin, stabile Verbindungen mit Metallionen wie z.B. Kupfer, Zink und Kobalt einzugehen. Diese Verbindungen weisen unterschiedliche biologische Funktionen auf und werden teilweise auch als Medikamente eingesetzt [Schmid 2009b, Schmid 2009c, Schmid 2009d]. Der Carnosin-Zink-Komplex mildert z.B. Magenschleimhautverletzungen und hemmt den hauptsächlichen Erreger für Magengeschwüre *Helicobacter pylori* [Schmid 2009b, Schmid 2009c].

Die Zugabe von Carnosin zu Fleischprodukten hemmt die Fettoxidation sowie die Bildung von Metmyoglobin, wodurch eine Stabilisierung von Farbe und Geschmack eintritt und sich die Lagerfähigkeit verbessert [Schmid 2009b, Schmid 2009c, Schmid 2009d].

L-Carnitin

L-Carnitin ist ein kleines Molekül, das beim Menschen in fast allen Zellen zu finden ist [Schmid 2009b, Schmid 2009d]. Es wird im menschlichen Organismus aus den beiden essentiellen Aminosäuren Lysin und Methionin synthetisiert, wobei die Eigensynthese etwa 25% des Körperpools ausmacht. Der Rest wird über die Nahrung aufgenommen [Schmid 2009b, Schmid 2009c].

Vorkommen

In der Nahrung findet sich L-Carnitin hauptsächlich in rotem Fleisch, Fisch und Milchprodukten. Fleisch und Fleischprodukte sind die Hauptquelle; sie enthalten 6.5-87.5 mg L-Carnitin pro 100 g, wobei Rind- und Kalbfleisch höhere Gehalte aufweisen als Schweine-, Lamm- und Geflügelfleisch. Weder das Erhitzen des Fleisches noch das Einfrieren haben einen Einfluss auf den L-Carnitin-Gehalt [Schmid 2009b, Schmid 2009c, Schmid 2009d].

Aufnahme

Die Aufnahme von L-Carnitin beträgt durchschnittlich 76.5 mg pro Tag, wie Verzehrsangaben aus Frankreich zeigten [Schmid 2009b, Schmid 2009c].

Die Absorptionsrate von L-Carnitin beträgt rund 65-75% [Schmid 2009b, Schmid 2009c].

Bedeutung

L-Carnitin spielt eine wichtige Rolle im Fettstoffwechsel, denn es transportiert die langkettigen Fettsäuren in die Mitochondrien der Muskel- und Leberzellen, wo sie zur Energiegewinnung abgebaut werden (Oxidation). L-Carnitin wird deshalb häufig als Nahrungsergänzung zum Ankurbeln der „Fettverbrennung“ angepriesen, hauptsächlich im Rahmen von Diäten zur Gewichtsreduktion oder im Sport zur Leistungsförderung. Dies ist jedoch bei den meisten Menschen nicht erfolgversprechend, da L-Carnitin aufgrund der Eigensynthese im menschlichen Körper sowie aufgrund der Zufuhr über die Nahrung normalerweise in genügenden Mengen zur Verfügung steht und eine weitere Ergänzung keine zusätzlichen Effekte mit sich bringt [Schmid 2009b, Schmid 2009c, Schmid 2009d].

Coenzym Q10

Coenzym Q10 (Ubichinon) wird vom Menschen selber produziert, aber auch aus der Nahrung aufgenommen. Die Eigensynthese des Organismus und der Verzehr einer abwechslungsreichen Mischkost führen beim gesunden Menschen normalerweise zu einer guten Coenzym Q10-Versorgung [Schmid 2009b, Schmid 2009c, Schmid 2009d]. Die Gehalte im Körper belaufen sich auf durchschnittlich 1.0-1.5 g Coenzym Q10, könnten mit zunehmendem Alter aber möglicherweise zurückgehen [Schmid 2009b, Schmid 2009c].

Vorkommen

Coenzym Q10 kommt in den meisten Lebensmitteln vor; seine Bioverfügbarkeit scheint jedoch relativ gering zu sein (rund 10%). Die höchsten Konzentrationen finden sich in Fleisch und Fisch; Frischfleisch und Leber enthalten rund 1.4-4.6 mg Coenzym Q10 pro 100 g. Das Zubereiten des Fleisches kann zu einem Verlust von Coenzym Q10 zwischen 15-32% führen, wobei dies noch nicht sicher fest steht [Schmid 2009b, Schmid 2009c, Schmid 2009d].

Empfehlungen

Für Coenzym Q10 gibt es keine Aufnahmeempfehlungen; bisher konnten bei ansonsten gesunden Menschen keine Mangelsymptome nachgewiesen werden. Eine Supplementierung bis zu 1200 mg pro Tag für Erwachsene und bis zu 10 mg pro kg und Tag für Kinder wird als sicher angesehen [Schmid 2009b, Schmid 2009c].

Aufnahme

Frauen nehmen über die Nahrung täglich rund 3.8 mg und Männer rund 5.4 mg Coenzym Q10 auf, wie eine finnische Studie zeigte [Schmid 2009b, Schmid 2009c, Schmid 2009d]. Eine dänische Untersuchung kam auf ähnliche Aufnahmemengen (3-5 mg pro Tag) [Schmid 2009b, Schmid 2009c].

Bedeutung

Coenzym Q10 hat eine zentrale Funktion beim Elektronentransport innerhalb der mitochondrialen Atmungskette und ist insofern wichtig für die Energieproduktion in den Zellen. Da es ausserdem ein sehr wirksames Antioxidans ist, verhindert es im menschlichen Organismus auch die Oxidation von Fetten, Proteinen und der DNA. Hinzu kommt, dass es bei der Regeneration anderer Antioxidantien wie z.B. Vitamin E eine wichtige Rolle spielt. Weil dadurch der oxidative Stress insgesamt verringert wird, schreibt man Coenzym Q10 einen positiven Einfluss auf den Alterungsprozess zu, was jedoch noch kontrovers diskutiert wird [Schmid 2009c, Schmid 2009d]. Generell liegt die für eine positive Wirkung benötigte Menge

an Coenzym Q10 (>100 mg pro Tag) um einiges höher als über die Nahrung zugeführt werden kann [Schmid 2009b, Schmid 2009c].

Glutathion

Glutathion ist ein Tripeptid, das aus den drei Aminosäuren Glutaminsäure, Cystein und Glycin gebildet wird und in den meisten Pflanzen- und Mikroorganismenzellen sowie in allen Säugetierzellen vorkommt [Schmid 2009b, Schmid 2009c].

Vorkommen

Frischfleisch liefert relativ viel Glutathion. Früchte und Gemüse weisen mittlere bis hohe Glutathionkonzentrationen auf. Milchprodukte, Getreide und Brot liefern eher geringe Mengen [Schmid 2009b, Schmid 2009c].

Über die Nahrung zugeführtes Glutathion gelangt allerdings nur sehr eingeschränkt bis gar nicht in die Zellen, da es vorher in seine Aminosäurenbestandteile zerlegt wird. Diese dienen jedoch als Substrate für die Eigensynthese. Genauso wichtig wie der Glutathiongehalt von Lebensmitteln ist deshalb das Vorhandensein von Cystein [Schmid 2009b, Schmid 2009c].

Bedeutung

Glutathion ist ein wichtiges Antioxidans, das eine Rolle bei der Entgiftung und Eliminierung von Karzinogenen und Toxinen spielt. Glutathion ist in verschiedene weitere biologische Prozesse involviert: bei der Synthese von Gewebshormonen, bei der Regulation der Genexpression, bei der DNA- und Proteinsynthese, bei der Immunabwehr, beim Zellwachstum und Zelltod sowie bei der Signalübermittlung. Aufgrund dieser Funktionen spielt Glutathion auch eine Rolle bei der Entwicklung bzw. Prävention von Krebs, Alzheimer, Parkinson, AIDS, Herzinfarkt, Schlaganfall und anderen Krankheiten [Schmid 2009b, Schmid 2009c].

Kreatin

Der menschliche Organismus produziert aus den Aminosäuren Glycin, Arginin und Methionin normalerweise selber 1-2 g Kreatin pro Tag [Schmid 2009b, Schmid 2009c, Schmid 2009d]. Der Körperpool an Kreatin liegt bei einem durchschnittlichen Mann bei rund 120 g [Schmid 2009b, Schmid 2009c].

Vorkommen

Kreatin ist v.a. in Fleisch, Fisch und anderen tierischen Produkten enthalten. Rindfleisch enthält 260-400 mg Kreatin pro 100 g, Lammfleisch 280-510 mg, Schweinefleisch 250-370 mg und Fisch 200-1000 mg. Das Kochen hat einen grossen Einfluss auf die Kreatingehalte: Je länger die Kochdauer, desto grösser der Kreatinverlust [Schmid 2009b, Schmid 2009c, Schmid 2009d]. Das Produktionssystem hat hingegen keinen Einfluss auf den Kreatingehalt von Rindfleisch [Schmid 2009b, Schmid 2009c].

Aufnahme

Über die Ernährung werden durchschnittlich rund 1-2 g Kreatin aufgenommen [Schmid 2009b, Schmid 2009c, Schmid 2009d].

Bedeutung

Kreatin spielt eine wichtige Rolle in der Energiebereitstellung. Kreatinphosphat stellt eine Energiereserve dar, die bei körperlichen Belastungen schnell in Anspruch genommen werden kann und dann in Ruhezeiten wieder aufgefüllt wird. Sportler setzen deshalb Kreatin gerne als Nahrungsergänzungsmittel zur Steigerung der Leistungsfähigkeit ein. Die Muskelkraft und -leistung während kurzer Perioden maximaler Aktivität können damit auch tatsächlich erhöht werden, wobei die Wirkung bei Vegetariern oft viel deutlicher ausfällt als bei Fleischessern [Schmid 2009b, Schmid 2009c, Schmid 2009d]. Nur durch Fleischverzehr lässt sich die Wirkung einer Kreatinsupplementierung bei Sportlern jedoch nicht erreichen, denn auch die geringsten Dosen für eine erhöhte Leistungsfähigkeit (2 g pro Tag) liegen rund viermal höher als die höchsten Kreatingehalte in 100 g Fleisch [Schmid 2009b, Schmid 2009c].

α-Liponsäure

α-Liponsäure (auch Thioctsäure genannt) kann von allen Pflanzen, Tieren und auch vom Menschen in kleinen Mengen aus der kurzkettigen Fettsäure Caprylsäure selber synthetisiert werden [Schmid 2009b, Schmid 2009c].

Vorkommen

α-Liponsäure liegt in Lebensmitteln gebunden an die Aminosäure Lysin vor. Viele Lebensmittel enthalten α-Liponsäure; Gehaltsangaben sind jedoch praktisch keine verfügbar. Die Aufnahme von α-Liponsäure aus Lebensmitteln hat allerdings sowieso keine messbare Erhöhung freier α-Liponsäure in Plasma und Zellen zur Folge. Einzig hoch dosierte Supplemente in Form freier α-Liponsäure (mindestens 50 mg, einmalig verabreicht) führen vorübergehend zu einer signifikanten Konzentrationserhöhung [Schmid 2009b, Schmid 2009c].

Bedeutung

α-Liponsäure ist ein essentieller Co-Faktor für verschiedene Enzymkomplexe in den Mitochondrien, welche Reaktionen im Zusammenhang mit der Energieproduktion und dem Aminosäurenabbau katalysieren. α-Liponsäure wirkt auch als Radikalfänger und Antioxidans und kann im Körper vorhandene Antioxidantien wie z.B. Vitamin C und E oder Glutathion regenerieren. Letzteres wurde allerdings erst in-vitro¹⁹ nachgewiesen [Schmid 2009b, Schmid 2009c].

α-Liponsäure kann mit freien Metallionen wie z.B. Eisen und Kupfer zudem Komplexe bilden, wodurch oxidative Schäden verhindert werden. Dies könnte für die Prävention neurodegenerativer und anderer chronischer Krankheiten von Bedeutung sein. Da auch Schwermetalle gebunden werden können, hat α-Liponsäure auch ein therapeutisches Potential bei Schwermetallvergiftungen [Schmid 2009b, Schmid 2009c].

Taurin

Taurin ist eine schwefelhaltige Aminosäure, die im menschlichen Körper allerdings nicht für den Aufbau von Protein verwendet wird. Der Mensch vermag seinen Taurinbedarf durch Eigensynthese zu decken (aus Methionin und Cystein). Da Letztere jedoch eher gering ist, ist auch die Zufuhr mit der Nahrung von Bedeutung [Schmid 2009b, Schmid 2009c, Schmid 2009d]. Das im menschlichen Körper vorhandene Taurin stammt aus drei Quellen: aus der

¹⁹ Unter in-vitro-Studien versteht man Studien im Reagenzglas.

Nahrung, aus der körpereigenen Synthese in der Leber und anderen Geweben sowie aus der Rückabsorption in den Nieren. Die Gehalte im Körper belaufen sich auf rund 30-70 g Taurin [Schmid 2009b, Schmid 2009c].

Vorkommen

Taurin kommt nur in tierischen Lebensmitteln, nicht jedoch in pflanzlichen vor (ausser in einigen Algen und in der Kaktusfeige). Die höchsten Taurinmengen finden sich in Meeresfrüchten (z.B. Muscheln, Tintenfisch), aber auch Fleisch und Fisch enthalten grössere Mengen. 100 g Fleisch enthält je nach Tierart und Fleischstück zwischen rund 18 und 306 mg [Schmid 2009b, Schmid 2009c, Schmid 2009d]. Die Tauringehalte von Lebensmitteln werden durch Verarbeitungsprozesse und Kochmethoden beeinflusst [Schmid 2009b, Schmid 2009c].

Aufnahme

Die durchschnittliche Aufnahme von Taurin liegt bei 40-400 mg pro Tag [Schmid 2009b, Schmid 2009c, Schmid 2009d].

Bedeutung

Taurin spielt eine Rolle in vielen physiologischen Funktionen wie z.B. der Entwicklung der Augennetzhaut und des Nervensystems, der Modulation des Kalziumspiegels und der Immunfunktion. Es erhöht ausserdem die Stärke und Regelmässigkeit des Herzschlags. Taurin wird gerne „Energy Drinks“ und ähnlichen Produkten zugesetzt mit der Behauptung, es steigere die körperliche und geistige Leistungsfähigkeit. Bisher konnten diese Effekte jedoch noch nicht wissenschaftlich nachgewiesen werden [Schmid 2009b, Schmid 2009c, Schmid 2009d].

Konjugierte Linolsäuren (CLA)

Bei den konjugierten Linolsäuren (CLA) handelt es sich um eine Gruppe von speziellen Fettsäuren [Schmid 2009d].

Vorkommen

CLA finden sich praktisch nur in Wiederkäuerfett und damit hauptsächlich in Milch und Fleisch von Wiederkäuern. Die im Fleisch enthaltenen Mengen sind abhängig von Tierrasse und Fleischstück (je fettreicher desto höher die CLA-Gehalte) und werden durch die Fütterung stark beeinflusst. Rindfleisch enthält 1.2-10 mg pro g Fett, Lammfleisch 4.3-19 mg pro g Fett. Die CLA-Konzentrationen in Schweine-, Pferde und Hühnerfleisch liegen meist unter 1 mg pro g Fett [Schmid 2009b, Schmid 2009c, Schmid 2009d].

Der Mensch kann aus der Transfettsäure Vaccensäure CLA synthetisieren [Schmid 2009b, Schmid 2009c].

Für weitere Informationen über CLA wird auf Kapitel 1.1.1 verwiesen.

Bioaktive Peptide

Peptide entstehen beim Verdauungsprozess von Nahrungsproteinen im Magen-Darm-Trakt des Menschen durch Verdauungsenzyme. Die gleichen Vorgänge erfolgen auch bei der Fleischreifung. Zu den bioaktiven Peptiden zählen u.a. das Carnosin, Anserin und Glutathion [Schmid 2009b, Schmid 2009c].

Vorkommen

Aus Muskeln von Huhn und Schwein konnten blutdrucksenkende ACE-hemmende Peptide isoliert werden. Es ist allerdings nicht bekannt, ob diese auch natürlicherweise bei der Reifung oder Verarbeitung von Fleisch entstehen. Auch in frischem, gereiftem und gekochtem Rindfleisch konnten Peptide nachgewiesen werden (in unterschiedlichen Konzentrationen) – allerdings ist unklar, ob diese biologisch aktiv sind [Schmid 2009b, Schmid 2009c].

Bedeutung

Die vielfältigen Wirkungen bioaktiver Peptide in Milch und Milchprodukten sind gut untersucht (siehe Kapitel 1.1.2); in Bezug auf Fleisch weiss man hingegen noch wenig [Schmid 2009b, Schmid 2009d].

Für weitere Informationen über bioaktive Peptide wird auf Kapitel 1.1.2 verwiesen.

2.3 Sensorische Eigenschaften von Fleisch

Zu den wichtigen qualitätsbestimmenden Kriterien für die Lebensmittelwahl zählt aus Konsumentensicht der Genusswert. Dieser umfasst die Eindrücke, die beim Verzehr eines Lebensmittels mit den Sinnen wahrgenommen werden, und wird im Wesentlichen vom Flavour²⁰ bestimmt. Der Flavour wird nicht von einer einzigen Verbindung oder einer Verbindungsklasse allein hervorgerufen, sondern vom sensorischen Eindruck einer Vielzahl sehr verschiedener chemischer Verbindungen: flüchtige Aromastoffe, nichtflüchtige Geschmacksstoffe, synergistisch wirksame Verbindungen. Zur Analyse von Aroma- und Geschmacksstoffen werden chemisch-instrumentelle und sensorische Methoden miteinander kombiniert. [Schlichtherle-Cerny 2009].

Allerdings spielen beim Kaufentscheid eines Lebensmittels neben dem Genusswert bzw. den sensorischen Eigenschaften des Lebensmittels eine Reihe weiterer Faktoren eine wichtige Rolle: z.B. Kauf- und Konsumgewohnheiten, Erfahrungen, Sehnsüchte, Erinnerungen und Erwartungen. Ein ernährungsphysiologisch ausgewogen zusammengesetztes Produkt, das den Erwartungen der Konsumenten in Bezug auf Geschmack, Aroma und Textur nicht entspricht, wird von ihnen nicht akzeptiert werden [Piccinali 2010].

Lebensmittelsensorik

Die Lebensmittelsensorik ist eine Wissenschaft, die sich mit der menschlichen Wahrnehmung von Produkteigenschaften von Lebensmitteln durch die Sinne befasst. Sie misst, analysiert und interpretiert affektive (Wie gern habe ich ein Produkt?) und objektive (Welches sind die sensorischen Eigenschaften eines bestimmten Produktes? Wie unterscheidet sich ein Produkt vom anderen?) Reaktionen auf Produkteigenschaften. Sie wird heute in der Qualitätskontrolle sowie in der Lebensmittelherstellung und -vermarktung eingesetzt [Piccinali 2010].

Flavour

Rohes Fleisch besitzt nur einen schwachen, blutähnlichen und leicht salzigen Geruch und Geschmack. Erst beim Erhitzen bildet sich infolge eines ausgewogenen Zusammenspiels

²⁰ Unter Flavour versteht man den Gesamtsinneseindruck, der beim Verzehr durch das Zusammenwirken von Geschmacks-, Geruchs- und Tastempfinden entsteht [Schlichtherle-Cerny 2009].

von Fettabbau, Thiaminabbau und Maillard-Reaktion zwischen den fleischeigenen Zuckern und Aminosäuren ein intensives, typisches Fleischaroma. Geschmacksgebend sind hauptsächlich umami (bouillonartiger Fleischgeschmack aufgrund der Nukleotide IMP und AMP sowie der freien Glutaminsäure) und leicht saure Komponenten (Milchsäure, Bernsteinsäure, Carnosin). Die tierartspezifischen Aromanoten stammen v.a. aus dem Fett, während sich der Fleischgrundgeschmack aus dem mageren Fleischanteil bildet [Schlichtherle-Cerny 2009].

Rindfleisch ist in Bezug auf Flavour die am intensivsten untersuchte Fleischart. Die schwefelhaltigen Verbindungen gelten als Schlüsselaromastoffe für gekochtes Rindfleisch; sie tragen bereits in Spurenkonzentrationen zum typischen fleischartigen Aroma bei. Dagegen zeichnet sich gebratenes Rindfleisch eher durch röstig-herbe, röstig-karamellartige und daneben durch fettähnliche Aromanoten aus. Bei geschmortem Rindfleisch treten karamellartige, würzartige und röstige Noten in den Vordergrund; daneben spielen auch Lipidabbauprodukte eine wichtige Rolle für das Aroma. Die fettig riechende verzweigt-kettige Carbonylverbindung scheint charakteristisch für erhitztes Wiederkäuerfleisch zu sein. Sie wird vermutlich von der Pansenflora gebildet, vom Rind absorbiert und in die Muskelmembran eingebaut. Bei längerem Erhitzen wird sie daraus wieder freigesetzt [Schlichtherle-Cerny 2009].

Hühnerfleisch enthält im Vergleich zu Rind- und Schweinefleisch mehr ungesättigte Fettsäuren, v.a. mehr Linolsäure. Beim Erhitzen werden die Linolsäure und die Arachidonsäure teilweise oxidiert und es entstehen grün, zitrusartig und fettig riechende Verbindungen. Daneben zählen wie beim gekochten Rindfleisch die schwefelhaltigen Verbindungen zu den Schlüsselaromastoffen von gekochtem Hühnerfleisch. Bei gebratenem Hühnerfleisch prägen karamellartige, fleischige und zitrusartig-fettig riechende Lipidabbauprodukte das Aromaprofil. Gebratene Hühnerhaut zeichnet sich durch ein sehr röstiges Aroma aus, das von süsslich-karamellartig und von zitrusartig, fettig und grün riechenden Komponenten abgerundet wird [Schlichtherle-Cerny 2009].

Im Aroma von gehacktem Schweinefleisch machen Fettabbauprodukte die Hauptkomponenten aus; in gegrilltem Schweinefleisch dominieren herb-röstige Aromastoffe, die auch bei Rindfleisch eine Rolle spielen. Im Aroma von gekochtem Schweinefleisch spielen wieder stärker ausgeprägte fleischige Schwefelkomponenten sowie karamellartige und fettige Verbindungen eine wichtige Rolle. Bei Schweinefleisch fehlt die für Rindfleisch typische bouillonartig-fettig riechende länger-kettige Carbonylverbindung. Gepökelttes Schweinefleisch enthält weniger Lipidoxidaionsprodukte als ungepökelttes. Das typische Pökelaroma wird durch das Zusammenwirken mehrerer Aromastoffe hervorgerufen. In Parmaschinken wurden karamellartig-röstig, fettig und phenolisch riechende Aromastoffe identifiziert [Schlichtherle-Cerny 2009].

Die Fütterung der Tiere hat ebenfalls einen Einfluss auf das Fleischaroma. Fleisch von mit Weidegras gefütterten Tieren hat oftmals einen intensiven grasigen Geschmack, der in Nordamerika als unangenehm empfunden wird. Ob dies für Europa bzw. die Schweiz auch gilt, ist allerdings unbekannt [Dufey et al. 2009].

Farbe

Eine auf Weidefutter basierende Fütterung im Talgebiet verleiht dem Fleisch eine dunklere Farbe [Dufey et al. 2009].

Zartheit

Die Fleischzartheit von Weidetieren ist aufgrund ihrer grösseren körperlichen Aktivität vermindert [Dufey et al. 2009].

Veau sous la mère (VSLM)

Der Verein „Mutterkuh Schweiz“ hat die Produktion „Veau sous la mère“ (VSLM) in der Schweiz unter dem Label „Natura-Veal“ lanciert [Messadene-Chelali et al. 2009].

Analyse descriptive de trois types de viande de veau et d'une viande de jeunes bovins élevés sous la mère [Messadene-Chelali et al. 2009]

Ziele: Die Studie untersuchte die sensorischen Unterschiede verschiedener Fleischtypen.

Material und Methode: Die Studie analysierte vier verschiedene Fleischtypen (jeweils 10 Proben pro Typ): traditionelles Schweizer Kalbfleisch (AQ), Coop Naturafarm Kalbfleisch (CNF), Veau sous la mère (VSLM) und Natura-Beef (Fleisch eines Kalbes, welches bis zur Schlachtung im Alter von 10 Monaten hauptsächlich mit Muttermilch gefüttert wurde). Eine achtköpfige geschulte Jury untersuchte Optik, Flavour²¹ und Textur (deskriptive quantitative Analyse).

Resultate: Natura-Beef unterschied sich am meisten von den anderen drei Fleischtypen. Die rote Farbe erwies sich als Hauptunterscheidungspunkt; sie war beim Natura-Beef am intensivsten. Natura-Beef hatte zudem den sauersten Geschmack und die geringste Zartheit. VSLM unterschied sich sensorisch von den anderen Fleischsorten, indem es im Vergleich zu Natura-Beef eine höhere Zartheit und eine weniger intensive rote Farbe aufwies; der Geschmack war hingegen vergleichbar (ausser dass Natura-Beef saurer war). Im Vergleich zu AQ und CNF hatte VLSM einen stärker grasähnlichen und weniger milchigen Geschmack und eine rötlichere Farbe; die Zartheit war vergleichbar.

2.4 Gesundheitliche Aspekte von Fleischfett

Nahrungsfett spielt in der menschlichen Ernährung eine wichtige Rolle. Einerseits liefert es Energie, trägt zur Absorption der fettlöslichen Vitamine A, D, E und K bei, fungiert als Strukturelement der Zellwände, schützt innere Organe vor Stössen und Schlägen, übernimmt Isolationsfunktionen und ist schliesslich an der Wärmeregulation beteiligt. Andererseits wird ein hoher Fettkonsum aber mit Adipositas, Typ-2-Diabetes, Krebs und koronaren Herzkrankheiten in Zusammenhang gebracht. Tierische Fette stehen aufgrund ihres hohen Gehalts an SFA in besonderem Fokus. Dabei wird aber vergessen, dass ungesättigte Fettsäuren den Hauptanteil von Fleischfett ausmachen. Auf Basis der wissenschaftlichen Datenlage stellt der Konsum von Fleischfett als solcher kein Gesundheitsrisiko dar. Allerdings darf nicht vergessen werden, dass der Konsum von Fleischfett mit dem Konsum von Fleisch und Fleischprodukten verknüpft ist, welche sich *per se* sowie als Teil der Ernährung ebenfalls auf die Gesundheit auswirken [Schmid 2011].

Adipositas

Adipositas ist die Folge eines unausgewogenen Energiegleichgewichtes (zu hohe Energiezufuhr bei zu geringem Energieverbrauch); dies ist unbestritten. Ob allerdings die einzelnen Makronährstoffe und dabei insbesondere Kohlenhydrate und Fette hierbei eine entscheidende

²¹ Unter Flavour versteht man den Gesamtsinneseindruck, der beim Verzehr durch das Zusammenwirken von Geschmacks-, Geruchs- und Tastempfinden entsteht [Schlichtherle-Cerny 2009].

de Rolle spielen, ist umstritten. Klar ist aber, dass Individuen eine Ernährungsweise – sei sie nun fettarm und kohlenhydratreich oder fettreich und kohlenhydratarm – nur langfristig aufrechterhalten können, wenn sie mit ihren individuellen Vorlieben und ihrem Lebensstil übereinstimmt. Fleisch und Fleischprodukte haben dabei sowohl in einer fettarmen als auch in einer kohlenhydratarmen Ernährung Platz [Schmid 2011].

Herz-Kreislauf-Krankheiten

Die Fett-Theorie besagt, dass eine Ernährung mit hohem Gehalt an tierischen Fetten und Cholesterin den Blutcholesterinspiegel erhöht, damit zu Atherosklerose führt und letzten Endes das Risiko für einen Herzinfarkt erhöht. Die davon abgeleitete Empfehlung lautete demnach lange Zeit, die Fettaufnahme und insbesondere die Aufnahme an gesättigten Fettsäuren und Cholesterin einzuschränken [Jakob et al. 2008, Walther et al. 2008, Schmid 2010c, Schmid 2011].

Heute werden die Zusammenhänge differenzierter betrachtet [Jakob et al. 2008, Walther et al. 2008, Schmid 2011]. Als Hauptrisikofaktor für koronare Herzkrankheiten gilt ein hoher LDL-Cholesterinspiegel; ein hoher HDL-Cholesterinspiegel gilt hingegen als vorteilhaft. Entscheidend ist insofern das Verhältnis zwischen Gesamtcholesterinspiegel zu HDL-Cholesterinspiegel. PUFA wirken sich auf dieses Verhältnis positiv aus; SFA haben insgesamt keinen Einfluss darauf; TFA wirken sich dagegen negativ aus [Schmid 2011].

Allerdings müssen auch die einzelnen Fettsäuren differenziert betrachtet werden: Unter den SFA zeigte sich, dass die Laurinsäure einen leicht positiven Effekt auf das Verhältnis zwischen Gesamtcholesterinspiegel zu HDL-Cholesterinspiegel hat. Bei den TFA muss zwischen solchen aus industriell gehärteten Fetten und solchen tierischen Ursprungs unterschieden werden. Bei den TFA aus industriell gehärteten Fetten dominieren die Elaidinsäure und die C18:1 trans-10, währenddem bei den TFA tierischen Ursprungs die Vaccensäure dominiert [Gruppe Ernährung 2007, Schmid 2011]. Es konnte bisher noch keine wissenschaftliche Evidenz gefunden werden, dass sich TFA aus Fleisch und Fleischprodukten auf die Blutfettwerte oder auf das Risiko für koronare Herzkrankheiten negativ auswirken. Eher im Gegenteil: Die im Fleisch hauptsächlich auftretende Transfettsäure (Vaccensäure) kann im menschlichen Körper nämlich zu einer CLA umgewandelt werden (C18:2 cis-9, trans-11) [Bachmann et al. 2007, Gruppe Ernährung 2007, Jakob et al. 2008, Schmid et al. 2008b, Schmid 2011]. In Tierstudien zeigten CLA positive Wirkungen auf Atherosklerose; Humanstudien fehlen allerdings noch [Bisig et al. 2007, Jakob et al. 2008, Rehberger & Walther 2008, Schmid et al. 2008a, Wehrmüller 2008b, Butler et al. 2009, Schmid 2011].

Sowohl Interventionsstudien als auch epidemiologische Studien kommen zu Schluss, dass weder die Gesamtfettaufnahme noch die Aufnahme von SFA einen Einfluss hat auf das Risiko für koronare Herzkrankheiten bzw. auf die Gesamtmortalität. Wichtiger scheint eine genügend hohe Aufnahme von Omega-3-Fettsäuren zu sein, d.h. ein genügend hoher Fischkonsum [Schmid 2011].

Es gibt somit keine wissenschaftliche Evidenz, dass sich tierische Fette auf das Risiko für koronare Herzkrankheiten negativ auswirken. Das Augenmerk sollte stattdessen auf den PUFA-Gehalt von Fleisch gelegt werden (der bis zu 30% betragen kann) sowie auf das generell vorteilhafte Verhältnis zwischen Omega-6- und Omega-3-Fettsäuren (v.a. bei Tieren mit Weidefütterung) [Schmid 2011].

Typ-2-Diabetes

Verschiedene Tierstudien zeigen einen Zusammenhang zwischen einer fettreichen Ernährung und Insulinresistenz. Dieser Zusammenhang konnte in Humanstudien allerdings bisher nicht bestätigt werden. Keine der diesbezüglichen Kohortenstudien konnte einen Zusammenhang zwischen tierischen Fetten und der Inzidenz von Typ-2-Diabetes feststellen. Man kann deshalb davon ausgehen, dass der Konsum von Fleischfett das Risiko für Typ-2-Diabetes nicht erhöht [Schmid 2011].

Krebs

Gewisse Studien zeigen einen Zusammenhang zwischen tierischem Fett (und infolgedessen Fleischfett) und kolorektalem Krebs; die Evidenz ist allerdings beschränkt. Darüber hinaus gibt es aber keine wissenschaftliche Evidenz dafür, dass tierisches Fett mit einer anderen Krebsart assoziiert ist. Man vermutet allerdings, dass Fleisch und Fleischprodukte kolorektalen Krebs verursachen könnten. Der zugrundeliegende Mechanismus schliesst die Bildung von N-nitroso-Verbindungen durch die Magen- und Darmflora mit ein, welche durch den hohen Eisengehalt von Fleisch gefördert werden könnte. Zudem führt die Erhitzung von rotem Fleisch bei hohen Temperaturen zur Produktion karzinogener Amine und Kohlenwasserstoffverbindungen. Diese Mechanismen haben mit Fleischfett allerdings nichts zu tun [Schmid 2011].

3. Pflanzliche Lebensmittel

3.1 Äpfel

Polyphenole

Der Apfel enthält verschiedene Polyphenole [Fischer et al. 2009]:

- Phenolsäuren (z.B. Chlorogensäure): kommen v.a. im Fruchtfleisch und teils in der Apfelschale vor
- Flavonole (z.B. Quercetin): kommen v.a. in der Apfelschale vor
- Flavanole (z.B. Catechin, Procyanidine): kommen v.a. in der Apfelschale und teils im Fruchtfleisch vor
- Anthocyane (z.B. Cyanidin): kommen v.a. in der Apfelschale vor
- Dihydrochalcone: kommen v.a. im Kerngehäuse und teils im Fruchtfleisch sowie in der Apfelschale vor

Der Gehalt an Polyphenolen in pflanzlichen Lebensmitteln hängt von verschiedenen Faktoren entlang der Nahrungskette ab [Fischer et al. 2009]:

- Vor-Ernte-Faktoren: Pflanzensorte (Genotyp), Produktionsstandort (und damit zusammenhängende klimatische Verhältnisse), Produktionsmethode
- Ernteverfahren
- Nach-Ernte-Faktoren: Distribution, Transport, Behandlung, Verarbeitung, Lagerung, Zubereitung

Influence des facteurs pré- et post-récolte sur la qualité des produits d'origine végétale [Fischer et al. 2009]

Ziele: Die Studie untersuchte den Einfluss der Produktionsmethode und der Sorte auf den Polyphenolgehalt von Äpfeln.

Material und Methode: Vier verschiedene Apfelsorten wurden am gleichen Produktionsort produziert: Ariane, Golden Delicious, Otava und Topaz. Jeder der vier Sorten wurde auf vier verschiedene Arten produziert: (1) ohne Pflanzenschutzmittel (Kontrollproben), (2) mit biologischer Methode, (3) mit wenig Pflanzenschutzmitteln (*low input*) und (4) mit integrierter Produktion (IP). Die Polyphenolgehalte wurden mittels der Methode nach Folin-Ciocalteu und die Polyphenolprofile mittels UPLC-MS ermittelt.

Resultate: Zwischen den verschiedenen Produktionsmethoden wurden signifikante Unterschiede gefunden, wobei es sich dabei um noch zu bestätigende Vorergebnisse handelte. Die höchsten Polyphenolgehalte wurden bei der Apfelsorte Ariane mit integrierter Produktion (Produktionsmethode 4), bei der Apfelsorte Golden Delicious mit biologischer Methode (Produktionsmethode 2) und bei der Apfelsorte Otava ohne Pflanzenschutzmittel (Produktionsmethode 1) gefunden.

Schlussfolgerungen: Der Polyphenolgehalt und das Polyphenolprofil scheinen v.a. durch die Apfelsorte (Genotyp) bestimmt zu werden; die Produktionsmethode scheint weniger relevant zu sein.

Lagerung von Äpfeln

Die Lagermethoden von Äpfeln haben sich in den letzten Jahren stark entwickelt [Gabioud et al. 2009]. Da der Apfel eine klimakterische Frucht ist, die nach der Ernte nachreifen kann [Fischer et al. 2009, Gabioud et al. 2009], können Äpfel über lange Zeit gelagert werden, wobei es verschiedene Lagermöglichkeiten gibt [Fischer et al. 2009]:

- Konventionelle Lagerung im Kühlraum (bei 21% Sauerstoff, 0.03% Kohlendioxid und 79% Stickstoff)
- CA-Lagerung (CA = Controlled Atmosphere): Lagerung unter kontrollierter Atmosphäre (bei 2-5% Sauerstoff, 2-5% Kohlendioxid und 90-92% Stickstoff)
- Low-Oxygen-Lagerung (LO): Lagerung bei tiefem Sauerstoff (bei 1.5-2% Sauerstoff, 1-3% Kohlendioxid und 95-97.5% Stickstoff)
- Ultra-Low-Oxygen-Lagerung (ULO): Lagerung bei ultratiefem Sauerstoff (bei 0.8-1.2% Sauerstoff, 0.5-2% Kohlendioxid und 96.8-98.7% Stickstoff)
- Dynamische CA-Lagerung (DCA = Dynamic Controlled Atmosphere): Lagerung unter dynamisch kontrollierter Atmosphäre (bei 0.1-1% Sauerstoff, 0.5-2% Kohlendioxid und 97-99.4% Stickstoff)

Ethylen ist ein Hormon, welches in gewissen Früchten natürlicherweise produziert wird und welches die Atmungsaktivität steigert, wodurch die Reifung der Früchte aktiviert wird [Fischer et al. 2009, Gabioud et al. 2009]. Neben der Induktion des Reifeverlaufes und der Alterung aktiviert Ethylen auch die Expression von Genen, welche für die Bildung von Enzymen für das Weichwerden und die Aromaproduktion verantwortlich sind [Gabioud et al. 2009].

Wenn Äpfel zu Beginn ihrer Lagerung im Kühlraum mit 1-Methylcyclopropen (1-MCP) behandelt werden, werden deren Ethylen-Rezeptoren gehemmt. Dadurch kann der Säuregehalt und die Festigkeit des Fruchtfleisches vieler Apfelsorten nahezu auf dem Niveau des Erntezeitpunktes aufrecht erhalten werden. Die Behandlung von 1-MCP ist in der Schweiz seit Herbst 2005 zugelassen [Fischer et al. 2009].

Influence des facteurs pré- et post-récolte sur la qualité des produits d'origine végétale [Fischer et al. 2009]

Ziele: Die Studie untersuchte den Einfluss der Behandlung von Äpfeln mit 1-MCP nach der Ernte auf deren Polyphenolzusammensetzung.

Material und Methode: Es wurden Äpfel der Sorte Golden Delicious untersucht, die im Jahr 2008 geerntet worden waren. Die Äpfel wurden während 37 Wochen in einem Kühlraum gelagert, einmal mit und einmal ohne Behandlung mit 1-MCP.

Resultate: Die Behandlung mit 1-MCP schien einen signifikanten Einfluss auf die Polyphenolzusammensetzung nach 37-wöchiger Lagerung zu haben. Mit 1-MCP behandelte Äpfel wiesen am Ende der Lagerung höhere Polyphenolkonzentrationen auf als zu Beginn der Lagerung. Die Polyphenolkonzentrationen der mit 1-MCP behandelten Äpfel waren zudem insgesamt höher als diejenigen der unbehandelten Äpfel. Bei diesen Resultaten handelt es sich allerdings noch um zu bestätigende Vorergebnisse.

Bei der konventionellen CA-Lagerung werden Äpfel bei konstanten Bedingungen bezüglich Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Lageratmosphäre (CO₂, O₂) gelagert. Bei der dynamischen CA-Lagerung wird der Sauerstoffgehalt im Lagerraum schrittweise möglichst weit abgesenkt

mit dem Ziel, die Qualität der Früchte während der Lagerung möglichst gut zu erhalten. Die Sauerstoffkonzentration darf einen kritischen Wert (so genannter anaerober Umkehrpunkt) dabei aber nicht unterschreiten, da die Äpfel sonst infolge Sauerstoffmangels anfangen zu gären und geschädigt werden. Die kritische Sauerstoffkonzentration kann über die Messung des Respirationsquotienten oder der Chlorophyllfluoreszenz erfasst werden. Äpfel, welche zu wenig Sauerstoff zur Verfügung haben, reagieren auf diesen Stress nämlich mit einer starken Erhöhung des Respirationsquotienten und der Chlorophyllfluoreszenz [Gasser et al. 2008].

Lagerung von Äpfeln unter dynamisch kontrollierter Atmosphäre [Gasser et al. 2008]

Ausgangslage: Die dynamische CA-Lagerung (DCA) ist nur durchführbar, wenn zuverlässige Methoden zur Verfügung stehen, um die kritische Konzentration während der Sauerstoffabsenkung zu detektieren.

Ziele: Die Studie untersuchte zwei Methoden, um die kritische Sauerstoffkonzentration bei der dynamischen CA-Lagerung von verschiedenen Apfelsorten zu erfassen.

Material und Methode: Der erste Versuch wurde über die ganze Lagersaison 2005/2006 (rund 200 Tage) mit den fünf Apfelsorten Idared, Maigold, Elstar, Braeburn und Golden Delicious durchgeführt. Die Äpfel wurden im Dunkeln bei 3°C gelagert, pro Sorte einmal bei konstanten Niedrig-Sauerstoff-Bedingungen (LO, *low oxygen*) und einmal unter schrittweiser Sauerstoffabsenkung (DCA). Im zweiten Versuch wurde der Einfluss von Erntezeitpunkt, Geschwindigkeit der Sauerstoffabsenkung und der CO₂-Konzentration in der Lagersaison 2006/2007 mit der Sorte Golden Delicious getestet, welche an zwei Pflückzeitpunkten geerntet wurde. Die Sauerstoffkonzentration wurde während der gesamten Lagerdauer von rund 200 Tagen dreimal abgesenkt. Die untersuchten Methoden zur Erfassung der kritischen Sauerstoffkonzentration beruhten auf der Messung des Respirationsquotienten (Referenzmethode) und der Chlorophyllfluoreszenz.

Resultate: Die kritische Sauerstoffkonzentration lag je nach Apfelsorte bei 0.2-0.4%; beide untersuchten Methoden ergaben identische Ergebnisse. Nach Erreichen dieses kritischen Wertes wurde die Sauerstoffkonzentration um rund 0.2-0.3% über die kritische Konzentration erhöht, um eine sichere Lagerung zu gewährleisten. Auf diese Weise konnten die Früchte während rund 200 Tagen bei Sauerstoffkonzentrationen von 0.3-0.6% (je nach Apfelsorte) ohne jegliche physiologischen Lagerschäden gelagert werden (keine Unterschiede zwischen den LO-gelagerten Kontrollfrüchten und den DCA-gelagerten Früchten). Die Fruchtfleischfestigkeit von DCA-gelagerten Äpfeln war im Allgemeinen allerdings signifikant höher als diejenige der Kontrollfrüchte unter konstanter CA-Atmosphäre. Der zweite Versuch ergab einerseits, dass die Sauerstoffkonzentration gegen Ende der Lagerung nicht zu tief gehalten werden sollte, und andererseits, dass der tiefste erreichbare Sauerstoffwert weder von der Geschwindigkeit der Sauerstoffabsenkung (sofern sie langsam erfolgt) noch vom CO₂-Gehalt der Lageratmosphäre beeinflusst wurde.

Schlussfolgerungen: Die Messung der Chlorophyllfluoreszenz widerspiegelte das Respirationsverhalten von Äpfeln. Durch Anwendung der DCA liess sich die innere Qualität von Äpfeln besser als bei der konventionellen LO-Lagerung erhalten. Die DCA bietet sich insbesondere für die Lagerung von Bioäpfeln an, bei denen der Reifehemmer 1-MCP nicht eingesetzt werden darf. Die Anwendung der DCA in der Praxis bedingt aber, dass mit der vorhandenen Lagertechnik überhaupt so niedrige Sauerstoffwerte erreicht und geregelt werden können. Nötig wären sehr dichte Lagerräume, indirekte Kühlung und eine zuverlässige Regulierung

der CA-Atmosphäre. Noch unbeantwortet ist die Frage, ob die CO₂-Konzentration einen Einfluss auf die Fruchtqualität und das Auftreten von physiologischen Schäden hat.

Die Anwendung der verschiedenen Techniken zur Verlängerung der Lagerfähigkeit von Äpfeln (z.B. Ultra-Low-Oxygen-Lagertechnik oder Behandlung mit 1-Methylcyclopropan) beeinträchtigt allerdings auch die Aromaentwicklung der Früchte [Gabioud et al. 2009].

Qualitätsbestimmende Faktoren von Äpfeln

Zur Qualitätsbeurteilung von Tafeläpfeln werden üblicherweise physikalische und chemische Eigenschaften wie Grösse, Farbe, Fruchtfleischfestigkeit, Zucker- und Säuregehalt herangezogen [Baumgartner et al. 2007]. Für Schweizer Konsumentinnen und Konsumenten sind die wichtigsten Apfelqualitätseigenschaften einerseits Fruchtfleischfestigkeit, Süssigkeit und Sauerkeit sowie andererseits Knackigkeit, Saftigkeit und Aroma [Baumgartner et al. 2007, Gabioud et al. 2009].

Bisher konnten in Apfelsorten mehr als 300 Aromakomponenten bestimmt werden, wobei 80-90% zur Stoffklasse der Ester gehören. Die Konzentration der Aromastoffe ist meist sehr gering und nur ein sehr kleiner Teil hat einen signifikanten sensorischen Einfluss auf das Fruchtaroma [Gabioud et al. 2009].

Zur sensorischen Charakterisierung von Fruchtaromen werden geschulte Prüfer eingesetzt und definierte Geruchseigenschaften qualitativ durch Beschreibung und quantitativ mit Skalen erfasst. Alternativ gibt es instrumentelle Methoden wie die Headspace-Gaschromatographie oder die Gaschromatographie kombiniert mit massenspektrometrischer Detektion, womit einzelne Aromasubstanzen identifiziert und quantifiziert werden können. Diese Methoden sind allerdings alle zeitaufwändig und kostspielig und benötigen eine Schulung bzw. viel Erfahrung. Für die Untersuchung flüchtiger Substanzen werden seit rund 20 Jahren auch elektronische Nasen eingesetzt. Diese erstellen einen „Fingerprint“ des gesamten Probenmischs und sind für die Analyse von Fruchtaromen gut geeignet [Gabioud et al. 2009].

Messung der Aromaentwicklung von Golden Delicious [Gabioud et al. 2009]

Ziele: Die Studie evaluierte das Potential einer MS-basierten Elektronischen Nase (SMart Nose®) für die Untersuchung der Aromaentwicklung während der Reifung von Golden Delicious.

Material und Methode: Die Aromaentwicklung von Golden Delicious wurde im Herbst 2008 während der Reifung und Lagerung bei 10°C mit Hilfe der auf Massenspektrometrie basierenden elektronischen Nase SMart Nose® verfolgt und mit den Reifungsparametern Festigkeit, Zucker- und Säuregehalt sowie der Ethylenbildungsrate in Beziehung gesetzt.

Resultate: Die Auswertung der Fingerprint-Daten der SMart Nose® ergab gute Korrelationen sowohl mit dem Festigkeitsabbau als auch mit der Ethylenproduktionsrate (Mass für Aromastoffproduktionsrate) der untersuchten Äpfel.

Schlussfolgerungen: Sowohl die Aromaentwicklung als auch der Verlauf der Ethylenproduktion von Golden Delicious während der Lagerung lassen sich mit der SMart Nose® rasch und zuverlässig analysieren.

Die Qualitätsparameter Knackigkeit, Saftigkeit und Aroma sind mit Labormethoden nur mit grossem Aufwand erfassbar. Die Beliebtheit eines Apfels ist zudem das Resultat des Zusammenspiels all seiner Eigenschaften und individuell sehr unterschiedlich. In der Praxis werden verschiedene Qualitätsindizes eingesetzt (z.B. Thiault- und Perlim-Index), die jeweils mehrere chemische und physikalische Eigenschaften berücksichtigen und mittels destruktiver Analysemethoden erfasst werden [Baumgartner et al. 2007].

Da das Infrarotspektrum einer Analysenprobe die Gesamtheit aller Inhaltsstoffe erfasst, erlauben Infrarotmethoden möglicherweise eine bessere Abschätzung von sensorischen Eigenschaften oder gar der Beliebtheit als es mit den herkömmlichen destruktiven Methoden möglich ist [Baumgartner et al. 2007].

Essqualität von Äpfeln und Infrarotspektroskopie [Baumgartner et al. 2007]

Ziele: Die Studie untersuchte, ob die sensorischen Beurteilungen von geschulten Prüfern mittels Infrarotmessungen vorausgesagt werden können und ob damit zuverlässigere Aussagen bezüglich der Intensität sensorischer Qualitätseigenschaften (z.B. Süssigkeit) oder der Beliebtheit und Akzeptanz von Äpfeln möglich sind, als aufgrund der instrumentell erhobenen Brix- und Festigkeitsmessungen alleine oder daraus abgeleiteter Indizes (Thiault- und Perlim-Index).

Material und Methode: Die Versuche wurden mit Äpfeln der Sorte Golden Delicious aus der Ostschweiz durchgeführt, die entsprechend ihres Zuckergehaltes und ihrer Fruchtfleischfestigkeit in 16 Kategorien eingeteilt wurden. Die sensorische Beurteilung der Apfelproben (subjektive Akzeptanz sowie Intensität der Fleischfestigkeit, Süsse und Säure) wurde mit sechs geschulten Prüfern durchgeführt. Die Fruchtfleischfestigkeit, der Zuckergehalt und der Säuregehalt wurden anschliessend instrumentell gemessen. An den Apfelsäften wurden zusätzlich Infrarotmessungen mit dem Winescan FT120 vorgenommen. Aufgrund dieser Messungen wurden der Thiault- und der Perlim-Index berechnet.

Resultate: Mit Hilfe der Infrarotspektroskopie (Winescan FT 120) konnten der Zucker- und der Säuregehalt sowie die Fruchtfleischfestigkeit der Apfelproben mit ähnlicher Zuverlässigkeit bestimmt werden wie mit den Referenzmethoden. Dabei konnten im Vergleich zu herkömmlichen Methoden zudem Zeit und Chemikalien gespart werden.

Schlussfolgerungen: Der Erfolg der Infrarotmessungen am Saft lassen erwarten, dass die NIR-Messtechnik auch in einer nicht-zerstörenden Variante zur Einteilung von Äpfeln in verschiedene Esskategorien verwendet werden kann. Äpfel könnten mit Hilfe einer nicht-zerstörenden Infrarotspektroskopie zudem zur Messung der Akzeptanz eines Apfels eingesetzt werden, da sie die Gesamtheit aller Qualitätsfaktoren einer Probe erfasst.

3.2 Carotinoidhaltige Gemüse

Carotinoide sind fettlösliche Pigmente in pflanzlichen Lebensmitteln, die aufgrund ihrer chemischen Struktur in Xanthophylle und Carotine aufgeteilt werden. Lutein, Zeaxanthin, β -Cryptoxanthin, α -Carotin, β -Carotin und Lycopin zählen zu den aus ernährungsphysiologischer Sicht wichtigsten Carotinoiden [Reif et al. 2009].

Bioverfügbarkeit

Die Bioverfügbarkeit von Carotinoiden aus Früchten und Gemüse ist relativ gering und hängt stark von der Carotinoidart, der chemischen Struktur und der Lebensmittelmatrix ab. Daneben spielen noch weitere Faktoren eine Rolle, u.a. die aufgenommene Carotinoidmenge, der Nährstoffstatus und Gene [Reif et al. 2009].

Adaptation of an *In Vitro* Digestion Method to Evaluate Carotenoid Accessibility from Vegetables [Reif et al. 2009]

Ziel: In dieser Studie wurde eine Methode zur Messung der Biozugänglichkeit²² von Carotinoiden aus rohem und verarbeitetem Gemüse entwickelt.

Material und Methode: Neun verschiedene Schweizer Gemüse- und Salatarten wurden einer in-vitro-Verdauung im Reagenzglas in drei Schritten unterzogen: Paprikaschote (roh und gekocht), Spinat (roh und gekocht), Karotten (roh und gekocht), Mangold, Broccoli, Tomaten, Bärlauch, Rucola und Schnittsalat. Der erste Schritt simulierte die Verdauung mit menschlichem Speichel (pH 6.5, mit α -Amylase), der zweite Schritt die Verdauung im Magen (pH 1.0, mit Pepsin aus dem Schwein) und der dritte Schritt schliesslich die Verdauung im Zwölffingerdarm (pH 7.8, mit Pankreatin und Lipase aus dem Schwein) unter Zugabe von Galle (aus dem Schwein). Die sechs ernährungsphysiologisch wichtigsten Carotinoide wurden mittels HPLC-UV/VIS quantifiziert: Lutein, Zeaxanthin, β -Cryptoxanthin, α -Carotin, β -Carotin, Lycopin.

Resultate: Die Gehalte an Carotinoiden in grünem Blattgemüse (Bärlauch, Rucola, Mangold, Spinat) waren signifikant höher im Vergleich zu orangem, rotem und gelbem Gemüse (Ausnahme: Karotten). In grünem Gemüse dominierten Lutein und β -Carotin; in orangem, rotem und gelbem Gemüse war das Carotinoidprofil wesentlich komplexer (kein dominierendes Carotinoid ausser bei Karotten). Die Biozugänglichkeit von Carotinoiden aus grünem Blattgemüse (4-16% für Lutein, 7-25% für Zeaxanthin, 12-22% für β -Carotin) war tiefer als diejenige aus orangem und rotem Gemüse (bis zu 57%). Nach einer Hitzebehandlung konnte generell eine höhere Freisetzung von Carotinoiden aus pflanzlicher Matrix beobachtet werden; der hitzebedingte Carotinoidabbau fiel verhältnismässig weniger stark ins Gewicht. Die Erhöhung der Biozugänglichkeit war bei der orangen Paprikaschote am stärksten (Erhöhung um 214% für Lutein, um 163% für Zeaxanthin und um 120% für β -Carotin im Vergleich zur rohen Paprikaschote). Die höchste Biozugänglichkeit von Carotinoiden wurde für β -Carotin in der gekochten Paprikaschote gefunden (70%).

Schlussfolgerungen: Der Carotinoidgehalt und das Carotinoidprofil in verschiedenen Gemüsearten schwankten stark. Grünes Blattgemüse ist reich an Carotinoiden (v.a. Lutein, β -Carotin); orange und gelbe Gemüse haben tiefere Carotinoidgehalte, aber ein breiteres Carotinoidprofil. Die in-vitro-Verdauung ist eine vielversprechende Methode zur Messung der Biozugänglichkeit der untersuchten sechs Carotinoide in Gemüse.

²² Die Biozugänglichkeit berücksichtigt im Gegensatz zur Bioverfügbarkeit die Absorption und Ausscheidung nicht.

Bedeutung

Carotinoide sind verantwortlich für die rote, orange und gelbe Farbe von verschiedenen Früchten und Gemüse [Reif et al. 2009].

Epidemiologische Studien konnten eine positive Korrelation zwischen einer hohen Carotinoidaufnahme und verschiedenen chronischen Krankheiten nachweisen, die zumeist auf ihre antioxidativen Eigenschaften zurückgehen: altersbedingte Makuladegeneration, Zellumwandlung, kardiovaskuläre Krankheiten [Reif et al. 2009].

3.3 Erdbeeren

Reife Erdbeeren haben im Vergleich zu anderen Früchten und Gemüse hohe Gehalte an Vitamin C und Phenolen [Crespo et al. 2010]. Unter den Phenolen der Erdbeere dominieren die Anthocyane, die für die rote Farbe von Erdbeeren verantwortlich sind [Fischer et al. 2009, Crespo et al. 2010]. Pelargonidin-3-Glucosid, Pelargonidin-3-Rutinosid und Cyanidin-3-Glucosid machen 95% der Anthocyane in Erdbeeren aus [Crespo et al. 2010].

Die Zuckerarten in Erdbeeren sind hauptsächlich Mono- und Disaccharide (Glukose, Fruktose, Saccharose), wobei deren Verhältnis zueinander für die Wahrnehmung des süßen Geschmacks wichtig ist. Für den Erdbeergeschmack sind daneben auch Säuren und zahlreiche Aromastoffe verantwortlich [Crespo et al. 2010].

Die Schwankungen in der Zusammensetzung von Beeren (v.a. deren Anthocyan- und Zuckergehalt) werden hauptsächlich auf den Genotypen der Beeren zurück geführt. Aber auch Umweltbedingungen (Temperatur, Produktionssystem usw.) scheinen einen Einfluss zu haben [Crespo et al. 2010].

Characterisation of major taste and health-related compounds of four strawberry genotypes grown at different Swiss production sites [Crespo et al. 2010]

Ziele: Die Studie untersuchte einerseits den Gehalt an einzelnen Zuckern, organischen Säuren, Anthocyanen und Vitamin C von vier Erdbeersorten und andererseits den Einfluss des Anbaus an verschiedenen Standorten (Tal- und Berggebiet) auf die Zusammensetzung der Erdbeeren.

Material und Methode: Die vier Erdbeersorten Antea, Asia, Clery und Matis (vier Wiederholungen à 28 Pflanzen) wurden an zwei verschiedenen Standorten angebaut. Die Standorte unterschieden sich im Hinblick auf den Boden, das Klima und die Höhenlage (1060 m ü.M. gegenüber 480 m ü.M.).

Resultate: Alle gemessenen Komponenten der Erdbeere wurden vom Genotyp (Erdbeersorte) signifikant beeinflusst. Die Sorte Asia hatte den höchsten Zuckergehalt. Die hauptsächlich gefundenen organischen Säuren waren die Zitronen-, Apfel- und Ascorbinsäure (Vitamin C), wobei die Vitamin C-Gehalte stark schwankten. Die Sorte Antea hatte die höchsten Vitamin C-Gehalte. Die Sorte Clery hatte die höchsten Anthocyaningehalte. Pelargonidin-3-Glucosid war in den Erdbeeren das am häufigsten vorkommende Anthocyanin. Die Höhenlage (Bergregion) wirkte sich negativ auf die gesundheitlichen und geschmacklichen Komponenten der Erdbeeren aus; betroffen war v.a. das Vitamin C. Die Schwankungen in der Zusammensetzung

zung der Erdbeeren aufgrund des Produktionsortes waren Genotyp-spezifisch: Gewisse Sorten zeigten starke Schwankungen (z.B. Antea), andere praktisch keine (z.B. Clery).

Schlussfolgerungen: Der Genotyp von Erdbeeren – d.h. die Erdbeersorte – hat einen stärkeren Einfluss auf deren Zusammensetzung als Umweltfaktoren wie Boden, Klima oder Höhenlage.

Variability of health and taste promoting compounds in strawberry (*Fragaria x ananassa*) fruits [Crespo 2010]

Ziele: Die Studie untersuchte die Variabilität von gesundheitlichen und geschmacklichen Qualitätskomponenten von Erdbeeren.

Material und Methode: Während zweier Jahre wurden verschiedene Parameter gemessen: Einfluss des Genotyps, der Umwelt, der Ernteperiode, der Fruchtposition auf dem Blütenstand und der Anzahl Tage vom Zeitpunkt der Blüte bis zur vollen Reife der Frucht auf die Gehalte an Zuckern, Säuren, Phenolen und Vitamin C. Zur Bestimmung der Genotyp-Variation wurden 10 Erdbeersorten auf dem offenen Feld, in einem Plastiktunnel und an einem höher gelegenen Standort untersucht: Antea, Asia, Clery, Darselect, Elsanta Manille, Matis, Sonata, Sveva und Yamaska.

Resultate: Signifikante Variationen wurden betreffend Vitamin C-Gehalten (41.8-85.0 mg pro 100 g), antioxidativer Kapazität (772-1327 µmol Trolox-Äquivalente pro 100 g) und Anthocyaningehalten (14.1-25.9 mg pro 100 g) beobachtet. Die Säuregehalte der meisten Sorten bewegten sich zwischen 0.61-0.76 g Zitronensäure-Äquivalente pro 100 g (Ausnahmen: Sveva und Yamaska). Keine der Erdbeersorten vereinte guten Geschmack, hohe ernährungsphysiologische Qualität und hohe Produktivität miteinander; die Sorten Manille, Clery und Sonata erreichten aber insgesamt die höchsten Werte. Die klimatischen Unterschiede der beiden Untersuchungsjahre erlaubten es nicht, Umwelteffekte abzuleiten. Allerdings zeigten gewisse Sorten wie Clery bei den gemessenen Parametern geringe Variationen und sollten zwecks Erreichung einer stabilen Produktion deshalb bevorzugt werden. Die Resultate der Untersuchungen der pflanzenspezifischen Variabilität der Erdbeersorte Clery lassen darauf schliessen, dass neben dem Genotyp und dem Produktionsstandort noch weitere Faktoren für die Unbeständigkeit der Erdbeerqualität verantwortlich sein könnten. Die Anthocyaninvariation korrelierte positiv mit der Anzahl Tage vom Zeitpunkt der Blüte bis zur vollen Reife der Frucht. Früchte mit langsamerer Entwicklung und Reifung reicherten mehr Anthocyanine an; die Fruchtgrösse beeinflusste den Geschmack und die ernährungsphysiologisch vorteilhaften Komponenten in der Erdbeere jedoch nicht.

Schlussfolgerungen: Die Erdbeersorte ist der wichtigste Faktor zur Erhöhung der Gehalte an ernährungsphysiologisch vorteilhaften und geschmacksaktiven Komponenten in der Erdbeere. Im Rahmen unvorhersehbarer Umweltveränderungen ist die Wahl der Erdbeersorte deshalb von zentraler Bedeutung.

3.4 Raps

Schweizer Rapsöl zeichnet sich aus durch tiefe SFA-Gehalte sowie durch hohe MUFA-Gehalte (58-64% Ölsäure, C18:1) und PUFA-Gehalte (7-10% α -Linolensäure, C18:3, und 18-20% Linolsäure, C18:2) [Pellet et al. 2008, Fischer et al. 2009]. Diese Zusammensetzung verleiht dem Rapsöl anerkannte ernährungsphysiologische Eigenschaften, darunter die Senkung der Konzentration des Gesamtcholesterins und des LDL-Cholesterins im Blut. Rapsöl darf in der Schweiz mit dem Prädikat „reich an Omega-3-Fettsäuren“ versehen werden, da sein durchschnittlicher Konsum 30% des täglichen Bedarfs an Omega-3-Fettsäuren zu decken vermag [Pellet et al. 2008].

Aufgrund seines hohen PUFA-Gehalts ist Rapsöl ohne Hydrogenierung fürs Frittieren allerdings ungeeignet (verminderte oxidative Stabilität). Fürs Frittieren geeignete Pflanzenöle weisen tiefst mögliche Gehalte an α -Linolensäure auf. Die neuen HOLL-Rapsölsorten (HOLL: *high oleic low linolenic*) enthalten weniger als 3.5% α -Linolensäure [Baux et al. 2008].

Die Fettsäurezusammensetzung von Rapsöl wird durch die Umwelt und dabei insbesondere die Temperatur beeinflusst. Die Fettsäurezusammensetzung von HOLL-Rapsölsorten schwankt stark in Abhängigkeit des Produktionsstandortes und des Jahres [Fischer et al. 2009].

Effects of minimal temperatures on low-linolenic rapeseed oil fatty-acid composition [Baux et al. 2008]

Ziele: Die Studie untersuchte den Einfluss der Temperatur auf den α -Linolensäuregehalt von Rapsöl.

Material und Methode: Während dreier Jahre wurden drei Rapsölsorten in verschiedenen Regionen der Schweiz untersucht: MSP01 (Spiral), Splendor und MSP11 (Monsanto, C18:3 unter 3%).

Resultate: Mindesttemperaturen unterhalb 13°C über eine Periode von 20 Tagen ab dem 40. Tag nach Blütebeginn und der Gehalt an α -Linolensäure vor der Ernte korrelierten sehr stark miteinander.

Schlussfolgerung: Das Verfolgen der Mindesttemperatur ermöglicht es, Produktionsstandorte mit optimalen klimatischen Verhältnissen zu eruieren.

Die Phase der Rapskörnerbildung und der Ölsynthese findet unter schweizerischen Verhältnissen während 20 Tagen zwischen dem 41. und 60. Tag nach Blütebeginn statt (meistens im Juni). Der α -Linolensäuregehalt im Rapsöl wird besonders während dieser Phase durch hohe Nachttemperaturen negativ beeinflusst. Hohe Temperaturen hemmen nämlich einen Teil der Desaturasen (Enzyme), die für die Umwandlung von Ölsäure in Linolsäure und anschliessend in Linolensäure zuständig sind. Eine Erhöhung der Temperatur hat deshalb einen höheren Ölsäure- und einen geringeren Linolensäuregehalt zur Folge [Pellet et al. 2008].

Temperatur und Nährwert von Rapsöl [Pellet et al. 2008]

Ausgangslage: Die Steigerung des Ölgehalts von Rapsorten ist ein Selektionsziel mehrerer Züchtungsprogramme, weil sich die Wirtschaftlichkeit des Rapses auf diese Weise verbessern lässt. Eine Hypothese besagt, dass dieses Züchtungsziel mit dem Rückgang der Omega-3-Fettsäuregehalte im Rapsöl über die letzten Jahre hinweg im Zusammenhang steht.

Ziel: Die Studie untersuchte einerseits diese Hypothese und andererseits den Einfluss der Temperatur auf die Fettsäurezusammensetzung von Rapsöl.

Material und Methode: Es wurden 11 Rapsölsorten untersucht. Die Versuchsperiode dauerte acht Jahre (1999-2006), wobei die Anbautechniken und die Bodentypen der Versuchsanlage während dieser Zeit relativ stabil blieben. Der Ölgehalt wurde mittels Nah-Infrarot-Spektrometrie NIRS bestimmt; das Fettsäurespektrum wurde gaschromatographisch analysiert.

Resultate: Über die achtjährige Versuchsperiode wurden eine Abnahme des Omega-3-Fettsäuregehaltes (α -Linolensäure) im Rapsöl um 25%, ein Anstieg des Verhältnisses von Omega-6- zu Omega-3-Fettsäuren von 2.0 auf 2.7 (der Linolsäuregehalt blieb praktisch stabil) sowie ein Anstieg des Ölsäuregehaltes festgestellt. Der Ölgehalt der Rapskörner hat in der gleichen Zeit um 2.6 Punkte zugenommen. In den letzten 20 Jahren haben im Schweizer Mittelland die Nachttemperaturen im Juni um 2.6°C zugenommen; diese Temperaturzunahme erklärt einen wichtigen Teil der Gehaltsabnahme an Omega-3-Fettsäuren im Rapsöl.

Schlussfolgerungen: Die Hypothese, wonach die moderne Züchtung neuer Rapsölsorten mit immer höheren Ölgehalten die Hauptursache für den Rückgang der Linolensäuregehalte im Rapsöl wäre, kann nicht bestätigt werden. Unter schweizerischen Verhältnissen sind die Tiefsttemperaturen des Monats Juni der Haupteinflussfaktor des Linolensäuregehalts und generell der Fettsäurezusammensetzung von Raps.

3.5 Hafer

Hafer ist eine natürlich Quelle mehrerer Nährstoffe mit belegten Wirkungen gegen Zivilisationskrankheiten und kann deshalb als funktionelle Zutat betrachtet werden. Hafer enthält hohe Mengen an löslichen Nahrungsfasern (rund 5 g pro 100 g, v.a. in Form von β -Glucan), einen hohen Anteil an ungesättigten Fettsäuren (3% Linolsäure und 0.1% Linolensäure) sowie Antioxidantien. Die cholesterinsenkende Wirkung von β -Glucan aus Hafer ist wissenschaftlich belegt.²³ Zudem verlangsamen Hafer und β -Glucan den Durchlauf von Lebensmitteln im Magen, wodurch die Nahrungsaufnahme verlangsamt und das Sättigungsgefühl verlängert wird [Delley & Bisig 2010].

Neues Hafer-Milch-Produkt mit Gesundheitsanpreisung [Delley & Bisig 2010]

Ausgangslage: Auf dem schweizerischen Markt ist die Palette von Produkten mit Hafer als Teilkomponente relativ breit. Auf der Verpackung oder in der Werbung wird jedoch meist kein Bezug zu ernährungsphysiologisch interessanten Inhaltsstoffen hergestellt.

Ziel: Im Rahmen dieser Studie sollte ein Prototyp eines verzehrfertigen Hafer-Milch-Produktes hergestellt werden, welches den Schweizer Konsumenten sensorisch anspricht und von dem eine Portion genügend β -Glucan enthält, um gemäss den Standards in USA und England mit einer Gesundheitsanpreisung vermarktet werden zu können.

Material und Methode: Die Rezeptur wurde so entwickelt, dass das Produkt industriell produziert werden konnte. Die Verkostung erfolgte mit einem nicht geschulten Panel.

Resultate: Eine Hafer-Milch-Creme konnte im Kleinmassstab erfolgreich entwickelt werden. Das entwickelte Produkt bestand aus zwei Schichten (oben einer Hafercreme und unten einer Fruchtzubereitung), die vom Konsumenten beliebig gemischt werden konnten. Die Textur wurde weniger gut bewertet als die anderen Attribute.

Schlussfolgerung: Hafer hat ein hohes Potential als Lebensmittel für die gesunde Ernährung.²⁴

²³ Die cholesterinsenkende Wirkung von β -Glucan aus Hafer ist seit Dezember 2010 auch von der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit EFSA anerkannt. Im Oktober 2010 hat die EFSA diesbezügliche global für alle Nahrungsfasern beantragte Gesundheitsanpreisungen für Europa hingegen nicht zugelassen.

²⁴ Das entwickelte Produkt darf nun auch eine von der EFSA für Europa bewilligte Gesundheitsanpreisung tragen.

4. Ernährung im Alter

4.1 Physiologische Veränderungen im Alter

Im Alter kommt es zu vielen physiologischen Veränderungen des Körpers; in der Folge verschlechtern sich die Funktionalität des Gastrointestinaltraktes, die sensorischen Fähigkeiten sowie die Körper- und Knochenzusammensetzung. Ältere Menschen sind sich dieser Veränderungen oft nicht bewusst und passen ihre Ernährung deshalb nur selten an die verminderten energetischen, aber erhöhten Nährstoffbedürfnisse des Organismus an [Gille & Piccinali 2009]. Der demografische Wandel in Richtung einer älter werdenden Bevölkerung, der auch in der Schweiz stattfindet, stellt neue Anforderungen an die Lebensmittelindustrie, denn ihre Produkte müssen diesen physiologischen Bedürfnissen älterer Menschen gerecht werden, aber auch deren Ansprüche und Vorlieben berücksichtigen [Piccinali et al. 2009, Bongartz & Piccinali 2010, Gille 2010e].

Eine wichtige physiologische Veränderung im Alter ist die Sarkopenie. Darunter versteht man den degenerativen Verlust an Muskelmasse und Muskelkraft, bei dem Muskelfasern durch Fett- oder Bindegewebe ersetzt wird und woraus ein verminderter Energiebedarf älterer Menschen resultiert [Gille & Piccinali 2009, Walther 2009d, Gille 2010d, Walther 2010a]. Eine weitere Folge der Sarkopenie ist die Abnahme der wichtigen Stützfunktion des Skeletts durch die Muskeln [Wehrmüller & Walther 2009]. Viele der auslösenden Faktoren der Sarkopenie lassen sich nicht kontrollieren; eine Verlangsamung ist aber möglich mit gezieltem Krafttraining, körperlicher Aktivität und einer ausreichenden Versorgung mit hochwertigen Proteinen. Von besonderer Bedeutung sind dabei die verzweigtkettigen essentiellen Aminosäuren Leucin, Isoleucin und Valin – und damit auch die Molkenproteine aus der Milch, die eine der reichsten Quellen dieser drei Aminosäuren sind. Leucin, Isoleucin und Valin erhöhen im ruhenden Muskel die Proteinsynthese und hemmen den Proteinabbau [Walther 2009d, Walther 2010a]. Eine Studie konnte zudem zeigen, dass Molkenprotein bei älteren Menschen einen grösseren anabolen Effekt hat als eine Aminosäuremischung mit der den Molkenproteinen entsprechenden Menge und Zusammensetzung an essentiellen Aminosäuren. Die zugrundeliegenden Mechanismen sind noch nicht genau bekannt [Wehrmüller & Walther 2009].

Im Alter kommt es zu diversen weiteren physiologischen Veränderungen [Gille & Piccinali 2009, Gille 2010d]:

- Verschiebung des Fettgewebes: Die Umlagerung des Fettgewebes im Alter von peripher („am Rande befindlich“) zu viszeral („am Bauch befindlich“) ist verantwortlich für die Ausprägung diverser Krankheiten (z.B. Typ-2-Diabetes, koronare Herzkrankheiten).
- Mangelernährung: Mangelernährung entsteht bei einer ungenügenden Nahrungs- bzw. Energieaufnahme und ist mit einem drastischen Rückgang der Muskel-, Organ- und Knochenmasse verbunden.
- Veränderungen des Magen-Darm-Traktes: Die Verdauungsorgane (v.a. der Magen) unterliegen während des Alterungsprozesses vielfältigen Veränderungen. Daraus resultiert u.a. eine Reduktion der Magensäurebildung, was sich wiederum negativ auf die Bioverfügbarkeit von Kalzium, Eisen und Vitamin B12 auswirkt und das Bakterienwachstum begünstigt. Weiter kommt es im Alter auch zu einer atrophischen Strukturveränderung der Schleimhäute durch Austrocknung, was sich in Verstopfungen, Diarrhö, gestörter Nährstoffabsorption und Funktionseinschränkungen der Organsysteme äussert.
- Osteoporose: Osteoporose geht einher mit einem schwerwiegenden Verlust an Knochenmasse und -dichte, wodurch das Frakturrisiko steigt. Osteoporose ist komplex begründet; eine Rolle spielen u.a. ein Mangel an Kalzium und Vitamin D, Medikamente, Hormonstörungen oder gastrointestinale Erkrankungen.

- Veränderungen des Flüssigkeitshaushaltes: Dehydration kommt bei älteren Menschen aus verschiedenen Gründen häufig vor, u.a. aufgrund eines verminderten Durstempfindens.
- Sinneswahrnehmung: Die Sinnesleistungen können bereits ab dem 25. Lebensjahr abnehmen. Ab 60 Jahren werden v.a. Einschränkungen der olfaktorischen und gustatorischen Empfindungen bemerkbar.

4.2 Spezielle Ernährungsbedürfnisse

Oben genannte physiologische Veränderungen haben veränderte Ernährungsbedürfnisse zur Folge. Wichtige Komponenten der Ernährung älterer Menschen zwischen 50-80 Jahren sind deshalb qualitativ hochwertiges Protein (1-1.5 g Protein pro kg Körpergewicht), Kalzium, Vitamin D, antioxidative Lebensmittelbestandteile, Wasser, eine angepasste Energiezufuhr sowie Nahrung mit hoher Nährstoffdichte. Die Energiezufuhr sollte bei 50- bis 75-Jährigen um 10% und bei über 75-Jährigen um 10-15% reduziert werden. Ebenfalls wichtig für die gute Gesundheit sind körperliche Bewegung und ein Körpergewicht im Normbereich [Gille 2010d].

4.3 Konsumverhalten und Präferenzen älterer Menschen

Physiologische Veränderungen und Konsumverhalten der Generation 50+ [Gille & Piccinali 2009]

Frisch und fein muss es sein [Piccinali et al. 2009]

Gesund darf es sein, aber schmecken muss es! [Piccinali 2010]

The Ageing Society and its Expectations towards Milk Products – Back to Basics [Bongartz & Piccinali 2010]

Why milk is beneficial for the elderly and how they consume it [Gille 2010e]

Ausgangslage: Wohlschmeckende, neue Produkte mit einer optimalen Nährstoffzusammensetzung für die Zielgruppe der Generation 50+ können nur entwickelt werden, wenn Daten zum Konsumverhalten sowie zu den Bedürfnissen und Vorlieben dieser Generation vorliegen.

Ziel: Die Konsumentenstudie „Was wählt die Schweizer Generation 50+ als Zwischenmahlzeit?“ untersuchte das Kauf- und Ernährungsverhalten sowie die Vorlieben von über 50-jährigen Schweizerinnen und Schweizern. Ein besonderer Fokus wurde auf den Verzehr von Milch und Milchprodukten gelegt, insbesondere als Zwischenmahlzeiten.

Material und Methode: Im Herbst 2008 wurden rund 700 Fragebögen verschickt, die von 253 Personen aus der Deutsch- (77%) und Westschweiz (20%) über 50 Jahren beantwortet wurden. Frauen und Männer waren je zur Hälfte vertreten. 38.7% waren pensioniert, 50.6% waren noch berufstätig.

Resultate: Die Hauptidealkriterien für Lebensmittel sind Frische und Geschmack, gefolgt von Saisonalität, Regionalität, Gesundheitsaspekt und Haltbarkeit. Die Lebensmittelzusammensetzung (v.a. Fett-, Vitamin- und Saccharosegehalt) wird von 90% der Befragten beachtet. Der Lebensmitteleinkauf erfolgt in Supermärkten (95%), Lebensmittelfachgeschäften (79%) und Wochenmärkten (60%). 61% der Befragten sind beim Ausprobieren neuer Lebensmittel zurückhaltend und greifen lieber auf bereits Bekanntes zurück. Milch und Milchprodukte wer-

den von 71% der Befragten 1- bis 2-mal täglich verzehrt, gewöhnlich zum Frühstück. Zwischenmahlzeiten werden nur von einem Drittel der Befragten regelmässig konsumiert (von 30-35% am Morgen und am Nachmittag und von knapp 20% nach dem Abendessen); Hauptkriterium für die Wahl der Produkte ist der Geschmack, gefolgt vom Gesundheitsaspekt und dem Energiegehalt. Beliebte Zwischenmahlzeiten sind v.a. Früchte, Milch und Milchprodukte (v.a. Käse, Joghurt und Milch), Brotwaren sowie süsse Snacks. Käse und Joghurt werden von 55% der Befragten und Milch von 40% der Befragten täglich bis mehrmals pro Woche verzehrt. Milch und Joghurt werden am liebsten unaromatisiert verzehrt. Über die Hälfte der Befragten beurteilen den auf dem Markt erhältlichen aromatisierten Joghurt als zu süss.

Schlussfolgerung: Es wäre nützlich, verarbeitete Lebensmittel zu entwickeln, die besonders auf die Ansprüche älterer Menschen ausgerichtet sind, da solche noch fehlen.

Eine ergänzende Befragung von vier Fokusgruppen à insgesamt 46 Personen in Deutschland und der Schweiz kam zum Schluss, dass minimal verarbeitete oder sogar natürliche Milchprodukte ohne Zusatzstoffe gewünscht werden. Snacks auf Milchbasis sind für ältere Menschen nicht von primärem Interesse. Aufgrund ihrer Lebensphase (Pensionierung) bestehen regelmässige Essenszeiten, so dass der Bedarf nach Snacks relativ gering ist [Bongartz & Piccinali 2010].

Gesund darf es sein, aber schmecken muss es! [Piccinali 2010]

Ausgangslage: Ausgangslage war oben genannte Studie von Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, die u.a. zum Schluss kam, dass mehr als die Hälfte der befragten Schweizerinnen und Schweizer über 50 die auf dem Markt erhältlichen aromatisierten Joghurts als zu süss beurteilten.

Ziel: Die Studie untersuchte die Süsseempfindung bei älteren Menschen und die physiologischen und psychologischen Faktoren, die sie beeinflussen. Ziel war es herauszufinden, welche die realen Präferenzen der älteren Bevölkerung sind.

Material und Methode: In einem ersten Schritt wurde ein Konsumententest mit Erdbeer- und Mokka-Joghurt in drei verschiedenen Zuckerkonzentrationen (10% (handelsüblich), 7% und 5%) durchgeführt.

Resultate: Erste Resultate zeigen im Gegensatz zur oben genannten Studie, dass die Joghurts mit der höchsten Zuckerkonzentration bevorzugt werden.

Schlussfolgerung: Affektive sensorische Eindrücke sind in der Lebensmittelauswahl wichtig und werden meist stärker gewichtet als vernunftbetonte Argumente (Ernährungswissen). Auf Dauer kann das Ernährungswissen vermutlich nur dann das Kaufverhalten steuern, wenn die zur Auswahl stehenden Lebensmittel sensorisch ebenbürtig sind.

Blicke über viele Tellerränder: was essen Schweizer Seniorinnen und Senioren? Die ERNA-Studie im Rahmen der SWISS-AGILE-Studie [Brombach et al. 2008]

Ausgangslage: Die ERNA-Studie (ERNährung im Alter) ist Teil einer grösseren Studie zu Essen und Alltagsgestaltung im höheren Lebensalter (SWISS-AGILE-Studie).

Ziel: Mittels der ERNA-Studie sollen Erkenntnisse gewonnen werden über die Ernährung von Schweizer Seniorinnen und Senioren, über ihr Einkaufs- und Kochverhalten sowie über ihre Informationsquellen.

Material und Methode: Es wurden in Privathaushalten lebende Seniorinnen und Senioren aus dem Kanton Zürich befragt (*Food-Frequency-Questionnaire*); die Rekrutierung erfolgte nach einem Schneeballverfahren. Der BMI und das Fettverteilungsmuster wurden anhand anthropometrischer Messungen berechnet.

Resultate: Es wurden 40 Personen befragt²⁵; das Durchschnittsalter betrug 70.6 Jahre. Die Mehrheit der Befragten schätzt ihren Gesundheitszustand als gut oder sehr gut ein. Das Einkaufen erfolgt bei Paaren häufig gemeinsam; das Kochen und die Mahlzeitenzubereitung ist bei Paaren hingegen eine weibliche Aufgabe. Im Allgemeinen achten die Befragten sehr auf gesunde Ernährung (v.a. fettarm, ausreichend trinken). Insgesamt werden die Empfehlungen für Früchte, Gemüse, Milch, Milchprodukte und Fisch aber nicht erreicht. Die Informationsbeschaffung zu Ernährung findet viel stärker über Familie und Freunde als über offizielle Kampagnen statt.

²⁵ Die meisten Interviews standen zum Zeitpunkt der Veröffentlichung des Posters noch aus.

5. Nutrigenomik und andere „-omics“-Technologien

„-omics“ wird als Nachsilbe in der modernen Biologie verwendet und steht für Analysen, die sich mit der Gesamtheit ähnlicher Einzelkomponenten beschäftigen. Dabei werden nicht nur eines, sondern bis zu mehr als 20'000 Merkmale mit einer Analyseverfahren untersucht und mit Computerunterstützung ausgewertet. So verbirgt sich etwa hinter Genomics nichts anderes als die Erforschung der Erbsubstanz (Gesamtheit aller Gene) eines Lebewesens. Da Milch und Käse biologischen Ursprungs sind, eignen sie sich bestens, um mit „-omics“ untersucht zu werden [Irmler 2010].

Nutrigenomik

Der menschliche Organismus setzt sich aus rund 25'000 Genen, 100'000 RNS-Molekülen, 1 Million Proteinen und mehreren Tausend Metaboliten zusammen, welche im Rahmen eines komplexen und dynamischen Systems miteinander reagieren. Das Gesamtverständnis des menschlichen Organismus setzt insofern das Studium all dieser Komponenten und ihrer Interaktionen voraus [Vergères 2007, Vergères & Sagaya 2007].

Die Nutrigenomik ist eine interdisziplinäre Wissenschaft, die auf einer dreissigjährigen Entwicklung in den Biowissenschaften (Medizin, Biochemie, Molekularbiologie), der Mikrotechnik und Informatik basiert [Vergères 2007, Vergères & Sagaya 2007]. Sie untersucht den molekularen Einfluss der Nährstoffe auf den menschlichen Organismus und ermöglicht eine umfassende Analyse der von der Ernährung verursachten Wirkungen auf den Stoffwechsel sowie auf die Vorbeugung chronischer Krankheiten [Vergères 2007, Vergères & Sagaya 2007, Vergères 2008, Sagaya et al. *submitted*]. Genetisch bedingte Anfälligkeiten für Krankheiten können somit mit gezielten Anpassungen in der Ernährung wesentlich verringert werden, was der Grundgedanke der Nutrigenomik ist [Walther & Rehberger 2008b]. Bei der Nutrigenomik wird die moderne Biotechnologie auf das Studium der Wechselwirkungen zwischen Lebensmitteln und *dem Menschen (als Spezies)* angewandt [Vergères 2008].

Abgesehen vom Nestlé-Forschungszentrum steckt die Nutrigenomik in der Schweiz noch in den Kinderschuhen. Generell muss zudem beachtet werden, dass noch eine Reihe von Punkten geklärt werden müssen, bevor die Nutrigenomik den Schritt von der Forschung in die Öffentlichkeit vollziehen kann. Zuerst ist das Potential der Nutrigenomik und insbesondere das der Nutrigenetik (siehe unten) als angewandte Wissenschaft abzusichern und zu bestätigen. Auch die klinische Gültigkeit der Nutrigenomik muss noch mit Studien von grösserer Tragweite bewiesen werden. Ferner muss auch der klinische Nutzen der nutrigenetischen Strategien nachgewiesen werden, denn die Diagnose eines bestimmten ungünstigen Polymorphismus ist nur hilfreich, wenn dann auch eine entsprechende Diät zur Verfügung steht [Vergères 2007, Vergères & Sagaya 2007].

Transkriptomik

Die Blutzellen-Transkriptomik ist ein vielversprechender Ansatz, um kleinste nährstoffinduzierte Veränderungen im menschlichen Organismus zu eruieren. Dieser Ansatz kann klassische Ernährungsinterventionsstudien ergänzen und hat ihnen gegenüber verschiedene Vorteile [Sagaya et al. *submitted*]:

- Die postprandiale Genexpression liefert rasch Ergebnisse – im Gegensatz zu Interventionsstudien, die immer eine relativ lange Studiendauer erfordern, um Zusammenhänge ableiten zu können.
- Ernährungsinterventionsstudien müssen sich auf die Messung einer begrenzten Anzahl vorselektionierter Biomarker beschränken, währenddem die Genom-weite Transkriptomik

eine ganzheitliche Untersuchung der Wirkungen bioaktiver Komponenten (einschliesslich komplex zusammengesetzter Lebensmittel) auf zelluläre Prozesse erlaubt.

- Das im Rahmen von Interventionsstudien für die Wirkungsmessung oftmals benötigte menschliche Gewebe ist ebenfalls beschränkt. Die für die Blutzellen-Transkriptomik benötigten weissen Blutkörperchen stehen hingegen in unbegrenzter Anzahl zur Verfügung, was v.a. im Zusammenhang mit der Untersuchung chronischer Entzündungskrankheiten von Interesse ist.

Postprandial blood cell transcriptomics in response to the ingestion of milk and yogurt by healthy individuals [Sagaya et al. *submitted*]

Ausgangslage: Das Genom-weite Transkriptomik-Screening von Milchprodukten in menschlichen Ernährungsinterventionsstudien kann dazu beitragen, die Eigenschaften dieser Produkte zu eruieren, insbesondere deren immunologische und metabolische Eigenschaften.

Ziele: Die Studie untersuchte die Genom-weiten postprandialen Effekte einer Portion Milch und Joghurt auf die Genexpression in menschlichen Blutzellen und leitete davon die physiologischen Prozesse ab, die durch die exprimierten Gene reguliert werden.

Material und Methode: Es wurde eine Ernährungsinterventionsstudie mit sechs gesunden Männern im Alter von 23-32 Jahren und mit einem BMI von 20.9-24.3 durchgeführt. Die Studie erfolgte randomisiert, kontrolliert, blind und im crossover-Design. Die Studie dauerte acht Tage. Die verabreichten Milch- und Joghurtproben wurden so aufbereitet, dass sie sich in ihrer Textur und in ihrem Aussehen nicht voneinander unterscheiden liessen.

Resultate: Es ist technisch möglich, die Blutzellen-Transkriptomik zur Untersuchung der physiologischen Eigenschaften von Nährstoffen im menschlichen Organismus einzusetzen. Die Portion Milch und Joghurt führte zu ähnlichen postprandialen physiologischen Antworten, d.h. die physiologische Reaktion des Menschen auf die Milch bzw. das Joghurt blieb trotz der Milchfermentation bei der Joghurt-Herstellung mehr oder weniger unverändert. In die Proteinsynthese oder im Energiestoffwechsel involvierte Gene werden durch die Milch- bzw. Joghurteinnahme stimuliert, währenddem entzündungsfördernde und apoptotische Vorgänge herunterreguliert werden. Milch und Joghurt weisen in Bezug auf ihre chemische Zusammensetzung mehr Gemeinsamkeiten als Unterschiede auf. Die Fermentation der Milch zu Joghurt hatte allerdings eine erhöhte Komplexität der chemischen Zusammensetzung zur Folge.

Schlussfolgerungen: Auf Basis der Erkenntnisse dieser Studie könnten Milchprodukte chronische Entzündungskrankheiten positiv beeinflussen. Das mittelfristige Ziel des Transkriptomik-Ansatzes ist die Entwicklung effizienter Methoden zur Selektion von Bakterien, mit denen sich fermentierte Milchprodukte mit gesundheitsfördernden Eigenschaften herstellen lassen.²⁶

²⁶ In diesem Zusammenhang liefert Transkriptomik neue Biomarker für die ernährungsphysiologischen Eigenschaften von Milchprodukten, die jetzt im Rahmen des Projektes NutriChip auf Proteinebene zur Selektion von Produkten untersucht werden (<http://www.nano-tera.ch/projects/403.php>).

Nutrigenetik

Die Nutrigenetik ist ein Teilbereich der Nutrigenomik, die in der Analyse der von der Ernährung verursachten Wirkungen noch weiter geht: Bei der Nutrigenetik wird bestimmt, auf welche Art und Weise der spezifische Genotyp eines jeden Individuums seine physiologische Antwort auf Nahrungsmittel beeinflusst [Vergères 2007, Vergères & Sagaya 2007]. Die moderne Biotechnologie wird insofern auf das Studium der Wechselwirkungen zwischen Lebensmitteln und *Populationen oder Individuen mit unterschiedlichem genetischem Hintergrund* angewandt [Vergères 2008].

Der Nutrigenetik-Ansatz könnte zu einer personalisierten Ernährung führen; zur Illustration seien zwei Beispiele genannt [Vergères 2007, Vergères & Sagaya 2007]:

- Eine Studie konnte zeigen, dass ein hoher Kaffeeconsum bei Personen, die ein ganz spezifisches SNP-Profil auf dem Cytochrom P450 kodierenden Gen besitzen, mit einem erhöhten Herzinfarktisiko korreliert ist. Dieses Profil führt zu einer weniger aktiven Form des Cytochroms P450, welches für die Entgiftung des Koffeins wichtig ist.
- In einer anderen Studie konnte gezeigt werden, dass der Einfluss eines geringen Fettverzehr auf die Entwicklung von Herz-Kreislauf-Krankheiten und von verschiedenen Krebsarten nur dann festgestellt werden kann, wenn man der molekularen Zusammensetzung der Fette und den genetischen Profilen der Konsumentenschaft Beachtung schenkt. Die Omega-3- und Omega-6-Fettsäuren scheinen demnach nur bei bestimmten genetischen Bevölkerungsgruppen günstig oder ungünstig zu wirken.

Die personalisierte Ernährung ist allerdings nicht neu, denn sie wird in zwei Fällen bereits seit Jahrzehnten angewandt [Vergères 2007, Vergères & Sagaya 2007]:

- Laktoseunverträglichkeit: Nur ein Teil der Menschheit hat die Fähigkeit geerbt, Laktose in der Milch zu verdauen. Für sie stellte sich das Vorhandensein vom für die Laktoseverdauung verantwortlichen Enzym Laktase als selektiver Vorteil heraus.
- Phenylketonurie: Diese Krankheit, die sich bei Nicht-Behandlung in schweren neurologischen Störungen äussert, tritt bei Neugeborenen und Kindern auf, bei welchen spezifische Mutationen bei denjenigen Proteinen vorliegen, die für die Transformation der Aminosäure Phenylalanin zu Tyrosin verantwortlich sind.

Proteomik

Die Gesamtheit aller Proteine eines biologischen Systems bezeichnet man als Proteom. Die Proteomik ist eine wissenschaftliche Disziplin zur qualitativen und quantitativen Erforschung dieses Proteoms, die einen umfassenden Einblick in die Proteinwelt eines Systems erlaubt [Irmiler & Egger 2010].

Proteomik-Methoden basieren auf biochemischen Trennverfahren. Dabei werden Proteingemische in einer 2-D-Gelelektrophorese in einem elektrischen Feld zuerst nach ihrem isoelektrischen Punkt und anschliessend nach ihrer Grösse aufgetrennt. Nach der Auftrennung werden die Proteine mit Farbstoffen sichtbar gemacht. Mit dieser Methode können Hunderte von Proteinen in einem Gel aufgetrennt und dargestellt werden. Mit Massenspektrometrie können die Proteine und Peptide schliesslich identifiziert werden [Irmiler & Egger 2010].

Innovationen dank Proteomics [Irmiler & Egger 2010]
Potenzial der „-omics“-Technologien [Irmiler 2010]

Ausgangslage: Die Milchfettkugelchenhülle MFGM umhüllt die Fetttropfen in der Milch und ist für den emulgierten Zustand des MilCHFettes verantwortlich. Deren Zusammensetzung und Struktur sind bisher allerdings nicht restlos aufgeklärt. Die Fettkugelchenmembranproteine besitzen grosses Potential für neue, natürliche Produkte mit einzigartigen technologischen und gesundheitsrelevanten Eigenschaften. Buttermilch enthält als Hauptproteine Kaseine und Molkenproteine; sie enthält daneben aber auch Spuren von Fettkugelchenhüllenproteinen und eignet sich deshalb gut, um die Eigenschaften dieser Proteine näher zu untersuchen.

Ziele: Agroscope Liebefeld-Posieux ALP erforscht die Fettkugelchenmembranproteine mit Proteomik. Ein Ziel dieser Untersuchungen ist es, Bestandteile mit emulgatorischen Eigenschaften zu finden, um diese als natürliche Emulgatoren in Lebensmitteln wie Speiseeis einzusetzen.

Material und Methode: Zuerst müssen die Kaseine und Molkenproteine mittels Fällung (mit Lab) aus der Buttermilch abgetrennt werden, um die Fettkugelchenmembranproteine möglichst umfassend entschlüsseln zu können.

Resultate: Die Fettkugelchenmembranproteine können im Anschluss an die Ausfällung der Kaseine und Molkenproteine mit Massenspektrometrie identifiziert werden.

Schlussfolgerungen: Mit Proteomik ist es möglich, den Einfluss der Milchverarbeitung auf die Funktion und Struktur der Fettkugelchenhüllenproteine zu untersuchen. Dieser Ansatz erlaubt es zudem, die an der Bildung, Sekretion und Zusammensetzung von Milch beteiligten Gene zu identifizieren und den Einfluss von Fütterung, Jahreszeit und genetischer Ausstattung von Rinderrassen auf die Milchzusammensetzung zu untersuchen.

Innovationen dank Proteomics [Irmiler & Egger 2010]
Potenzial der „-omics“-Technologien [Irmiler 2010]

Ausgangslage: Das Aroma von Käse wird wesentlich durch die Stoffwechselaktivität von Starterkulturen und der Rohmilchflora geprägt.

Ziel: Agroscope Liebefeld-Posieux ALP erforscht die Bildung von Aromastoffen in Käse mit Proteomik.

Resultate: In zahlreichen Rohmilchkäsen konnte am Ende der Reifung das Milchsäurebakterium *Lactobacillus casei* als wesentlicher Bestandteil der Käseflora identifiziert werden. Mit Proteomik konnte zudem ein Enzym identifiziert werden, welches an der mikrobiellen Aromabildung beteiligt ist und als Biomarker für die Selektion von aromabildenden Stämmen herangezogen werden kann. Die Bakterien-Stammsammlung von Agroscope Liebefeld-Posieux ALP enthält Stämme von *Lactobacillus casei*, welche aus der in Kaseinen enthaltenen Aminosäure Methionin flüchtige aromaaktive schwefelhaltige Verbindungen bilden oder auch nicht bilden können. Die vergleichende Proteomanalyse mit 2-D-Gelelektrophorese ist

ein ideales Werkzeug, diesen Unterschied auf molekularer Ebene aufzuklären und die Herkunft von Käse zu bestimmen.

Schlussfolgerungen: *Lactobacillus casei* scheint entscheidend an der Aromabildung in Käse beteiligt zu sein und hat das Potential, als Aromabildner für Halbhart- und Hartkäsesorten eingesetzt zu werden.

6. Diverse Themen

Nanotechnologie [Lötscher et al. 2008].

Nanotechnologie bezeichnet die gezielte Herstellung und/oder Manipulation einzelner Nanostrukturen im Bereich zwischen 1-100 nm zur Erzeugung neuer Eigenschaften und Funktionalitäten. Nanotechnologie ist ausgesprochen interdisziplinär und betrifft fast sämtliche Wissensbereiche und Techniksparten (Physik, Chemie, Biologie, Materialwissenschaften, Informatik, Umwelttechnik, Kosmetik, Nahrungsmittelbranche, Medizin usw.). Die Schweiz belegt in der nanotechnologischen Forschung eine Spitzenposition.

Nanotechnologie gilt als Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts, denn mit ihr lassen sich kleinere, schnellere, leistungsfähigere oder „intelligenter“ Systemkomponenten für Produkte mit deutlich verbesserten und zum Teil gänzlich neuartigen Funktionalitäten mit aussergewöhnlichen Materialeigenschaften realisieren. Zur Zeit sind über 500 Produkte – u.a. über 200 Produkte im Lebensmittelbereich – aus 25 Ländern auf dem Markt (Stand 2008), wobei sich die Zahl laufend vergrössert. Aufgrund der hohen Preise der Nanomaterialien sowie des noch nicht vollständig abschätzbaren Risikos für Mensch, Tier und Umwelt ist die breite Umsetzung und Anwendung der Nanotechnologie allerdings noch eingeschränkt. Für eine abschliessende Risikobeurteilung von synthetischen Nanopartikeln reichen die wissenschaftlichen und methodischen Grundlagen nämlich noch nicht aus. Bekannt ist, dass Stäube beim Menschen Erkrankungen hervorrufen können und dass Nanopartikel bei gleicher Masse aufgrund der grösseren Oberfläche stärkere Effekte erzeugen als grössere Partikel. Die Langzeiteffekte auf Mensch, Tier und Umwelt können aber noch nicht abgeschätzt werden.

Synthetische Nanopartikel unterliegen rechtlichen Bestimmungen. In den einzelnen Regulierungsbereichen bestehen jedoch keine partikelspezifischen Anforderungen, so dass es erhebliche Rechtsunsicherheiten gibt. Diese können sich u.a. innovationshemmend auswirken, da das Interesse der Wirtschaft gering ist, in die Entwicklung von Nanotechnologien oder Nanopartikel enthaltende Produkte zu investieren, solange nicht absehbar ist, welche rechtlichen Anforderungen zu erfüllen sind oder welche Restriktionen auf die Hersteller allenfalls noch zukommen. Aufgrund des noch nicht vollständig abschätzbaren Risikos für Mensch und Tier wird zur Zeit v.a. auf die Selbstkontrolle in der Industrie und im Gewerbe und auf einen Verhaltenskodex in der Forschung gesetzt.

In der breiten Öffentlichkeit wird Nanotechnologie noch wenig, allerdings aber kritisch wahrgenommen, ohne grundsätzlich abgelehnt zu werden. Die grössten Vorbehalte bestehen gegenüber nanotechnologisch veränderten Lebensmitteln – dies hauptsächlich aufgrund der noch unbekanntenen Risiken und des noch zu wenig erkannten Nutzens.

Aufgrund der bestehenden Unsicherheiten über Risiken, Regulierungsbedarf und Kundenakzeptanz sowie der zurückhaltenden Informationspolitik der Industrie entlang der Ernährungskette gibt es im Bereich Ernährung erst wenig konkrete Anwendungen von Nanotechnologien. Am weitesten fortgeschritten scheint die Nanotechnologie bei den Lebensmittelverpackern (z.B. antimikrobielle Verpackungen, optimierte Barriereigenschaften zur Haltbarkeitsverlängerung usw.); auch bei Wellness- und Sportprodukten gibt es nanotechnologische Anwendungen.

Nanotechnologie in der Lebensmittelindustrie ist grundsätzlich nichts Neues. Die Natur verpackt schlecht lösliche Komponenten (z.B. Vitamine, Farbstoffe) in Nanokristallite und Nanoemulsionen, so dass eine bessere Löslichkeit, eine höhere Bioverfügbarkeit und in manchen Fällen auch eine höhere Stabilität erreicht wird. Darin liegen auch die Chancen der An-

wendung der Nanotechnologie im Lebensmittelbereich. So kommt Nanotechnologie im Lebensmittelbereich beispielsweise zum Einsatz, indem Nährstoffe oder andere Nahrungsbestandteile in Mizellen eingeschlossen werden (z.B. Vitamine, Farbstoffe, bioaktive Substanzen usw.). Mit einer solchen Verkapselung können die Substanzen während der Verarbeitung und Lagerung geschützt und an den richtigen Ort im Körper gebracht und gezielt freigesetzt werden. Die Verkapselung kann zudem auch die Löslichkeit und Bioverfügbarkeit der Substanzen erhöhen. Nanomaterialien kommen in Lebensmitteln auch als Hilfs- und Zusatzstoffe zum Einsatz (z.B. Kieselsäure als Rieselhilfe oder Verdickungsmittel) oder finden als Nahrungsergänzungsmittel Verwendung (z.B. Zink, Kalzium, Magnesium). Aus toxikologischer Sicht ist bei den verwendeten Mizellen im Bereich der Nahrungsergänzungsmittel kein besonders hohes Risikopotential zu befürchten, wenn es sich bei den hier verwendeten Substanzen um natur- bzw. körpernahe Substanzen handelt und deren Abbauprodukte ebenfalls unkritisch sind. Stattdessen kann aufgrund der verbesserten Bioverfügbarkeit jedoch eine Überdosierung des darin enthaltenen Wirkstoffes auftreten und gesundheitliche Auswirkungen haben (z.B. langfristig schädliche Wirkungen fettlöslicher Vitamine).

Die Aktivitäten von Agroscope im Bereich Nanotechnologien und Nanopartikel umfassen Foresight, Informationsbeschaffung, Vernetzung und Umweltforschung:

- ACW-Projekt „Auswirkung neuer Technologien und Rahmenbedingungen auf Qualität und Sicherheit landwirtschaftlicher Produkte“
- Absichtserklärung von ALP, sich an der Nano-Tera.ch zu beteiligen und eine geplante Zusammenarbeit mit der Universität Fribourg, möglicherweise im Bereich Verpackungen und biozide Oberflächen²⁷
- drei Forschungsprojekte von ART zum Thema Umwelt und Nanopartikel

Biokristallisationsmethode [Kahl et al. 2009]

Die Biokristallisationsmethode wurde für pflanzliche Produkte standardisiert und in einer Studie nun auch bei Milch- und Butterproben aus kontrollierten Fütterungsversuchen mit erfreulichen Resultaten getestet. Es zeigte sich, dass Proben unterschiedlicher Herkunft (von Kühen, die unterschiedlich gefüttert worden waren) mit dieser Methode signifikant unterschieden werden können. Die Proben stammten von Agroscope Liebefeld-Posieux ALP und waren im Frühling und Herbst 2006 aus zwei verschiedenen Kuhherden mit unterschiedlicher Fütterung gewonnen worden.

Honig [Bogdanov et al. 2008]

Die botanische Herkunft von Honig hat einen Einfluss auf dessen Aussehen, sensorische Eigenschaften (Aromastoffe) und Zusammensetzung. Honig besteht zu 95% aus Fruktose und Glukose; daneben enthält Honig rund 25 verschiedene Oligosaccharide (v.a. Saccharose, Maltose, Trehalose und Turanose) und geringe Anteile an Proteinen (rund 0.5%, v.a. in Form von Enzymen und freien Aminosäuren), Mineralstoffen (u.a. Chrom, Mangan, Selen), Vitaminen, Aromastoffen und Polyphenolen (v.a. Flavonoide).

Honig kann wie alle anderen Naturprodukte auch Umweltkontaminanten wie Schwermetalle, Pestizide, Antibiotika usw. enthalten, wobei die Kontaminationsgehalte in Europa kein Gesundheitsrisiko darstellen. Das Hauptproblem der letzten Jahre betraf die Kontamination mit Antibiotika, die zum Schutz vor Bienenkrankheiten eingesetzt werden, in der EU allerdings verboten sind.

²⁷ ALP ist inzwischen mit dem Projekt NutriChip an Nano-Tera.ch beteiligt – eine Technologie-Plattform für Nahrungsmitteluntersuchungen zur Förderung der gesunden Ernährung (<http://www.nano-tera.ch/projects/403.php>).

Der Glykämische Index (GI) von Honig beträgt je nach botanischer Herkunft 32-85. Der GI sinkt mit zunehmendem Fruktoseanteil im Honig. Akazienhonig, welcher einen hohen Fruktoseanteil und somit einen tiefen GI aufweist, könnte deshalb von Nutzen sein für Diabetiker, da er von ihnen gut vertragen wird und da der regelmässige Konsum von Lebensmitteln mit hohem GI als Risikofaktor für Typ-2-Diabetiker gilt.

Beim Konsum grosser Mengen (50-80 g) hat Honig verschiedene positive physiologische Wirkungen:

- antimikrobiell, antiviral, antiparasitär: Die antimikrobielle, antivirale und antiparasitäre Wirkung von Honig geht auf verschiedene Substanzen (u.a. Wasserstoffperoxid, aromatische Säuren) zurück und hängt von der botanischen Herkunft des Honigs ab. Auch die tiefe Wasseraktivität und der tiefe pH-Wert von Honig spielen eine Rolle.
- antioxidativ: Honig enthält diverse antioxidativ wirksame Substanzen, u.a. Ascorbinsäure, Flavonoide, organische Säuren und Aminosäuren.
- antimutagen, antikanzerogen: Honig aktiviert das Immunsystem und könnte zur Prävention von Krebs und Metastasen beitragen.
- entzündungshemmend: Honig wirkt auch entzündungshemmend, wobei die Mechanismen noch nicht abschliessend geklärt sind. Diskutiert wird, dass Honig möglicherweise die Bildung freier Radikale hemmt, die vom entzündeten Gewebe freigesetzt werden, oder dass die entzündungshemmende Wirkung von Honig auf dessen antibakterielle Wirkung zurückgeht.

Infolge seiner diversen physiologischen Effekte hat Honig auch verschiedene gesundheitlich positive Auswirkungen – sofern er in genügend hohen Mengen konsumiert wird (50-80 g). Im Vergleich zu Saccharose scheint Honig weniger kariogen zu sein, da er durch seine antibakterielle Wirkung das Wachstum kariesverursachender Bakterien hemmt und sich dadurch teils sogar zahnschützend auswirken könnte. Weiter wird Honig aufgrund seiner antimikrobiellen und antioxidativen Wirkungen in der Prävention und Therapie von Magen-Darm-Erkrankungen eingesetzt (z.B. Gastritis, Magengeschwür), u.a. indem er das Wachstum von *Helicobacter pylori* hemmt. Beim Konsum grosser Mengen (50-100 g) wirkt Honig leicht abführend. Ferner könnte sich Honig auch kardioprotektiv auswirken, indem er u.a. das Gesamtcholesterin, das LDL-Cholesterin und die Triglyzeride im Blut senkt und das HDL-Cholesterin im Blut leicht erhöht.

Honig wirkt sich auch in der Säuglingsernährung positiv aus. Einer der Gründe dafür geht auf die wissenschaftlich belegte Wirkung von Oligosacchariden auf *Bifidobacterium bifidus* zurück. Allerdings birgt Honig das Risiko einer Kontamination mit dem Bakterium *Clostridium botulinum*, dessen Sporen im Honig zwar keine Toxine produzieren, darin aber überleben können. Im Magen von Kleinkindern unter 12 Monaten können diese Sporen aus dem Honig theoretisch Toxine produzieren, weshalb Honig erst Kindern ab 1 Jahr gegeben werden sollte.

Aufgrund seines hohen Kohlenhydratgehaltes und seiner funktionellen Eigenschaften ist Honig schliesslich auch eine gute Energiequelle für Sportler.

Verbrauch an Kohlenhydraten und Nahrungsfasern in der Schweiz [Sieber & Reinli 2009]

Kohlenhydrate und Nahrungsfasern zählen zu den unentbehrlichen Nährstoffen in der menschlichen Ernährung. Laut den vier Schweizerischen Ernährungsberichten aus den Jahren 1979-2002 lag der tägliche Verbrauch von Kohlenhydraten bei durchschnittlich 350-385 g pro Kopf (46-51 Energie-%: Hauptquellen: Getreide, Saccharose) und derjenige von Nah-

rungsfasern bei durchschnittlich 22-26 g pro Kopf (Hauptquellen: Getreide, Gemüse, Früchte). Der Zuckerverbrauch machte in dieser Zeitperiode 13-18 Energie-% aus.

Mangels Schweizerischer Verzehrdaten wird auf Verbrauchsdaten zurückgegriffen; diese stellen jedoch kein geeignetes Mittel dar, um die effektive Nährstoffzufuhr zu beurteilen. Die Abschätzung des so genannten „angenäherten Verzehr“ zeigt denn auch, dass die Differenz nur schon zwischen Verbrauchsdaten und Daten zum angenäherten Verzehr bei den Kohlenhydraten und bei den Nahrungsfasern bis zu 10% betragen kann. Ernährungserhebungen verschiedener Schweizer Kollektiven zeigen teils ebenfalls grosse Spannbreiten im täglichen Verzehr von Kohlenhydraten und Nahrungsfasern, so dass oben genannte Verbrauchsdaten mit Vorsicht zu interpretieren sind.

Nach den Empfehlungen der Deutschen, Schweizerischen und Österreichischen Gesellschaften für Ernährung (DACH-Referenzwerte) sollte die Kohlenhydratzufuhr mehr als 50% der Energiezufuhr ausmachen und die Zufuhr an Nahrungsfasern bei mindestens 30 g pro Tag liegen. Die DACH-Referenzwerte zum Zuckerkonsum besagen schliesslich, dass „mit Zucker ein moderater Umgang empfohlen wird“. Der Kohlenhydratverbrauch liegt demnach im Bereich der Empfehlungen. Allerdings muss die Qualität der aufgenommenen Kohlenhydrate verbessert werden, indem mehr nahrungsfaserreiche Lebensmittel und weniger Zucker konsumiert wird.

Fruktose [Schmid 2008]

Seit Jahrzehnten herrscht in der Ernährungswissenschaft das Dogma, dass ein hoher Fettkonsum die Entwicklung des metabolischen Syndroms begünstigt. Darunter versteht man die Ansammlung von Übergewicht, Bluthochdruck, abnormalen Blutfettwerten, einem verminderten Ansprechen des Körpers auf Insulin und, als Folge davon, Herz-Kreislauf-Krankheiten. Im Jahr 2002 wurde erstmals vermutet, dass nicht Fett, sondern der Fruktoseanteil in der Saccharose für die Epidemie an Herz-Kreislauf-Krankheiten verantwortlich sei.

Klinische Studien bestätigen, dass Saccharose und insbesondere Fruktose eine Gewichtszunahme und verschiedene Aspekte des metabolischen Syndroms fördern können. Der Effekt von Fruktose beruht auf verschiedenen Mechanismen, die allerdings noch nicht vollständig geklärt sind.

Vor diesem Hintergrund ist es nicht ratsam, das Augenmerk nur auf eine Reduktion des Fetts in der Nahrung zu richten und andere Aspekte ausser Acht zu lassen. Der Gesundheit am zuträglichsten ist eine ausgewogene Aufnahme aller Makronährstoffe im Rahmen einer angepassten Energiezufuhr unter Berücksichtigung möglichst natürlicher Lebensmittel.

Wirkung von Fett auf die glykämische Antwort von Weissbrot [Walther 2008b]

Die Zugabe von bescheidenen Mengen Fett (5 g) kann die glykämische Antwort von Weissbrot senken. Die Aussagen darüber, welche Fettart die beste Wirkung hat, sind aber widersprüchlich. Diese Erkenntnis hat insbesondere für Menschen, die an Typ-2-Diabetes leiden, eine wichtige Bedeutung.

Kochsalz [Walther & Wehrmüller 2008]

Mehr als 100 klinische Studien belegen, dass es zwischen Blutdruck und dem Konsum von Natrium einen signifikanten Zusammenhang gibt. Demnach kann eine Reduktion von rund 4.5-5.8 g Kochsalz (Natriumchlorid) pro Tag den systolischen Blutdruck um 1-5 mmHg und den diastolischen Blutdruck um 0.6-3 mmHg senken. Ebenso ist bekannt, dass Patienten mit

Bluthochdruck ein grösseres Risiko für Herz-Kreislauf-Krankheiten tragen. Die Beschränkung des Kochsalzkonsums ist deshalb eine gebräuchliche Empfehlung, um den Blutdruck und damit das Risiko für Herz-Kreislauf-Krankheiten und Mortalität zu senken.

Die gross angelegte *Third National Health and Nutrition Examination Survey* (NHANES III) relativiert diese Empfehlung jedoch. Sie umfasste 8699 US-Bürger im durchschnittlichen Alter von 30 Jahren ohne Vorgeschichte von Herz-Kreislauf-Krankheiten, die zwischen 1988 und 1994 rekrutiert und deren Gesamtmortalität und Mortalität infolge von Herz-Kreislauf-Krankheiten mittels der im Sterberegister aufgeführten Todesursachen bestimmt wurden. Die Studie kam zum Schluss, dass ein höherer Natriumkonsum für Erwachsene (US-Bürger) wahrscheinlich nicht in direkter und unabhängiger Beziehung steht zu einem erhöhten Risiko für Herz-Kreislauf-Krankheiten und Gesamtmortalität. Es wurden zudem Zusammenhänge zwischen tiefem Natriumkonsum und erhöhter Mortalität gefunden; diese waren allerdings nicht signifikant. Die Stärke der Studie (repräsentative Stichprobe) muss allerdings insofern relativiert werden, als die Studie auch einige Schwächen hat. So wurde die Kochsalzaufnahme nur mit einer einzigen 24-Stunden-Befragung erfasst (keine Urinalysen, die als *Golden Standard* gelten). Wie in allen Beobachtungsstudien bleibt zudem trotz statistischer Bereinigung eine Wahrscheinlichkeit für Störfaktoren bestehen.

7. Zusammenfassender Überblick

In den Jahren 2008-2010 hat sich das Agroscope Forschungsprogramm NutriScope auf dem Gebiet der Ernährung im Wesentlichen auf drei Forschungsbereiche konzentriert:

- Milch und Milchprodukte
- Fleisch und Fleischprodukte
- Pflanzliche Lebensmittel

Unter diesen drei Hauptforschungsbereichen wurden die Themen „Milch und Milchprodukte“ durch Agroscope am stärksten untersucht, was vermutlich zumindest teils historisch begründet ist.²⁸ Neben diesen drei Hauptforschungsbereichen wurden in den Jahren 2008-2010 viele weitere Forschungsthemen durch Agroscope bearbeitet, u.a. „Ernährung im Alter“ und Nutrigenomik. Letztere überschneiden sich beide teils mit dem Themenbereich „Milch und Milchprodukte“. Für die inhaltliche Zusammenfassung der vorliegenden Synthese sei auf das Kapitel „Zusammenfassung“ verwiesen.

Die Fülle der unter NutriScope 2008-2010 auf dem Gebiet der Ernährung erforschten Themen zeigt einerseits, wie breit das Forschungsprogramm ist. Andererseits zeugt die Themenfülle aber auch von einer gewissen thematischen Verzettelung bzw. unklaren inhaltlichen Ausrichtung von NutriScope 2008-2010. Dies wiederum erschwert es, eine umfassende Zusammenfassung der ernährungsbezogenen Hauptkenntnisse aus NutriScope 2008-2010 zu verfassen und augenfällige Datenlücken in den jeweiligen Forschungsbereichen zu identifizieren.

Milch und Milchprodukte

Wie bereits erwähnt wurde der Themenbereich „Milch und Milchprodukte“ im Rahmen von NutriScope 2008-2010 stark erforscht. Im Zentrum der Forschungsarbeiten standen:

- die Zusammensetzung von Milch und Milchprodukten
- die Einflüsse auf die Zusammensetzung von Milch und Milchprodukten
- die gesundheitliche Bedeutung von Milch und Milchprodukten

Ein Grossteil der NutriScope-Studien zum Themenbereich „Milch und Milchprodukte“ waren reine Literaturarbeiten und keine eigenen Analysen. Die Eigenanalysen im Rahmen von NutriScope 2008-2010 befassten sich mit folgenden Aspekten:

- Zusammensetzung von Milch und Milchprodukten: Analysen von Nährstoffen, weiteren Nahrungsbestandteilen und Aromastoffen in Milch und Milchprodukten sowie von Bakterienstämmen in Käse
- Einflüsse auf die Zusammensetzung von Milch und Milchprodukten: Einflüsse der Saison, der geographischen Lage der Milchproduktion (Tal-/Berggebiet), der Fütterung der Kühe sowie des Produktionssystems (z.B. Bioproduktion)
- sensorische Untersuchungen von Milch und Milchprodukten: Einflüsse auf Textur, Aroma und Geschmack

Die gesundheitliche Bedeutung von Milch und Milchprodukten nimmt im Rahmen von NutriScope 2008-2010 einen wichtigen Stellenwert ein. Es fällt aber auf, dass zu diesem Themenbereich bisher erst wenige Eigenanalysen durchgeführt wurden.

²⁸ Agroscope Liebefeld-Posieux ALP ging aus der damaligen Eidgenössischen Forschungsanstalt für Milchwirtschaft hervor.

Fleisch und Fleischprodukte

Im Zentrum der Forschungsarbeiten zum Thema „Fleisch und Fleischprodukte“ im Rahmen von NutriScope 2008-2010 standen:

- die Zusammensetzung von Fleisch und Fleischprodukten
- die Möglichkeiten zum Ersatz von Nitrat sowie die Möglichkeiten zur Fettreduktion in Fleischprodukten
- die sensorischen Eigenschaften von Fleisch
- die gesundheitlichen Aspekte von Fleischfett und von bioaktiven Substanzen in Fleisch und Fleischprodukten

Die Eigenanalysen im Rahmen von NutriScope 2008-2010 beschränkten sich auf die Untersuchung folgender Aspekte:

- Zusammensetzung von Fleisch und Fleischprodukten: Analysen von Schweizer Brühwürsten, Schweizer Rohwürsten und Schweizer Rohpökelfleischwaren auf ihren Gehalt an Nährstoffen und weiteren Nahrungsbestandteilen
- Möglichkeiten zum Ersatz von Salpeter als Nitratquelle durch ein Gemüsepulver sowie Möglichkeiten zur Fettreduktion in Fleischprodukten
- Untersuchung des Einflusses des Produktionssystems auf die Fleischqualität (1 Studie)
- sensorische Eigenschaften von Fleisch: Einflüsse des Produktionssystems (1 Studie)

Pflanzliche Lebensmittel

Im Zentrum der Forschungsarbeiten zum Thema „Pflanzliche Lebensmittel“ im Rahmen von NutriScope 2008-2010 standen:

- Äpfel: Polyphenolgehalt und Einflussfaktoren, Lagerungstechniken, qualitätsbestimmende Faktoren
- Carotinoidhaltige Gemüse: Einflussfaktoren auf Carotinoidgehalte, Biozugänglichkeit von Carotinoiden
- Erdbeeren: Zusammensetzung, Einflussfaktoren
- Raps: Fettsäurezusammensetzung

Zu bemerken ist allerdings, dass die Studien zum Thema „Pflanzliche Lebensmittel“ erst im Jahr 2008 gestartet wurden, so dass ein Grossteil davon im Rahmen von NutriScope 2008-2010 noch nicht öffentlich gemacht werden konnten und insofern auch nicht in die vorliegende Synthese einfließen.

Ernährung im Alter

Im Zentrum der Forschungsarbeiten zum Thema „Ernährung im Alter“ im Rahmen von NutriScope 2008-2010 standen:

- die physiologischen Veränderungen im Alter
- die speziellen Ernährungsbedürfnisse
- das Konsumverhalten und die Präferenzen älterer Menschen im Bereich Milch und Milchprodukte

Eigenanalysen wurden nur zum Konsumverhalten und zu den Präferenzen älterer Menschen durchgeführt.

Nutrigenomik und andere „-omics“-Technologien

Die Forschungsarbeiten zum Thema „Nutrigenomik und andere ‚-omics‘-Technologien“ im Rahmen von NutriScope 2008-2010 befassten sich mit Nutrigenomik, Transkriptomik, Nutri-genetik und Proteomik. Zu Transkriptomik und Proteomik wurden Eigenanalysen mit Milch und Milchprodukten durchgeführt.

Weitere Forschungsarbeiten

NutriScope 2008-2010 umfasste schliesslich auch einzelne Literaturarbeiten zu folgenden Themen: Nanotechnologie, Biokristallisationsmethode, Honig, Verbrauch von Kohlenhydraten und Nahrungsfasern in der Schweiz, Fruktose, Wirkung von Fett auf die glykämische Antwort von Weissbrot, Kochsalz.

8. Empfehlungen zur inhaltlichen Fortführung von NutriScope

Die nachfolgend dargelegten Empfehlungen basieren auf der vorliegenden Synthese sowie auf den strategischen Zielen von Agroscope bzw. NutriScope, wie sie auf den entsprechenden Webseiten zu finden sind. Sie entsprechen den persönlichen Empfehlungen der Autorin. Unberücksichtigt blieben dabei Forschungsarbeiten, die bereits in Vorbereitung sind, sowie die bestehenden Rahmenbedingungen des Forschungsprogramms NutriScope wie beispielsweise personelle und finanzielle Ressourcen, politische Gegebenheiten oder strategische Vorgaben. Diese Rahmenbedingungen sind im Zusammenhang mit der Fortführung von NutriScope natürlich ebenfalls zu beachten.

Ausgangslage

Agroscope fördert laut www.agroscope.ch eine multifunktionale und wettbewerbsfähige schweizerische Landwirtschaft und achtet dabei auf wirtschaftliche, ökologische und soziale Anliegen. Agroscope richtet sich auf zukünftige Herausforderungen aus und gibt transdisziplinären und innovativen Systemansätzen den gebührenden Stellenwert. Agroscope arbeitet anwendungsorientiert.

Das Agroscope Forschungsprogramm NutriScope hat laut www.nutriscope.ch zum Ziel, den Konsumentinnen und Konsumenten landwirtschaftlicher Erzeugnisse ein Maximum an Mehrwert zu bieten. Die am Programm beteiligten Partner erreichen dies, indem sie entlang der Lebensmittelkette – vom Anbau bis zum verzehrfertigen Produkt – die in ihrer Kompetenz liegenden Parameter optimieren, welche über die Qualität, Sicherheit und Gesundheit der Lebensmittel inländischer Produktion entscheiden.

Generelle Empfehlungen

Aus Sicht der Autorin sollte sich NutriScope auf dem Gebiet der Ernährung in Zukunft verstärkt auf Forschungsbereiche konzentrieren, die zu den Kernkompetenzen von Agroscope bzw. NutriScope gehören – dies einerseits in Bezug auf Literaturarbeiten, aber andererseits auch in Bezug auf Eigenanalysen. Nur so wird es möglich sein, relevante Forschungslücken in Zukunft systematisch zu detektieren und die Forschung im Rahmen von NutriScope entsprechend dieser Forschungslücken auszurichten. Die Kernkompetenzen sollten sich dabei an den strategischen Zielen von Agroscope und NutriScope orientieren.

Ferner sollte die Zielsetzung von Agroscope in Bezug auf Anwendungsorientierung stets präsent sein – insbesondere auch, was Literaturarbeiten im Rahmen von NutriScope angeht.

Schliesslich sollte die Öffentlichkeitsarbeit mit dem Absender NutriScope intensiviert werden, um den enormen Wissenspool von NutriScope auf dem Gebiet der Ernährung nach aussen zu tragen und NutriScope auch in Ernährungsfachkreisen als wichtiges Forschungsprogramm zu positionieren.

Milch und Milchprodukte

Wie bereits mehrfach erwähnt, wurde der Themenbereich „Milch und Milchprodukte“ im Rahmen von NutriScope 2008-2010 stark erforscht. Eine offensichtliche Forschungslücke besteht allerdings in Bezug auf Eigenanalysen zur gesundheitlichen Bedeutung von Milch und Milchprodukten. Dieser Bereich bzw. insbesondere die klinischen Aspekte hiervon liegen zwar nicht im Kernkompetenzbereich von Agroscope. In Partnerschaft mit klinischen For-

schungsstätten liessen sich aber wertvolle Erkenntnisse gewinnen, die der Zielsetzung von Agroscope in Bezug auf Transdisziplinarität nachkommen und auch internationale Beachtung gewinnen könnten. Aus Sicht der Autorin verdient die Untersuchung folgender Zusammenhänge aufgrund der gegenwärtigen Datenlage und im Hinblick auf die strategischen Ziele von Agroscope und NutriScope besondere Beachtung (Humanstudien):

- Zusammenhänge zwischen gesättigten Fettsäuren, natürlichen Transfettsäuren und Konjugierten Linolsäuren aus Milchprodukten (z.B. Käse) einerseits und Blutfettwerten, Atherosklerose und Herz-Kreislauf-Krankheiten andererseits
- Blutdrucksenkende Wirkung von Schweizer Milch und von verschiedenen Schweizer Milchprodukten (z.B. Schweizer Käse) unter Berücksichtigung der darin enthaltenen Nährstoffe und Nahrungsbestandteile (z.B. VPP, IPP, Kalzium, aber auch Natrium und biogene Amine)
- Potential von Molkenprotein-basierten Produkten im Sporternährungsbereich, in der Altersernährung, im Stressmanagement und in der Diabetesernährung
- Sensorische Studien zum Einfluss natürlicher Substanzen (z.B. Inulin) auf Textur und Geschmack sowie auf gesundheitliche Eigenschaften (z.B. prebiotische Eigenschaften) von Milchprodukten
- Gesundheitliche Auswirkungen probiotischer Zusätze zu Käse (z.B. auf Immunsystem)
- Nutzen probiotischer Milchprodukte in der Behandlung atopischer Dermatitis

Im Themenbereich „Milch und Milchprodukte“ bestehen ein enormer Wissenspool und somit ein grosses Potential, Agroscope bzw. NutriScope auch auf internationaler Ebene zu positionieren. Das vorhandene Wissen könnte beispielsweise in Form von Reviews veröffentlicht werden – wie dies teils bereits gemacht wurde. Der Fokus sollte dabei allerdings auf renommierten Fachzeitschriften liegen, die international anerkannt sind.

Fleisch und Fleischprodukte

Schweizer Brühwürste, Schweizer Rohwürste und Schweizer Rohpökelwaren wurden im Rahmen von NutriScope 2008-2010 auf ihren Gehalt an Nährstoffen und an weiteren Nahrungsbestandteilen hin analysiert. Eine entsprechende Übersichtsarbeit mit dem Absender Agroscope bzw. NutriScope über die Zusammensetzung von Schweizer Frischfleisch scheint jedoch noch zu fehlen. Allerdings veröffentlichte die ETH Zürich die Nährwerte von Fleisch und Fleischprodukten, zuletzt im Jahr 2006. Die Empfehlung für NutriScope lautet insofern, einerseits als zukünftige Herausgeberin der Nährwertdaten von Frischfleisch und Fleischprodukten aufzutreten (allenfalls zusammen mit der ETH Zürich) und den Fokus andererseits auf Schweizer Fleisch und Fleischprodukte zu legen.

NutriScope 2008-2010 hat sich betreffend der gesundheitlichen Bedeutung von Fleisch auf das Thema Fleischfett konzentriert (1 Literaturarbeit). Es fehlt im Rahmen von NutriScope aber eine Übersichtsarbeit bzw. Übersichtsarbeiten zu spezifischen gesundheitlichen Aspekten von Schweizer Frischfleisch als Ganzes – sowohl in Form von Literaturarbeiten als auch in Form von Eigenanalysen. Betreffend Eigenanalysen ist allerdings auch hier zu bemerken, dass insbesondere die klinischen Aspekte nicht im Kernkompetenzbereich von Agroscope liegen, weshalb eine Partnerschaft mit klinischen Forschungsstätten unerlässlich wäre. Aufgrund der dürftigen Datenlage wären Eigenanalysen zur gesundheitlichen Bedeutung von bioaktiven Substanzen in Fleisch und Fleischprodukten von besonderem Interesse.

Eisen, Selen und Thiamin (Vitamin B1) als wichtige natürliche Fleischbestandteile wurden im Rahmen von NutriScope 2008-2010 in Literaturarbeiten untersucht. Als Nächstes drängen sich Literaturarbeiten zu Zink und Vitamin B12 auf.

Pflanzliche Lebensmittel

Der Themenbereich „Pflanzliche Lebensmittel“ im Rahmen von NutriScope 2008-2010 ergab zwar interessante Forschungsergebnisse, wurde aber ungenügend erforscht, als dass daraus prioritäre Forschungslücken ableitbar wären.

Falls NutriScope auch in Zukunft einen Forschungsschwerpunkt im Bereich der pflanzlichen Lebensmittel legen will bzw. muss, sollten vorerst die prioritären Forschungsfragen formuliert werden. Diese sollten sich einerseits an den strategischen Zielen von Agroscope bzw. NutriScope und andererseits an der internationalen Literatur orientieren. Mögliche Ansätze für Forschungsfragen wären beispielsweise:

- Inwiefern heben sich Schweizer Früchte und Gemüse in ernährungsphysiologischer und gesundheitlicher Hinsicht von ausländischen Früchten und Gemüse ab?
- Inwiefern wirkt sich die Bioproduktion auf die ernährungsphysiologische Zusammensetzung pflanzlicher Lebensmittel aus?
- Wie lässt sich der Gehalt an gesundheitlich relevanten Mikronährstoffen, Nahrungsfasern und sekundären Pflanzenstoffen in pflanzlichen Lebensmitteln steigern?
- Inwiefern wirken sich Nährstoffe pflanzlichen Ursprungs (aus Früchten, Gemüse, Getreide, Kartoffeln, Hülsenfrüchten usw.) auf die Gesundheit des Menschen anders aus als Nährstoffe tierischen Ursprungs (aus Milch, Milchprodukten, Fleisch, Fleischprodukten, Eiern usw.)?

Weitere Forschungsarbeiten

NutriScope sollte sich auf dem Gebiet der Ernährung aus Sicht der Autorin auch in Zukunft auf die drei Forschungsschwerpunkte „Milch und Milchprodukte“, „Fleisch und Fleischprodukte“ und „Pflanzliche Lebensmittel“ konzentrieren und die finanziellen und personellen Ressourcen dort einsetzen.

Weitere Forschungsthemen auf dem Gebiet der Ernährung sollten:

- einen eindeutigen Bezug zu Agroscope und NutriScope haben (z.B. Forschung zu Honig)
- und/oder einen klaren Bezug zu den drei Forschungsschwerpunkten „Milch und Milchprodukte“, „Fleisch und Fleischprodukte“ und „Pflanzliche Lebensmittel“ haben
- und/oder zukunftsweisende Ansätze verfolgen (z.B. „-omics“-Technologien)

9. Literaturverzeichnis

Abilleira E, Collomb M, Schlichtherle-Cerny H, Virto M, de Renobales M, Barron LJR. Winter/Spring Changes in Fatty Acid Composition of Farmhouse Idiazabal Cheese Due to Different Flock Management Systems. *J Agric Food Chem* 2009; 57: 4746-4753.

Bachmann HP, Rehberger B, Schmid A, Walther B. Gesundheit mit Milchprodukten. *Alimenta* 2007; 4: 4-5.

Bachmann HP, Bütikofer U, Burkhardt R, Eberhard P, Fröhlich-Wyder MT, Guggisberg D, Irmeler S, Jakob E, Marschnig S, Piccinalli P, Schlupe K, Schreier K, Wechsler D, Wehrmüller K. 5th IDF Symposium on Cheese Ripening, Bern, Switzerland, 9-13 March 2008. *ALP science* 2008: 525.

Bachmann HP, Beuviel E, Buchin S, Fröhlich-Wyder MT, Jakob E, Roth E, Wechsler D. Raw milk cheeses. *Encyclopedia of dairy sciences*, Academic Press (in press)

Baumgartner D, Gilliard A, Höhn E. Essqualität von Äpfeln und Infrarotspektroskopie. *Schweiz Z Obst-Weinbau* 2007; 20(7): 8-11.

Baux A, Hebeisen T, Pellet D. Effects of minimal temperatures on low-linolenic rapeseed oil fatty-acid composition. *Europ. J. Agronomy* 2008; 29: 102-107.

Bisig W, Eberhard P, Collomb M, Rehberger B. Influence of processing on the fatty acid composition and the content of conjugated linoleic acid in organic and conventional dairy products – a review. *Lait* 2007; 87: 1-19.

Bisig W, Collomb M, Bütikofer U, Sieber R, Bregy M, Etter L. Saisonale Fettsäurezusammensetzung von Schweizer Bergmilch. *Agrarforschung* 2008; 15(1): 38-43.

Bisig W, Wehrli U. Was steckt in der Bio-Bergmilch? *SHL Info* 2009; 3: 16-17.

Bogdanov S, Jurendic T, Sieber R, Gallmann P. Honey for Nutrition and Health: a Review. *American Journal of the College of Nutrition* 2008; 27: 677-689.

Bongartz A, Piccinalli P. The Ageing Society and its Expectations towards Milk Products – Back to Basics. Poster at the Fourth European Conference on Sensory and Consumers Research, 5-8 September 2010.

Bosshart A, Gille D, Egger L. Problemzucker Laktose. *Alimenta* 2010; 20: 24-26.

Brändli M, Eberhard P, Schlüchter S, Kneubühler H, Hadorn R. Fettreduktion in Salami möglich? *Fleisch und Feinkost* 2010; 3: 12-13.

Brombach C, Ramseyer K, Schuster A, Arrigoni E, Burgstaller H. Blicke über viele Tellerränder: was essen Schweizer Seniorinnen und Senioren? Die ERNA-Studie im Rahmen der SWISS-AGILE-Studie. Poster anlässlich der XII. Dreiländertagung der Schweizerischen, Deutschen und Österreichischen Gesellschaften für Ernährung, 5./6. September 2008.

Butler G, Collomb M, Rehberger B, Sanderson R, Eyre M, Leifert C. Conjugated linoleic acid isomer concentrations in milk from high- and low-input management dairy systems. *J Sci Food Agric* 2009; 89: 697-705.

Chollet M, Piccinali P. Réduction en sucre de 30%. *Alimenta* 2010; 18: 38-39.

Collomb M, Bisig W, Bütikofer U, Sieber R, Bregy M, Etter L. Fatty acid composition of mountain milk from Switzerland: Comparison of organic and integrated farming systems. *International Dairy Journal* 2008a; 18: 976-982.

Collomb M, Bisig W, Bütikofer U, Sieber R, Bregy M, Etter L. Influence of supplementing hay with grass silage on the fatty acid composition of mountain milk. *ALP science* 2008b; 526.

Collomb M, Bisig W, Bütikofer U, Sieber R, Bregy M, Etter L. Seasonal variation in the fatty acid composition of milk supplied to dairies in the mountain regions of Switzerland. *Dairy Sci Technol* 2008c; 88: 631-647.

Crespo P. Variability of health and taste promoting compounds in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruits. Dissertation ETH No. 19164. 2010.

Crespo P, Bordonaba JG, Terry LA, Carlen C. Characterisation of major taste and health-related compounds of four strawberry genotypes grown at different Swiss production sites. *Food Chemistry* 2010; 122: 16-24.

Delley M, Bisig W. Neues Hafer-Milch-Produkt mit Gesundheitsanpreisung. *Lebensmittel-Technologie* 2010; 3: 10-12.

Dufey P-A. PASTO: viande bovine de montagne et qualité. *Revue suisse Agric.* 2009; 41(4): 245-250.

Dufey P-A, Messadene J, Silacci P, Collomb M. PASTO: Qualität von Rindfleisch aus dem Berggebiet. *Agrarforschung* 2009; 16(8): 314-319.

Eberhard P, Sieber R. PEF, die „Kalte Pasteurisierung“. *Alimenta* 2008; 21: 26-27.

Fischer M, Crespo P, Baux A, Arrigoni E, Bozzi Nising A. Influence des facteurs pré- et post-récolte sur la qualité des produits d'origine végétale. Vortrag anlässlich der Nationalen Fachtagung der Schweizerischen Gesellschaft für Ernährung, 17. September 2009.

Gabioud S, Baumgartner D, Höhn E, Gasser F, Bozzi Nising A. Messung der Aromaentwicklung von Golden Delicious. *Agrarforschung* 2009; 16(6): 210-215.

Gasser F, Eppler T, Naunheim W, Gabioud S, Höhn E. Lagerung von Äpfeln unter dynamisch kontrollierter Atmosphäre. *Agrarforschung* 2008; 15(2): 98-103.

Gille D. Homogenisierung und Gesundheit. *Alimenta* 2009a; 20: 28-29.

Gille D. Die Homogenisierung der Milch – eine Gesundheitsgefährdung? *dmz* 2009b; 19: 20-22.

Gille D. Die Homogenisierung der Milch – eine Gesundheitsgefährdung? *Lebensmittel-Technologie* 2009c; 6: 10-12.

Gille D. Kalzium und Zahngesundheit. *Maillaiter der Schweizer Milchproduzenten SMP*, Oktober 2009d.

Gille D, Piccinali P. Physiologische Veränderungen und Konsumverhalten der Generation 50+. Dmz 2009: 21: 24-27.

Gille D. Stutenmilch bei Neurodermitis? Maillaiter der Schweizer Milchproduzenten SMP, März 2010a.

Gille D. Darf die Milch in den Kaffee? Maillaiter der Schweizer Milchproduzenten SMP, September 2010b.

Gille D. Milch als Sportgetränk? Schweizer Zeitschrift für Ernährungsmedizin 2010c: 4: 35.

Gille D. Overview of the physiological changes and optimal diet in the golden age generation over 50. Eur Rev Aging Phys Act 2010d: 7(1): 27-36.

Gille D. Why milk is beneficial for the elderly and how they consume it. 2nd International FEED for Health Conference, Tromsø, Norway, 14-15 June 2010e.

Gille D. Wirkt Milch antioxidativ? Schweizer Zeitschrift für Ernährungsmedizin 2010f: 5: 31.

Gruppe Ernährung & RASS. Laktoseintoleranz. Flyer ALP, online 2006.

Gruppe Ernährung & RASS. Trans-Fettsäuren. Flyer ALP, online 2007.

Gruppe Ernährung. Molke in der Ernährung des Menschen. Flyer ALP, online 2010.

Guggisberg D, Piccinali P, Eberhard P. Inulin als Fettersatz in Joghurt? Alimenta 2008: 12: 26-27.

Guggisberg D, Eberhard P. Wie sich die Süsse im Joghurt verhält. Alimenta 2009: 5: 18-19.

Guggisberg D, Cuthbert-Steven J, Piccinali P, Bütikofer U, Eberhard P. Rheological, micro-structural and sensory characterization of low-fat and whole milk set yoghurt as influenced by inulin addition. International Dairy Journal 2009a: 19: 107-115.

Guggisberg D, Piccinali P, Eberhard P, Rehberger B. Rheological and sensory characterization of low-fat set yoghurt as influenced by tapioca starch, beta-glucan and milk protein. Poster anlässlich des International Symposium on Food Rheology and Structure ISFRS, 15.-18. Juni 2009b.

Guggisberg D, Vergères G, Chollet M. Gesund und gleichzeitig cremig. Alimenta 2010: 15: 27-29.

Guggisberg D, Piccinali P, Schreier K. Effects of sugar substitution with PalatinoseTM or ActilightTM together with Stevia on rheological and sensory characteristics of low-fat and whole milk set yoghurt. International Dairy Journal (submitted)

Hadorn R, Piccinali P, Suter M. Inulin zur Fettreduktion in Lyonern geeignet? metzger + wurster 2007a: 10: 4-6.

Hadorn R, Piccinali P, Suter M. Fettreduktion in Brühwürsten mittels Inulinzusatz. Agrarforschung 2007b: 14(5): 194-199.

Hadorn R. Nitrat/Nitrit – erlauben neue Studien eine Neubeurteilung? foodaktuell 2008: 14: 1-3.

Irmeler S. Potenzial der “-omics”-Technologien. Alimenta 2010: 16: 27.

Irmeler S, Egger C. Innovationen dank Proteomics. Alimenta 2010: 17: 27-29.

Jakob E, Schmid A, Walther B, Wechsler D, Wehrmüller K. Käse, ein wertvolles Lebensmittel. ALP forum 2008: 66.

Kahl J, Busscher N, Doesburg P, Mergardt G, Huber M, Ploeger A. First tests of standardized biocrystallization on milk and milk products. Eur Food Res Technol 2009: 229: 175-178.

Lötscher M, Hesford F, Rehberger B, Guidon D, Bucheli T, Winzeler M. Nanotechnologien in der Landwirtschaft und im vor- und nachgelagerten Bereich: Bericht der Arbeitsgruppe Nanotechnologien. Bundesamt für Landwirtschaft, Bern, Juli 2008.

Mallia S, Escher F, Schlichtherle-Cerny H. Aroma-active compounds of butter: a review. Eur Food Res Technol 2008: 226: 315-325.

Mallia S, Escher F, Dubois S, Schieberle, Schlichtherle-Cerny H. Characterization and Quantification of Odor-Active Compounds in Unsaturated Fatty Acid/Conjugated Linoleic Acid (UFA/CLA)-Enriched Butter and in Conventional Butter during Storage and Induced Oxidation. J Agric Food Chem 2009a: 57: 7464-7472.

Mallia S, Wyss U, Collomb M, Escher F, Schlichtherle-Cerny H. Influence of pasture-based diet supplemented with sunflower seeds on fatty acid composition and aroma profile butter. Schriftenreihe Institut für Nutztierwissenschaften, ETH Zürich, 2009b: 31: 97-98.

Mallia S, Piccinali P, Rehberger B, Schlichtherle-Cerny H. Chemische Zusammensetzung und sensorisches Profil von UFA/CLA angereicherter Butter im Vergleich zu konventioneller Butter. Lebensmittel: Qualität von Milchprodukten. Beiträge zur 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Zürich, 11.-13. Februar 2009c, Band 2 Seite 412-413, Verlag Dr. Köster Berlin.

Messadene-Chelali J, Piccinali P, Chassot A. Analyse descriptive de trois types de viande de veau et d'une viande de jeunes bovins élevés sous la mère. Schriftenreihe Institut für Nutztierwissenschaften, ETH Zürich, 2009: 31: 69-72.

Meyer J, Bütikofer U, Walther B, Wechsler D, Sieber R. Hot topic. Changes in angiotensin-converting enzyme inhibition and concentrations of the tripeptides Val-Pro-Pro and Ile-Pro-Pro during ripening of different Swiss cheese varieties. J Dairy Sci 2009: 92(3): 826-836.

Mühlemann M. Morbus Crohn, Paratuberkulose und MAP. Schweizer Zeitschrift für Ernährungsmedizin 2008: 2: 37.

Pellet D, Baux A, Grosjean Y, Hebeisen T, Hiltbrunner J, Hunziker H. Temperatur und Nährwert von Rapsöl. Agrarforschung 2008: 15(10): 480-485.

Piccinali P, Guggisberg D. Relating Sensory and Rheological Measurements to assess Texture Parameters in low-fat Yoghurt. Poster at the 8th Pangborn Sensory Science Symposium, 26th-30th July 2009.

Piccinalli P, Walther B, Wehrmüller K. Frisch und fein muss es sein. *Alimenta* 2009: 17: 12-13.

Piccinalli P. Gesund darf es sein, aber schmecken muss es! *Schweizer Zeitschrift für Ernährungsmedizin* 2010: 2: 26.

Rehberger B, Walther B. Gutes oder böses Milchfett. *Alimenta* 2008: 8: 34-35.

Reif C, Arrigoni E, Baumgartner D, Schärer H, Bozzi Nising A. Adaptation of an *In Vitro* Digestion Method to Evaluate Carotenoid Accessibility from Vegetables. Proceedings of the 3rd International Symposium on Human Health Effects of Fruit and Vegetables. 18.-21. Oktober 2009, Avignon.

Sagaya FM, Hurrell RF, Vergères G. Postprandial blood cell transcriptomics in response to the ingestion of milk and yogurt by healthy individuals. *British Journal of Nutrition* (submitted)

Schlichtherle-Cerny H. Warum schmeckt Fleisch so gut? *Fleisch und Feinkost* 2009: 12: 8-9.

Schlüchter S, Eberhard P, Hadorn R. Gemüsepulver als Salpeterersatz in Rohwürsten? *Fleisch und Feinkost* 2009: 15: 12-13.

Schmid A. Dogmenwechsel in der Ernährung? *Alimenta* 2008: 17: 20-21.

Schmid A, Walther B. Milchprodukte und Zahngesundheit. *Maillaiter der Schweizer Milchproduzenten SMP*, Dezember 2008.

Schmid A, Schächli G. Problematik Nahrungsmittelallergie. *Fleisch und Feinkost* 2008: 18: 10-11.

Schmid A, Collomb M, Bee G, Bütikofer U, Wechsler D, Eberhard P, Sieber R. Effect of dietary alpine butter rich in conjugated linoleic acid on milk fat composition of lactating sows. *British Journal of Nutrition* 2008a: 100: 54-60.

Schmid A, Collomb M, Strahm W, Rehberger B. Keine Entstehung von trans-Fettsäuren beim Erhitzen von Milchfett. Poster anlässlich der XII. Dreiländertagung der Schweizerischen, Deutschen und Österreichischen Gesellschaften für Ernährung, 5./6. September 2008b.

Schmid A, Scherrer D, Ampuero S, Badertscher R, Bütikofer U, Hadorn R. Nährwertprofil von vier Schweizer Brühwurstsorten. Poster anlässlich der XII. Dreiländertagung der Schweizerischen, Deutschen und Österreichischen Gesellschaften für Ernährung, 5./6. September 2008c.

Schmid A. Allgemeine Informationen zur Eisenanreicherung von Brühwürsten über Blutprodukte (basierend auf Angaben aus der Literatur). *ALP intern* 2009a: 497.

Schmid A. Bioaktive Substanzen in Fleisch und Fleischprodukten. *ALP science* 2009b: 529.

Schmid A. Bioaktive Substanzen in Fleisch und Fleischprodukten. *Fleischwirtschaft* 2009c: 7: 83-90.

Schmid A. Bioaktive Substanzen in Fleisch und Fleischprodukten. *foodaktuell* 2009d: 11: 3-4.

Schmid A. Fermentierte Milch am Abend ist gut für die Knochen. Maillaiter der Schweizer Milchproduzenten SMP, April 2009e.

Schmid A. Dickdarmkrebs: Kalzium und Vitamin D können das Risiko senken. Maillaiter der Schweizer Milchproduzenten SMP, September 2009f.

Schmid A. Selen – zwischen Lebensnotwendigkeit und Toxizität. Fleisch und Feinkost 2009g: 13: 12-13.

Schmid A. Wurstwaren-Beitrag zu Vitaminversorgung. foodaktuell 2009h: 21: 3-17.

Schmid A, Collomb M, Hadorn R. Die Fettsäurezusammensetzung diverser Schweizer Brühwürste. Fleischwirtschaft 2009a: 11: 101-104.

Schmid A, Ampuero S, Badertscher R, Bütikofer U, Collomb M, Scherrer D, Hadorn R. Zusammensetzung diverser Schweizer Brühwürste. Technisch-wissenschaftliche Informationen. ALP science 2009b: 531.

Schmid A, Ampuero S, Bütikofer U, Scherrer D, Badertscher R, Hadorn R. Die Zusammensetzung von Brühwürsten Schweizer Herkunft. Fleischwirtschaft 2009c: 10: 98-102.

Schmid A. Freispruch für tierisches Fett. Fleisch und Feinkost 2010a: 7: 4.

Schmid A. Aufnahme von Vitamin B1 nimmt ab. Fleisch und Feinkost 2010b: 17: 7.

Schmid A. Prospektive Kohortenstudien zeigen: Milch ist kein Risikofaktor für Herz und Kreislauf. Maillaiter der Schweizer Milchproduzenten SMP, Februar 2010c.

Schmid A. Kalziumsupplemente – Risiko höher als Nutzen. Maillaiter der Schweizer Milchproduzenten SMP, Oktober 2010d.

Schmid A. The Role of Meat Fat in the Human Diet. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 2011: 51: 50-66.

Schmid A, Collomb M, Scherrer D, Dubois S, Portmann R, Badertscher R, Kneubühler H. Die Zusammensetzung diverser Schweizer Rohpökelwaren. Fleischwirtschaft 2011: 91(1): 84-88.

Schmid A, Badertscher R, Collomb M, Dubois S, Guggisberg D, Scherrer D, Hadorn R. Zusammensetzung verschiedener Rohwürste Schweizer Herkunft. Mitteilungen aus Lebensmitteluntersuchung und Hygiene (in press)

Sieber R, Bütikofer U, Kaldas N, Rehberger B. Vorkommen von Lysinoalanin in Milch und Milchprodukten. Agrarforschung 2007: 14(9): 430-435.

Sieber R, Reinli K. Verbrauch an Kohlenhydraten und Nahrungsfasern in der Schweiz. Schweizer Zeitschrift für Ernährungsmedizin 2009: 3: 15-20.

Sieber R, Bütikofer U, Egger C, Portmann R, Walther B, Wechsler D. ACE-inhibitory activity and ACE-inhibiting peptides in different cheese varieties. Dairy Sci Technol 2010: 90: 47-73.

Sieber R. Zusammensetzung von Milch und Milchprodukten schweizerischer Herkunft. ALP science (in press)

Sieber R, Rehberger B, Walther B. Removal of Cholesterol from Dairy Products. Encyclopedia of Dairy Sciences. Academic Press (in press)

Suter M, Hadorn R. Herstellung von salzreduzierten Lyonern ohne Zusatzstoffe mit E-Nummern. Fleisch und Feinkost 2006: 8: 10-11.

Suter M, Hadorn R. Saucisses de Lyon. Fabrication sans additifs dotés de numéros E et avec une teneur réduite en sel. Viandes Prod. Carnés 2007: 26(6): 189-192.

Tahadjodi S, Charmillot S, Bisig W. Des glaces avec moins de graisse. Alimenta 2009: 21: 20-21.

Turgay M, Irmeler S, Isolini D, Amrein R, Fröhlich-Wyder MT, Berthoud H, Wagner E, Wechsler D. Biodiversity and dynamics of propionibacteria in Swiss Emmentaler PDO cheese. Dairy Science & Technology (submitted)

Vergères G. Nutrigenomik: Science or Fiction? Agrarforschung 2007: 14(1): 16-21.

Vergères G, Sagaya F. Nutrigenomik: Science oder Fiction? ALP science 2007: 503.

Vergères G. Einführung in die Nutrigenomik. Präsentation anlässlich der XII. Dreiländertagung der Schweizerischen, Deutschen und Österreichischen Gesellschaften für Ernährung, 5./6. September 2008.

Walther B. Wichtig für starke Knochen: Genügend Kalzium und körperliche Bewegung. Schweizer Zeitschrift für Ernährungsmedizin 2006a: 2: 40.

Walther B. Milchsäure in Lebensmitteln und ihre Bedeutung für die menschliche Ernährung. ALP science 2006b: 505.

Walther B. Tryptophan-reicher Milchshake hilft bei Schlaflosigkeit. Maillaiter der Schweizer Milchproduzenten SMP, August 2006c.

Walther B. Fermentierte Produkte: Wichtig für Darmflora und Immunsystem. Maillaiter der Schweizer Milchproduzenten SMP, März 2007a.

Walther B. Risikofaktoren des metabolischen Syndroms positiv beeinflussen. Schweizer Zeitschrift für Ernährungsmedizin 2007b: 2: 42.

Walther B. Helfen Probiotika bei atopischer Dermatitis? Schweizer Zeitschrift für Ernährungsmedizin 2008a: 3: 38.

Walther B. Fette senken die glykämische Antwort von Weissbrot. Maillaiter der Schweizer Milchproduzenten SMP, Juni 2008b.

Walther B. Käsekonsum und kardiovaskuläre Risikofaktoren: Frauen und Männer reagieren anders. Maillaiter der Schweizer Milchproduzenten SMP, Mai 2008c.

Walther B, Rehberger B. Kalzium schützt die Gesundheit. Alimenta 2008a: 9: 32-33.

Walther B, Rehberger B. Der gute Einfluss der Milchprodukte. Alimenta 2008b: 7: 28-29.

Walther B, Rehberger B. Galakto-oligosaccharide (GOS) in der menschlichen Ernährung. Deutsche Milchwirtschaft 2008c: 24: 916-919.

Walther B, Schmid A. Vorsicht vor überhöhtem Phosphorkonsum. Maillaiter der Schweizer Milchproduzenten SMP, November 2008.

Walther B, Wehrmüller K. Hoher Kochsalzkonsum erhöht das Risiko für kardiovaskuläre Mortalität – ist es so einfach? Maillaiter der Schweizer Milchproduzenten SMP, September 2008.

Walther B, Schmid A, Sieber R, Wehrmüller K. Cheese in nutrition and health. Dairy Sci Technol 2008: 88: 389-405.

Walther B. Milchkalzium gibt starke Knochen – Supplemente auch? Maillaiter der Schweizer Milchproduzenten SMP, Juli/August 2009a.

Walther B. Ein Glas Milch am Morgen gegen den Heisshunger am Mittag. Maillaiter der Schweizer Milchproduzenten SMP, Dezember 2009b.

Walther B. Wichtige Vitamin-D-Lieferanten. Schweizer Zeitschrift für Ernährungsmedizin 2009c: 2: 31.

Walther B. Sarkopenie: Mit gesunder Ernährung vorbeugen. Schweizer Zeitschrift für Ernährungsmedizin 2009d: 4: 37.

Walther B. Nährstoffverlust durch Hoherhitzung? Alimenta 2009e: 12: 28-29.

Walther B. Bioactive Compounds in Swiss Cheese. Vortrag anlässlich des Symposiums Health aspects of cheese, 6.-8. Oktober 2009f.

Walther B, Wehrmüller K. Die Rolle der Milchprodukte bei der Gewichtstabilisierung. Maillaiter der Schweizer Milchproduzenten SMP, Januar 2009.

Walther B. Sarkopenie: Mit gesunder Ernährung vorbeugen. Maillaiter der Schweizer Milchproduzenten SMP, Januar 2010a.

Walther B. La vitamine D dans le lait et les produits laitiers. Maillaiter der Schweizer Milchproduzenten SMP, janvier 2010b.

Walther B. Vitamin K und Krebsrisiko – Neues von der EPIC Studie. Maillaiter der Schweizer Milchproduzenten SMP, Juli/August 2010c.

Walther B, Sieber R. Bioactive proteins and peptides in foods. Federal Commission for Nutrition (FCN) Report „Proteins in Human Health“ (submitted)

Walther B. Milchprodukte im Säure-Basen-Haushalt. Schweizer Zeitschrift für Ernährungsmedizin (submitted)

Wechsler D, Sieber R, Meyer J, Walther B, Bütikofer U. Blutdrucksenkende Peptide im Käse. Alimenta 2007: 22: 26-27.

Wechsler D, Walther B, Jakob E, Winkler H. Bedeutung biogener Amine in der Ernährung und deren Vorkommen in Schweizer Käsesorten. ALP forum 2009: 73.

Wehrmüller K. Vorkommen und biologische Wirkung von Sphingolipiden. Technisch-wissenschaftliche Informationen. ALP science 2007: 502.

Wehrmüller K. Impact of dietary phospholipids on human health. Technical-scientific information. ALP science 2008a: 524.

Wehrmüller K. Mehr funktionelle Fettsäuren in tierischen Lebensmitteln – Mehr Nutzen für die Ernährung? Präsentation anlässlich des SMP Ernährungssymposiums vom 23. September 2008b.

Wehrmüller K, Schmid A. Kolostrumpräparate zur Infektionsabwehr? Schweizer Zeitschrift für Ernährungsmedizin 2008: 1: 29.

Wehrmüller K, Bachmann HP. Die Gesundheit wird stetig wichtiger. Alimenta 2008: 07: 16.

Wehrmüller K, Schmid A, Walther B. Milch oder Kalziumsupplemente? Schweizer Zeitschrift für Ernährungsmedizin 2008a: 5: 53.

Wehrmüller K, Schmid A, Walther B. Gesundheitlicher Nutzen von Omega-3-Fettsäuren und die Bedeutung von Alp-Produkten für die Zufuhr. Ernährungs Umschau 2008b: 11: 655-661.

Wehrmüller K, Schmid A, Walther B. Omega-3-Fettsäuren differenziert betrachten. Maillaiter der Schweizer Milchproduzenten SMP, März 2008c.

Wehrmüller K, Schmid A, Walther B. Omega-3-Fettsäuren genau betrachtet. Alimenta 2008d: 10: 32-33.

Wehrmüller K, Walther B. Muskelaufbau bei älteren Leuten. Maillaiter der Schweizer Milchproduzenten SMP, Januar 2009.

Wehrmüller K, Schmid A, Walther B. Molkenproteine in der Sporternährung. Maillaiter der Schweizer Milchproduzenten SMP, März 2009a.

Wehrmüller K, Schmid A, Walther B. Kefir – Mythos oder Heilmittel? Schweizer Zeitschrift für Ernährungsmedizin 2009b: 1: 39.

Wehrmüller K, Schmid A, Strahm W, Walther B. Jogurt ist nicht das einzige Sauermilchprodukt. Maillaiter der Schweizer Milchproduzenten SMP, Mai 2009c.

Wehrmüller K, Sieber R, Walther B. Molke in der menschlichen Ernährung – ein Nahrungsmittel mit viel Potenzial. DMW – Die Milchwirtschaft – EDM – European Dairy Magazine 2011: 2: 40-46 sowie 3: 78-82.

Wyss U, Collomb M. Composition du lait produit à base de fourrage de prairie temporaire ou permanente. Revue suisse d'agriculture 2008: 40(1): 46-50.

Wyss U, Collomb M. Einfluss der Fütterung auf die Milchfettzusammensetzung: Naturwiesenfutter im Vergleich zu Kunstwiesenfutter. Proceedings 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Zürich, 11.-13. Februar 2009. 2, 2009, 408-411, Band 2, Verlag Dr. Köster Berlin.

Wyss U, Mürger A, Collomb M. Profils en acides gras du lait pendant la saison de pâture. Journée d'information 5 février 2010.

Zehntner U. Einsatz von Probiotika nach Darmoperationen. Schweizer Zeitschrift für Ernährungsmedizin 2005: 3(4): 37.

Zehntner U. Comportement de la souche probiotique *Lactobacillus gasseri* K7 dans le fromage à pâte mi-dure affiné. Revue suisse Agric 2008: 40(4): 187-190.