



FORSCHUNGSKREIS DER
ERNÄHRUNGSINDUSTRIE E.V.

„Von der Idee zum Projekt – vom Projekt in die Praxis“

**Dokumentation der
66. FEI-Jahrestagung 2008**



Aktuelle Beiträge aus FEI-Projekten

„Von der Idee zum Projekt – vom Projekt in die Praxis“

Aktuelle Beiträge aus FEI-Projekten

Dokumentation der 66. FEI-Jahrestagung

*Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI)
Godesberger Allee 142-148 · 53175 Bonn
Telefon: 0228 – 37 20 31
Telefax: 0228 – 37 61 50
E-Mail: fei@fei-bonn.de*

*Weiterführende Informationen:
www.fei-bonn.de*

Impressum

ISBN 978-3-925032-46-2

Herausgeber

Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI)
Godesberger Allee 142-148
D-53175 Bonn

Redaktion

Dr. Volker Häusser
Katrin Jürgensen

Layout/Gestaltung

freiart, Königswinter

Druck

Bonner Universitäts-Buchdruckerei, Bonn

© FEI e. V. 2008

Inhalt

| | |
|--|----|
| Vorwort | 5 |
| Dr. Jürgen Kohnke Vorsitzender des Forschungskreises der Ernährungsindustrie e.V. (FEI) | |
| Eröffnungsrede zur 66. Jahrestagung 2008 | 7 |
| Prof. Dr. Roland Ulber Technische Universität Kaiserslautern Fachbereich Maschinenbau und Verfahrenstechnik Lehrgebiet Bioverfahrenstechnik | |
| Innovative Verfahren in der Molkeaufbereitung zur Gewinnung neuer Produkte | 13 |
| Prof. Dr. Dr. Peter Schieberle Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie, Garching | |
| Von der Kakaobohne zur Schokolade: Steuerung des Aromaprofils durch Prozesstechnologie und Rezeptur | 25 |
| Prof. Dr. Dr. Reinhold Carle Universität Hohenheim Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie Fachgebiet Lebensmittel pflanzlicher Herkunft | |
| Nachhaltige Lebensmittelproduktion – Gewinnung von Wertstoffen aus den Rückständen der Sonnenblumenöl-Gewinnung | 43 |
| Prof. Dr. Siegfried Scherer Technische Universität München Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung Abteilung Mikrobiologie | |
| Bacillus cereus: Wege zur Prävention der emetischen Toxinbildung in Lebensmitteln | 61 |
| Prof. Dr. Dr. Jörg Hinrichs Universität Hohenheim Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie Fachgebiet Lebensmittel tierischer Herkunft | |
| Hitzeresistente Phagen – ein Problem für die moderne Käseertechnologie | 73 |
| Dr. Volker Heinz Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik e.V. (DIL), Quakenbrück | |
| Nicht-thermische Verfahren zur Entkeimung und zur Strukturbeeinflussung von Lebensmitteln | 89 |

Anhang

| | |
|-----------------------------------|-----|
| Posterabstracts | 97 |
| Betriebsbesichtigung | 123 |
| Bilder von der Jahrestagung | 127 |
| FEI-Projekte 2008/2009 | 139 |

Mitgliederverzeichnis

| | |
|--|-----|
| Vorstand | 174 |
| Mitgliedsverbände | 176 |
| Mitgliedsunternehmen | 178 |
| Mitgliedsinstitute/Forschungsstellen | 180 |
| | |
| FEI-Kurzprofil | 187 |

Vorwort

Der Weg von der Idee zur Innovation ist weit: Gerade für kleine und mittelständische Unternehmen sind die Möglichkeiten, interessante Ideen zu generieren, Projekte zu realisieren und Forschungsergebnisse in die industrielle Praxis zu überführen, begrenzt. Beengte Personalressourcen, mangelnde Wissenschaftskontakte und fehlende Kooperationspartner stellen für nicht wenige Firmen, gerade auch aus dem Lebensmittelsektor, gravierende Hemmnisse dar. Die vom FEI organisierte Industrielle Gemeinschaftsforschung bietet vielen dieser Unternehmen einen Ausweg aus dieser Sackgasse, indem sie Firmen die Chance eröffnet, sich einzubringen in ein größeres Netzwerk und kooperativ miteinander zu forschen. Der firmenspezifische Nutzen ist dabei naturgemäß um so größer, je größer das Engagement der einzelnen Unternehmen ist.

Als gemeinsam von Wirtschaft und Wissenschaft getragenes Netzwerk hat sich der FEI zum Ziel gesetzt, den Innovationsprozess der Lebensmittelwirtschaft aktiv mitzugestalten und branchenorientiert zu fördern. Ein Kernelement seiner Arbeit ist hierbei die Einbeziehung aller potentiellen Forschungspartner, da diesen als „Ideenproduzenten“ eine wichtige Rolle als Impulsgeber zukommt. Das zunehmende Engagement von Unternehmen, sich an Projekten des FEI zu beteiligen, dokumentiert das hohe Interesse an unseren Gemeinschaftsforschungsaktivitäten und gleichzeitig den strategischen Wert, den Unternehmen dieser Form der Forschungsk Kooperation zuordnen. Gerade die Möglichkeit, jederzeit themenoffen Ideen aufzugreifen, Innovationsziele mittelfristig zu verfolgen oder Lösungen für gemeinsam identifizierte Probleme zu bearbeiten, macht das Programm industrielle Gemeinschaftsforschung (IGF) zu einem wichtigen Gegenstück zu themenorientierten Förderinstrumenten.

Die in den letzten Jahren gestiegenen öffentlichen Fördermittel reflektieren diesen Bedarf und das Interesse seitens der Industrie und eröffnen Handlungsspielräume für neue Forschungsinitiativen. Die Lebensmittelindustrie hat diese Handlungsspielräume über den FEI zu nutzen gewusst, die allein im Jahr 2007 in 78 Forschungsvorhaben mündeten. Weitere 30 neue Forschungsprojekte stehen derzeit in Vorbereitung.

Der Blick auf die Themen und Akteure verdeutlicht dabei die hohe Eigendynamik unseres Netzwerkes, sowohl was die Breite des geförderten Themenspektrums anbelangt, die Vielzahl der einbezogenen Forschungseinrichtungen (134 Arbeitsgruppen) als auch die überaus hohe Zahl von 600 Unternehmen, die in Projektbegleitenden Ausschüssen mitarbeiten.

Unsere 66. Jahrestagung in Hohenheim, deren Beiträge in diesem Tagungsband zusammengefasst sind, zeigt Ausschnitte aus unseren vielfältigen Forschungsaktivitäten. Das Spektrum der gegenwärtig in FEI-Projekten bearbeiteten Frage-

stellungen reicht hierbei von der „Ausnutzung photokatalytischer Effekte zur Entkeimung von Oberflächen“ über „Untersuchungen zum chemo-präventiven Potential von Backwaren“, der „Modifizierung von Lebensmittelinhaltsstoffen durch Hochdruckbehandlung“ bis hin zur „Entwicklung von schnellen Nachweisverfahren durch Biochips auf RNA-Basis“.

Die Basis unserer industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) konnte sich im vergangenen Jahr dank der finanziellen Förderung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) mit insgesamt 7,4 Mio € erneut vergrößern und gibt Raum und Perspektiven, neue Themen und Ideen aufzugreifen.

Unter der Vielzahl laufender Projekte kommt dabei dem ersten bewilligten DFG/AiF-Clustervorhaben des FEI zum Thema „Bioaktive Inhaltsstoffe aus mikrostrukturierten Multikapselsystemen“ besondere Bedeutung zu. Mit diesem Cluster und durch die Kooperation der beteiligten Förderorganisationen, ist es erstmals möglich, Synergien in der Forschungsförderung zu nutzen, um ein größeres interdisziplinäres Forschungskonzept zu realisieren, in dem zeitgleich Fragestellungen der Grundlagenforschung und der Anwendungsforschung bearbeitet werden können. Das Cluster besteht aus sieben DFG- und IGF-Teilprojekten, die in den nächsten drei Jahren unter fachlicher Koordination von Frau Prof. Dr. Schuchmann, Universität Karlsruhe, zeitlich parallel bearbeitet werden. An dem Vorhaben sind neun Forschergruppen, sechs Wirtschaftsverbände und 32 Unternehmen beteiligt. Der Forschungskreis sieht in diesem Förderinstrument eine zukunftsorientierte Initiative und eine gute Ausgangsbasis für weitere Gemeinschaftsforschungsaktivitäten.

Für die nachhaltige finanzielle Unterstützung, die der FEI im vergangenen Jahr von Seiten des BMWi sowie zahlreicher Unternehmen und Verbände erhielt, sei an dieser Stelle ebenso gedankt wie für die gute Zusammenarbeit mit der AiF und zahlreichen ihrer Forschungsvereinigungen.



Dr. J. Kohnke
(Vorsitzender)



Dr. V. Häusser
(Geschäftsführer)

Dr. Jürgen Kohnke

Vorsitzender des Forschungskreises
der Ernährungsindustrie e.V. (FEI)



Eröffnungsrede zur 66. Jahrestagung 2008

Meine sehr geehrten Damen und Herren,

zu unserer diesjährigen Jahrestagung darf ich Sie hier in Hohenheim recht herzlich begrüßen. Ich freue mich, dass Sie so zahlreich den Weg zu uns gefunden haben und wir alle gemeinsam heute Gelegenheit haben, in dieser schönen Ambiente unsere Veranstaltung durchführen zu können.

Nicht jede Universität residiert in einem Schloss und vermittelt damit schon rein äußerlich Würde und Glanz. Dass sich der Ruf der Universität Hohenheim nicht auf ein altherwürdiges äußerliches Erscheinungsbild beschränkt, konnten diejenigen von uns erfahren, die sich bereits gestern im Rahmen der ersten Institutsbesichtigungen ein Bild von den örtlichen Instituten, ihrer Ausstattung und der Leistungsfähigkeit der verschiedenen Arbeitsgruppen machen konnten. All diejenigen, die gestern noch nicht dabei sein konnten, sei es deshalb wärmstens ans Herz gelegt, im Anschluss an unsere Veranstaltung die Chance zu nutzen, die heute auf dem Programm stehenden Institute zu besichtigen.

Hier in Hohenheim wird spannende hochmoderne Forschung betrieben, deren Themenspektrum diese Universität als Partner der Lebensmittelindustrie prädestiniert. Die zentralen Disziplinen der Lebensmittelforschung, wie z.B. die Lebensmittelchemie, die Lebensmitteltechnologie, die Lebensmittelmikrobiologie und die Ernährungswissenschaften, sind hier eingebettet in ein breit ausgerichtetes Forschungsumfeld, das von der qualitätsorientierten Rohstoffforschung bis hin zur Ernährungsmedizin reicht. Nur wenige Forschungsstandorte in Deutschland bieten eine derartig gute Chance, interdisziplinäre Fragestellungen konzertiert zu bearbeiten.

15 derzeit laufende Vorhaben des FEI mit einem Gesamtvolumen von mehr als 5 Mio. Euro sowie 8 weitere in Vorbereitung stehende Projekte zeigen, welchen Platz Hohenheim in der industriellen Gemeinschaftsforschung und in der FEI-Forschungsförderung einnimmt.

Wir haben unsere diesjährige Tagung, auf der wir Ihnen wieder Ausschnitte aus der großen Bandbreite unserer Forschungsaktivitäten präsentieren, bewusst unter das Motto gestellt „**Von der Idee zum Projekt – vom Projekt in die Praxis**“.

Dieses Motto steht nicht nur synonym für das Selbstverständnis des FEI, sondern spiegelt zugleich Anspruch und Ziel der industriellen Gemeinschaftsforschung insgesamt wider. Dass der wissenschaftliche Erkenntnisdrang Ideen produziert und produzieren muss, gehört zum Berufsethos eines guten Wissenschaftlers. Aber nicht jede gute Idee mündet automatisch in ein Projekt, schon gar nicht in ein öffentlich gefördertes. Der Weg dorthin ist durchaus steinig und beinhaltet viel Überzeugungsarbeit, die auf den unterschiedlichsten Ebenen geleistet werden muss. Sie beginnt bereits damit, dass im Zuge von Voruntersuchungen die wissenschaftliche Basis geschaffen werden muss, um das Forschungsziel als erreichbar und den Ansatz als innovativ und wissenschaftlich förderwürdig erscheinen lässt. Es zeichnet den Forschungskreis aus, dass diese **wissenschaftliche Qualitätsprüfung einer Projektidee ein zentraler Kern unserer Arbeit** ist, für die wir in einem aufwändigen Begutachtungsverfahren zahlreiche Experten aus Wissenschaft und Industrie heranziehen, die sich ehrenamtlich für diese Aufgabe zur Verfügung stellen. **Schon auf dieser Stufe spielen Projekte der industriellen Gemeinschaftsforschung in einer anderen Qualitätskategorie als Vorhaben vieler anderer öffentlicher Förderprogramme, die häufig nur die Idee, aber nicht die Qualität honorieren.**

Erkenntnisgewinn, so wie bei einem DFG-Vorhaben, reicht aber als Ziel eines FEI-Projektes allein nicht aus – und hier sind wir beim zweiten Teil unseres Mottos und dem eigentlichen Ziel unserer Forschungsförderung: Nämlich unser Bestreben, nur solche innovationsträchtigen Ideen aufzugreifen und zu realisieren, die auch eine **branchenweite wirtschaftliche Relevanz**, insbesondere auch für kleinere Unternehmen, beinhalten. In diesem Sinne hat **jeder Projektvorschlag nicht nur eine Qualitätshürde, sondern auch eine Wirtschaftlichkeitshürde** zu überspringen, die von der Industrie, d.h. den potentiellen industriellen Nutzern, selbst definiert wird.

Es liegt dabei auf der Hand, dass nicht jedes Projekt später automatisch und unmittelbar zum gesetzten wirtschaftlichen Ziel führen kann. Dies bedingt nicht nur der ergebnisoffene Charakter jeder Forschung, sondern auch der vorwettbewerbliche Ansatz speziell der industriellen Gemeinschaftsforschung. Abhängig von der Fragestellung und der Projektkonzeption führt häufig genug der Weg zum Erfolg nur über den Umweg umfangreicher Folgeaktivitäten. Dennoch ist die Summe der gerade im Rahmen der industriellen Gemeinschaftsforschung

erzielten Erfolge beachtlich – auch in Relation zu der vergleichsweise geringen finanziellen Fördermittelausstattung der einzelnen Vorhaben.

Beachtlich vor allem auch deswegen, weil jedes Gemeinschaftsforschungsprojekt nicht singulär für sich steht, sondern eingebettet ist in das **Netzwerk des Forschungskreises**. Eine enge Begleitung der Forschung durch projektbegleitende Ausschüsse der Industrie sorgt für eine zeitnahe und aktive Ergebnisdiffusion bereits während der Projektdurchführung: **Über 600 Firmen sind derzeit in unseren projektbegleitenden Ausschüssen aktiv!** Darüber hinaus erfolgt zeitgleich über die jeweiligen Fachverbände als wichtige **Multiplikatoren** ein **Breitentransfer der Ergebnisse** in die jeweiligen Nutzerbranchen.

Es ist dieses Netzwerk, das – ohne institutionelle öffentliche Förderung und von der Industrie selbst getragen – den Qualitätsunterschied und den Mehrwert zu anderen Förderprogrammen ausmacht. Die industrielle Gemeinschaftsforschung ist deshalb bis heute eines der wirkungsvollsten Instrumente branchenorientierter Innovations- und Forschungsförderung – nicht nur, weil sie praxisnahe Forschung ermöglicht, sondern weil sie eine Plattform ist, auf der Industrie und Wissenschaft, größere und kleinere Unternehmen miteinander und untereinander über die Grenzen von Wirtschaftsbereichen und Fachdisziplinen hinweg kooperieren und gemeinsam innovativ tätig sein können.

Deutschland verfügt über wenig Rohstoffe und ist mehr als andere Länder darauf angewiesen, Ideen zu produzieren und über eine effiziente Ausbildung intelligente Köpfe und Ideenträger zu fördern. Der Wirtschaft ist es dabei letztlich egal, in welcher Institution der deutschen Forschungslandschaft kreative Köpfe zu finden sind und woher eine gute Idee kommt. Der Forschungskreis hat seine Gemeinschaftsforschung stets als ein **offenes System** praktiziert, das *allen* Leistungsträgern und *allen* Wissenschaftlergruppen offen steht, Ideen einzubringen. Das soeben erschienene **FEI-Handbuch** dokumentiert anschaulich, wie groß dieses alle Forschungsinstitutionen übergreifende Netzwerk geworden ist und wie dynamisch es sich in den letzten Jahren weiterentwickelt hat.

Wir sehen mit großer Sorge, wie stark dieses Netzwerk und insbesondere unsere Forschungspartner belastet werden durch ständig **wachsende administrative und bürokratische Auflagen der Politik**. Es ist eine einfache Rechnung, dass jeder zusätzliche Administrationsaufwand und jede zusätzliche Regelung zu Lasten der Forschung und des Ergebnistransfers geht. **Deregulierung und nicht Regulierung muss dabei die Forderung der Zeit sein! Freiräume schaffen und nicht einengen** – nur so kann das Potential dieses Netzwerkes für unsere Volkswirtschaft, für unseren Mittelstand und für die praxisnahe Ausbildung junger Wissenschaftler genutzt werden.

Die Ankündigung des BMWi, den Haushalt der industriellen Gemeinschaftsforschung ab nächstem Jahr einzufrieren oder die finanziellen Spielräume für die Projektförderung an Hochschulen einzuengen, dürfte wenig dazu beitragen, das Interesse kreativer Köpfe an der industriellen Gemeinschaftsforschung zu

wecken. Die Gefahr ist groß, dass viele gute Ideen dann lieber im Rahmen von bilateralen Aufträgen, weniger vorwettbewerblichen Projektkonzeptionen oder was noch schlimmer ist, *gar nicht mehr* realisiert werden.

Mein Plädoyer ist deswegen groß, weil es nicht ohne Unterstützung der Politik gelingen kann, Brücken zwischen Industrie und Wissenschaft zu schlagen und weil wir rückblickend auf über 50 Jahre Tätigkeit *nicht nur behaupten*, sondern anhand von vielen Beispielen *auch beweisen können*, wie tragfähig diese Brücken sind und welchen volkswirtschaftlichen Benefit sie haben.

Brücken zwischen Industrie und Wissenschaft zu schlagen, meine sehr geehrten Damen und Herren, kann aber nur gelingen, wenn auf beiden Seiten hierzu die Bereitschaft da ist und wenn es Promotoren und Persönlichkeiten gibt, die dies fördern.

Wir sind stolz darauf, in unserem Forschungskreis eine ganze Reihe prominenter Vertreter der deutschen Lebensmittelszene zu haben, die sich diese Sache zu eigen gemacht haben. Eine dieser Persönlichkeiten möchten wir heute für ihr Engagement besonders auszeichnen:

Die Rede ist von Dr. Heinz Jodlbauer.

1937 in Wien geboren, sind seine Kindheit und Jugend geprägt von der schwierigen Zeit der letzten Kriegsjahre und der Nachkriegsphase. Nach dem Besuch eines technischen Gymnasiums und der Handelsakademie der Wiener Kaufmannsschule nahm er als 18jähriger das Studium der Gärungs- und Lebensmitteltechnologie, der Lebensmittelchemie und der Biochemie an der Universität für Bodenkultur in Wien auf, das er 1962 mit Auszeichnung beendete und dem sich bereits 1963 die Promotion zum Dr. rer. nat. anschloss.

Im gleichen Jahr begann Heinz Jodlbauer seine berufliche Laufbahn als Leiter und Geschäftsführer des Forschungslaboratoriums Kampffmeyer in Hamburg und Hameln, einer Position, die er 16 Jahre lang von 1963-1979 inne hatte. Während er in dieser Zeit überwiegend auf der Seite der Wissenschaft zu finden war, wurde er 1979 gleichzeitig auch unternehmerisch tätig, indem er sein erstes eigenes Unternehmen, das „Analytisch-chemische Institut Dr. Jodlbauer“ in Berlin mit Schwerpunkt Lebensmittelanalytik und -chemie gründete.

Es folgte

- 1980 die Gründung der „Dr. Jodlbauer Food-Consulting“,
- 1986 die Gründung der „Gesellschaft für Innovation und Technologie INTECH Dr. Jodlbauer“ sowie
- 1995 die Gründung der „Sulzbacher Bio-Engineering GmbH“, einem Unternehmen mit dem Schwerpunkt Enzymproduktion.

Seit 1978 mit einer 3jährigen Unterbrechung, in der er als Direktor Marketing/Sales für die Fa. Nattermann-Phospholipid GmbH tätig war, ist Heinz Jodlbauer

bis heute Geschäftsführender Gesellschafter in eigenen Firmen und zugleich Inhaber von mehr als einem Dutzend Patenten im Bereich Food.

Er berät die Lebensmittelindustrie mit dem Ziel, patentierte Grundstoffe in Produktinnovationen einzusetzen und Ergebnisse in die industrielle Produktion zu übertragen.

Seine anerkannte wissenschaftliche Expertise und sein lebenslanges Tätigkeitsfeld an der Nahtstelle zwischen Wissenschaft und Industrie haben ihn geradezu prädestiniert, in den Wissenschaftlichen Ausschuss des Forschungskreises berufen zu werden. Wenn es einen Alterspräsidenten in diesem Gremium gäbe, hätte er gute Chancen für eine Wahl, denn seit 1976 ist er ohne Unterbrechung dessen Mitglied.

Heinz Jodlbauer ist ein geradliniger Mensch, der mit seiner Meinung nicht hinter dem Berg hält. Als ebenso scharfzüngiger wie offener Kritiker schlechter Qualität ist er dabei manchmal mehr im Interesse der Antragsteller tätig als diese vermuten, denn seine Kritik und seine Hinweise haben schon manchem Projekt letztendlich zum Erfolg verholfen.

32 Jahre ehrenamtliche und beispielhafte Tätigkeit für die industrielle Gemeinschaftsforschung sind ein Engagement, das es besonders zu würdigen gilt. Als vierten Preisträger überhaupt möchte ich Ihnen, lieber Herr Dr. Jodlbauer, heute im Namen des Forschungskreises Dank sagen und Ihnen hiermit unsere höchste Auszeichnung, die **Hans-Dieter-Belitz-Medaille**, überreichen.

Prof. Dr. Roland Ulber

Technische Universität Kaiserslautern
Fachbereich Maschinenbau und Verfahrenstechnik
Lehrgebiet Bioverfahrenstechnik



Innovative Verfahren in der Molkeaufbereitung zur Gewinnung neuer Produkte*

1. Einführung

Durch die steigenden Ansprüche an Vielfalt und Qualität von Milch- und Käseprodukten ergeben sich große Probleme bei der Verwertung der Reststoffe. Ein hoher Anteil der Molke, die allein in Deutschland mit einem Jahresvolumen von über 10 Mio. Tonnen anfällt, wird zur Gewinnung von Lactose, Molkenpulver und Molkenproteinkonzentraten (WPC) für die Lebensmittel- und Futtermittelindustrie verwendet.

Unter den Inhaltsstoffen der Molke befindet sich jedoch auch eine Anzahl wirtschaftlich relevanter Komponenten, durch deren Isolierung sich eine Wertschöpfung der Molke erzielen lässt [1]. In der Gruppe der minoren Proteine zeigt das Lactoferrin interessante biologische Eigenschaften, die eine zukünftige Verwendung in Pharma- und Kosmetikprodukten sowie in der Lebensmittelindustrie (functional food) möglich machen. Lactoferrin ist ein Glycoprotein mit zwei potentiellen Eisen-(III)-Bindungsstellen und gehört zur Gruppe der Transferrine. Die antiviralen und antimikrobiellen Eigenschaften von Lactoferrin sind bereits eingehend dokumentiert worden [2, 3]. Neue medizinische Untersuchungen lassen vermuten, dass Lactoferrin eine Rolle bei verschiedenen Gehirnerkrankungen, wie z.B. Alzheimer, spielt [4]. Durch enzymatischen Verdau lässt sich Lactoferrin in Lactoferricin umwandeln. Die biologische Aktivität dieses Peptids ist bis zu zwanzigmal stärker und viel umfassender als die des Lactoferrins [5, 6]. Die Umsetzung von Lactoferrin zu Lactoferricin stellt somit eine Produktveredelung dar.

* Autoren: R. Ulber, N. Tippkötter

Während die Isolierung von Lactoferrin aus der Molke mit säulenchromatographischen Methoden bereits großtechnischer Standard ist, sind alternative Trennverfahren unter Verwendung von Membranadsorbentien noch nicht industriell realisiert [9] (**Abbildung 1**). Sie bieten jedoch die Möglichkeit, das Protein effektiver, mit höheren Raum-Zeit-Ausbeuten und mit höherem Reinheitsgrad darzustellen. Der Hauptvorteil von Membranen gegenüber Säulen liegt in der Lokalisation der Austauscherguppen auf den Oberflächen. So ist ein konvektiver Stofftransport in den Poren ohne Diffusionsbarriere möglich, was zu höheren Durchflussgeschwindigkeiten und kürzeren Zykluszeiten führt. Weitere Vorteile von Membranmodulen gegenüber Säulen sind die niedrigeren Produktionskosten sowie leichteres Handling und Upscaling.

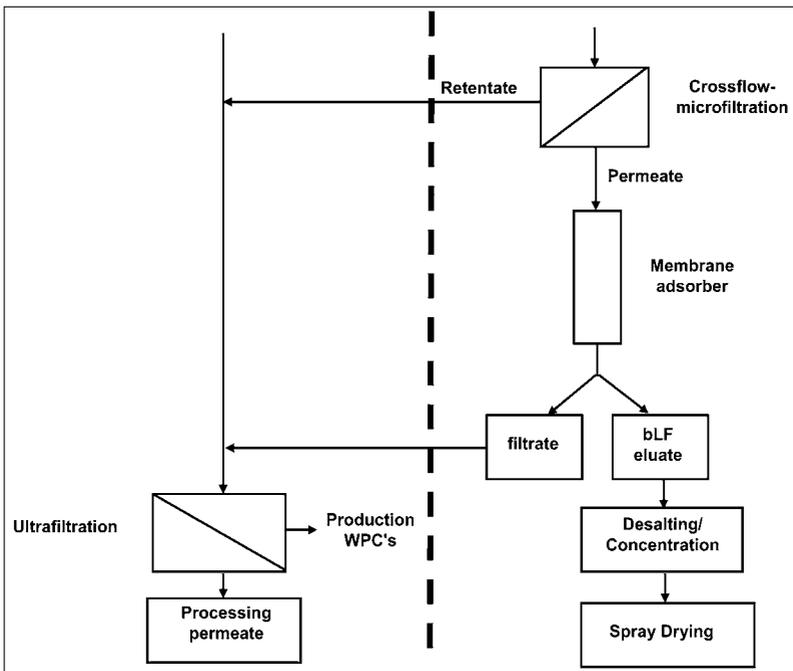


Abb. 1: Schematische Darstellung der Lactoferrin-Gewinnung.

Eine weitere Form der Wertschöpfung des Rohstoffs Molke kann über die Gewinnung nitratfreier Molkeproteine erzielt werden. Die Zugabe von Nitrat wirkt während der Herstellung einiger Käsesorten als mikrobieller Inhibitor und kann Spätblähungen während der Käsureifung verhindern [10]. Diese Nitratproblematik in Molken ist weiterhin ein Thema, da in der Regel Molkelieferungen gesammelt werden und nicht alle Käsereien auf den Einsatz von Nitrat zur Unterdrückung der Spätblähung verzichten. Während die Ionen selbst harmlos sind, kann nach

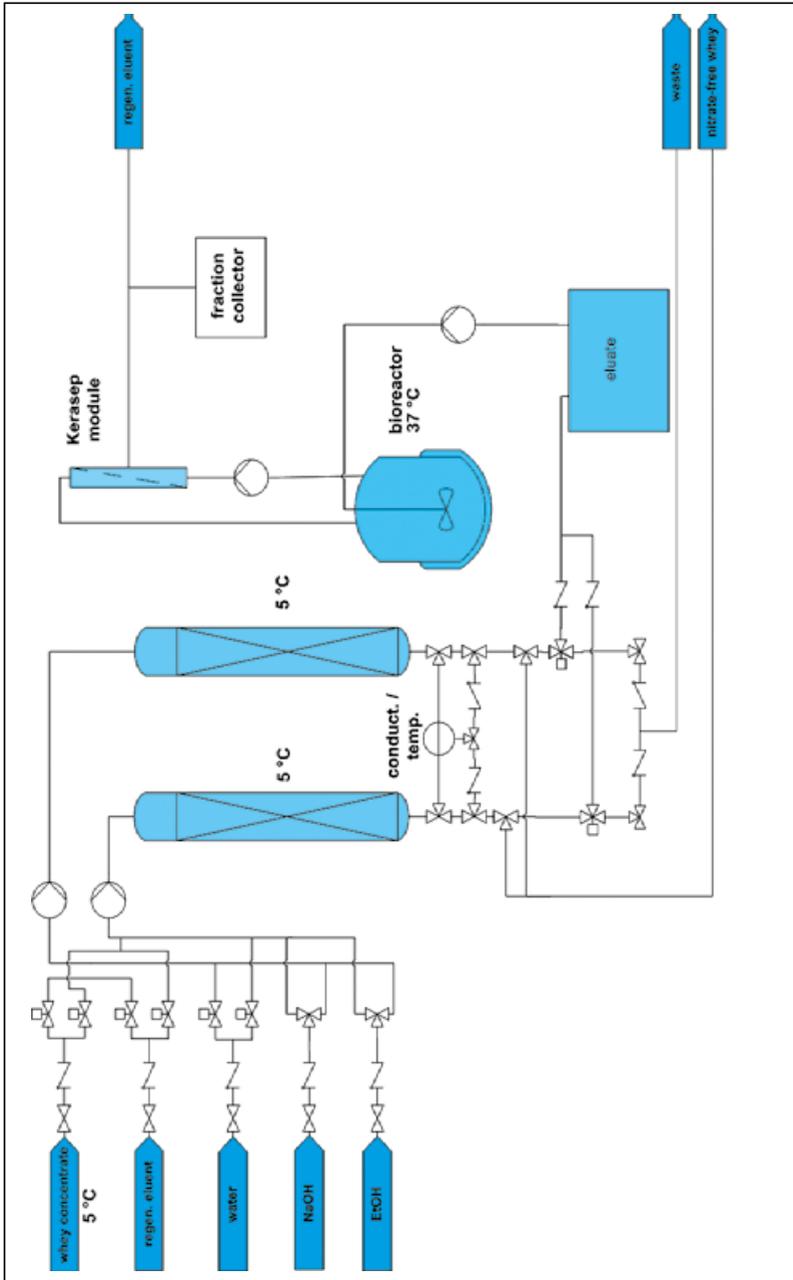


Abb. 2: Verfahrensfleßbild der Denitrifikationsanlage.

der Aufnahme eine in-vivo Reduktion zu Nitrit mit einem Umsatz von bis zu 5 % eintreten [11]. Nitrit selbst kann gesundheitsschädlich wirken und in Symptomen wie einer Methämoglobinämie und eines gesteigerten Krebsrisikos resultieren [12]. Da Laktose und Milchproteine häufig im Bereich der Kleinkindnahrungsmittel eingesetzt werden, ist eine Reduktion der Nitratkonzentration unter einen Wert von $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ vor der Molkeaufarbeitung erstrebenswert. Aktuelle Methoden für die Entfernung von Nitrat basieren auf Ionenaustauschern, Membransystemen und chemischer Behandlung [13]. Diese Prozesse haben einen hohen Bedarf an Regenerations- und Reinigungsmedien. Ein alternativer Ansatz zur Entfernung des Nitrats ist der Einsatz von denitrifizierenden Mikroorganismen (**Abbildung 2**). Durch den Einsatz des Nitrats als Elektronenakzeptor während der anaeroben Atmung wird dieses bis zu elementarem Stickstoff reduziert. Der entstandene Stickstoff geht in die Gasphase über, lediglich die Mikroorganismen müssen mittels einer Querstromfiltration mit Ultrafiltrationsmembranen separiert werden. In Kombination mit einem Ionenaustauschprozess ermöglicht der Einsatz der Mikroorganismen die Wiederverwendung der Regenerationslösung und somit einer deutlichen Senkung der Prozesswässer. Eine Denitrifikationsanlage im Technikumsmaßstab wurde implementiert.

2. Isolierung von Lactoferrin über kationische Membranadsorber

Der eigentlichen Isolierung des Lactoferrins muss eine Vorreinigung der Molke vorausgehen, um eine Verblockung der Kationenaustauschermembran der Adsorberstufe zu vermeiden. Das Permeat aus dieser Crossflow-Filtration muss zwei Bedingungen erfüllen: Es muss einen hohen Gehalt der Zielkomponente enthalten und der Anteil an unlöslichen Schwebstoffen, wie Caseinen, Fetten und Proteinpräzipitaten, muss soweit abgereichert sein, dass eine vollständige Beladung der Isolierungsmembran erreicht wird, bevor diese verblockt. Die Isolierung des Lactoferrins aus dem Permeat der Crossflow-Filtration erfolgt über zwei hintereinandergeschaltete Membranadsorber mit einer Austauschfläche von insgesamt 1 m^2 (Factor Two Family der Sartorius Stedim Biotech AG, Göttingen). Es handelt sich um starke Kationenaustauscher vom Sulfopropyl-Typ. Die Austauschfläche jedes Spiralmoduls beträgt $0,5 \text{ m}^2$ bei 15 Wicklungen und einer Bauhöhe von 12 cm (Typ S05k-15-12). Die Auftragsflussraten wurden zwischen 1,0 und 3,5 L/min variiert. Nach der Beladung der Module erfolgt ein Spülzyklus, anschließend wurden die adsorbierten kationischen Proteine durch Anwendung eines Salzgradienten eluiert (mehrstufiger Natriumchlorid-Gradient mit 0,1, 0,175 und 1,0 M) (**Abbildung 3**). In der Molke ist neben Lactoferrin noch Lactoperoxidase mit hohem isoelektrischem Punkt enthalten. Diese wird bei einer geringeren Natriumchlorid-Konzentration eluiert, so dass durch die Gradientenelution eine Lactoferrinfraktion von hoher Reinheit gewonnen werden kann. Nach der Aufarbeitung der Eluate (Entsalzung 30 kDa und Gefrier-trock-

nung) konnte die fast 100%ige Reinheit des isolierten Lactoferrins durch eine Vermessung mit MALDI-MS dokumentiert werden.

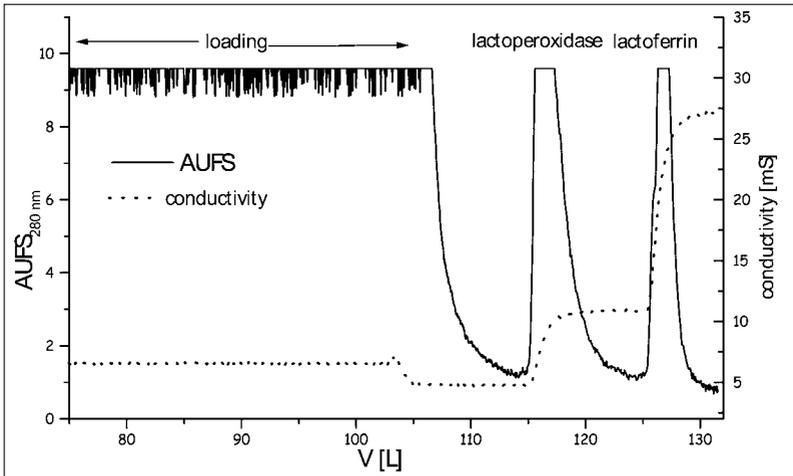


Abb. 3: Elutionsprofil der kationischen Molkeproteine von den Membranadsorbentien.

3. Kontinuierliches Verfahren zur Herstellung von Lactoferricin

Die aus Lactoferrin mittels Protease isolierbare Peptid-Sequenz Lactoferricin besteht unter anderem aus einem Ring von 18 Aminosäuren. Dieser wird durch eine Cystin-Disulfid-Brücke zwischen den Aminosäuren 19 und 36 geformt. Es wurden unterschiedliche LFCin-Moleküle gefunden, die sich je nach Spezies in der Anzahl und Sequenz der Aminosäuren unterscheiden. Untersuchungen zur biologischen Aktivität des Lactoferricins ergaben, dass die Peptidsequenz für die Fähigkeit des Lactoferrins verantwortlich ist, sich an die Zellwände von Bakterien zu binden. Sie löst dabei u.a. eine Depolarisation der Cytoplasmamembran von Bakterien aus und erklärt so die antibakterielle Wirkung des Peptids.

Für die enzymatische Umsetzung des Lactoferrins zu Lactoferricin wurde ein neuartiges kontinuierliches Verfahren entwickelt, welches die Biotransformation mit der Aufarbeitung kombiniert (**Abbildung 3**). Im Reaktor sind neben dem Lactoferrin in der Reaktionslösung das Enzym Pepsin und noch nicht umgesetztes Lactoferrin vorhanden. Um das Produkt von den anderen Bestandteilen zu isolieren, wurde eine Crossflow-Ultrafiltration mit einer 10 kDa- Membran eingesetzt. Um ein Verblocken der Crossflow-Einheit zu verhindern, musste ein CIP-Prozessschritt in die Anlage integriert werden. Durch eine Kombination aus saurer und alkalischer Reinigungsstufe mit 20 %iger Zitronensäure und 1 M NaOH war es möglich, den Ausgangswasserwert zu 95 % wiederherzustellen.

Mittels SDS-PAGE konnte nachgewiesen werden, dass das Lactoferrin und das Pepsin vollständig über das Retentat in den Reaktor zurückgeleitet werden. Im Permeat wurden Lactoferrin und weitere Spaltprodukte nachgewiesen. Für die weitere Isolierung des Lactoferrins aus dem UF-Permeat wurden wiederum Membranadsorber der Sartorius Stedim Biotech AG verwendet (S15-Kationenaustauscher-Modul). Diese konnten direkt hinter das UF-Modul geschaltet und kontinuierlich beladen werden.

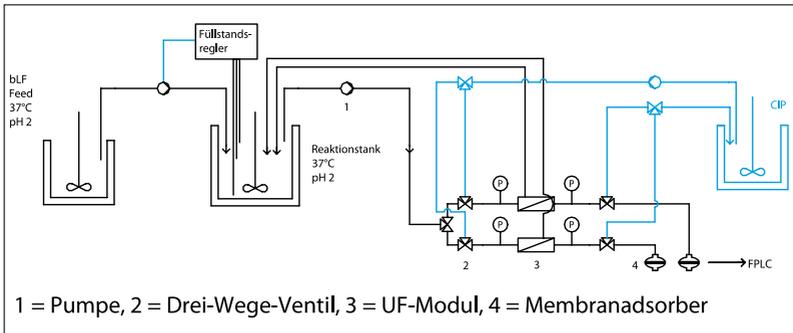


Abb. 4.: Fließschema zur kontinuierlichen Herstellung von Lactoferrin.

Die dynamische Kapazität der Membranadsorber für das Lactoferrin beträgt $0,45 \text{ mg/cm}^2$. Zur Elution des Adsorbers mittels Salzgradienten wurde ein Laufprogramm entwickelt, mit dem es möglich war, die gebundenen Peptidfraktionen getrennt voneinander von der Membran zu eluieren (**Abbildung 4**). Da die Elution des Membranadsorber-Moduls mit Salzlösungen ansteigender Konzentration stattfand, lag das aufgefangene Lactoferrin in einer $2 \text{ M NH}_4\text{Cl}$ -Lösung vor. Um ein reines Produkt zu erhalten und eine genaue Ausbeute bestimmen zu können, musste ein Entsalzungsschritt vorgenommen werden. Dabei konnte mit einer Gelchromatographie-Säule aufgrund zu hoher Produktverluste kein zufrieden stellendes Ergebnis erzielt werden. Als Alternative wurde die Elution des Lactoferrins mit Ammoniumcarbonat-Puffern verschiedener Konzentration untersucht. Der Vorteil des Ammoniumcarbonats besteht darin, dass es sich bei Gefriertrocknungsprozessen im Vakuum in NH_3 , CO_2 und H_2O zersetzt und dadurch vollständig zu entfernen war. Die Ausbeute betrug über 98 % in Bezug auf das eingesetzte Lactoferrin. Die biologische Wirksamkeit des hergestellten Lactoferrins wurde durch Hemmtests an *Bacillus subtilis* bewiesen.

4. Chromatographische Nitratentfernung aus Molke

Die Nitratentfernung aus Molke wurde durch einen Anionenaustausch (Chlorid gegen Nitrat) über einem Festbett erreicht. Durch den Ionenaustausch wird das

Nitrat gegen Kochsalz in dem Molkekonzentrat substituiert. Natriumchlorid ist bereits in großen Mengen in Molkekonzentraten vorhanden, so dass durch den Prozess die Konzentration lediglich um ca. 5 % erhöht wird. Für den Ionenaustausch wurde ein Austauscherharz XA 455 der Fa. Novasep-Prozess mit einer hohen Selektivität für Nitrat verwendet. Eine erhöhte Selektivität ist notwendig, da der Chloridanteil in Molke den des Nitrats um den Faktor 20 überwiegen kann und somit eine starke Konkurrenz zwischen den beiden Anionen um Bindungsplätze am Austauscherharz besteht. Die Wahl fiel auf eine makroporöse Harzstruktur, da die Denitrifikation vorwiegend mit viskosem Molkekonzentrat durchgeführt wurde. Das Konzentrat mit Viskositäten um 6 mPa·s und teilweise auskristallisierter Laktose kann schnell zu einem hohen Druckabfall über einem konventionellen Austauscherfestbett führen. Die makroporöse Struktur ermöglicht eine dauerhafte Überströmung der Austauschersäulen mit 3 – 8 Bettvolumen pro Stunde.

Üblicherweise sind bei dem verwendeten Ionenaustauscher Konzentrationen um $150 \text{ g}_{\text{NaCl}} \cdot \text{l}^{-1}$ einzusetzen. Da diese jedoch die nachfolgende mikrobiologische Stufe überlasten würden, wurde ein Kompromiss zwischen Regenerations-effektivität und biologischer Belastbarkeit gefunden. Die Chloridkonzentration in dem Eluenten wurde auf $35 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ reduziert. Dies resultiert in einer Verringerung der volumenbezogenen Regenerationseffizienz um ca. 70 %. Da jedoch, wie weiter unten beschrieben, eine Regeneration des Eluenten selbst stattfindet, ist das für eine Säulenregeneration eingesetzte Eluentenvolumen zweitrangig.

Die mikrobiologische Regeneration des nitrathaltigen Eluenten erfolgte durch den Einsatz des Mikroorganismus *Paracoccus denitrificans*, welcher über einen mehrstufigen Mechanismus in der Lage ist, Nitrat zu gasförmigem Stickstoff umzusetzen (**Abbildung 5**). Der Stickstoff kann aus dem Bioreaktor der biologischen Stufe entweichen und macht eine weitere Behandlung des Eluenten überflüssig. Der gesamte Prozess wird ohne Zufuhr von Sauerstoff durchgeführt, so dass mikroaerobe Bedingungen vorherrschen. *P. denitrificans* kann unter diesen Bedingungen das Nitrat statt des Sauerstoffs für seine Stoffwechselvorgänge verwenden.

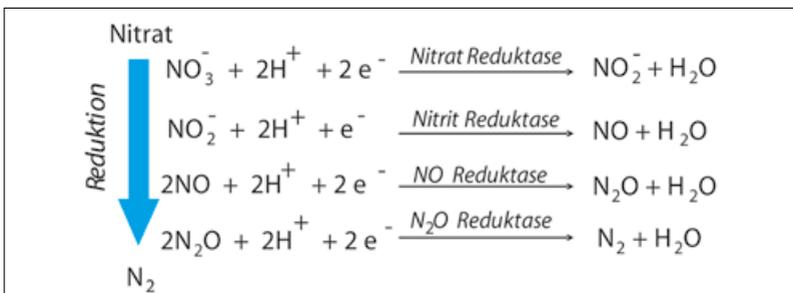


Abb. 5: Reaktionsmechanismus des Nitratabbaus zu Stickstoff.

Die Zellen werden durch eine kontinuierliche Crossflow-Mikrofiltration von dem nitratfreien Eluenten abgetrennt, so dass dieser immer wieder aufs Neue für die Ionenaustauscherregeneration verwendet werden kann. Eine Trennung der beiden Stufen „Nitratentfernung“ und „Eluentenregeneration“ umgeht den direkten Kontakt der Mikroorganismen mit der Molke.

5. Kontinuierlicher Pilotbetrieb

Ein kontinuierlicher Betrieb des kombinierten Denitrifikationsprozesses konnte realisiert werden. Zur Abtrennung der Zellen von dem denitrifizierten Eluenten wurde eine Orelis KERASEPTM K01B Querstromfiltrationsanlage mit einer keramischen KeraseptM Al₂O₃-TiO₂-Membran verwendet. Die Membran hat eine Filtrationsoberfläche von 816 cm² und eine durchschnittliche Porengröße von 0,1 µm. Ein Wärmetauscher zur Kühlung der Zellsuspension auf die optimale Arbeitstemperatur von 34 – 37°C ist in der Filtrationsanlage integriert.

Durch den Einsatz von direktgesteuerten Ventilen und schnittstellengesteuerten Pumpen konnte eine Automatisierung des Systems für einen kontinuierlichen Betrieb etabliert werden. Eine Steuer- und Messsoftware wurde entwickelt (**Abbildung 6**), so dass die verschiedenen Mess- und Regelkomponenten der Anlage durch Entwicklung eigener Steuertreiber in die Prozessführung integriert werden konnten. Die Anlage konnte über einen Zeitraum von über 260 h mit einem Molkedurchsatz von 450 Litern pro Tag betrieben werden, ohne dass die chromatographische oder biologische Stufe erneuert werden musste. Ein deutlicher längerer Betrieb ist vorstellbar.

6. Fazit

Durch die Anwendungen innovativer Verfahren wie der Kombination von biologischen und chromatographischen Stufen, sowohl auf der Basis herkömmlicher Säulenchromatographie als auch auf der Basis von Membranadsorbern, können im Bereich der Molkeaufarbeitung Prozesse etabliert werden, die den Zugang zu hochwertigen Proteinfractionen ermöglichen. Die Anlagen sind bis in den Technikumsmaßstab untersucht worden (Batchprozesse bis 500 L·d⁻¹) und valide Daten für eine Übertragung auf Pilotanlagen in der milchverarbeitenden Industrie stehen zur Verfügung.

Der Prozess der kontinuierlichen Nitratentfernung konnte erfolgreich von dem Labor- über den Technikums- und auf einen kleinen Pilotmaßstab übertragen werden. Durch den automatisierten kontinuierlichen Betrieb wurde gezeigt, dass die Regeneration des Ionenaustauschereluenten über mindestens 38 Prozesszyklen möglich ist, was einer Verringerung der zu entsorgenden Salzwasserfracht um 97 % im Vergleich zu einem konventionellen chromatographischen Prozess entspricht.

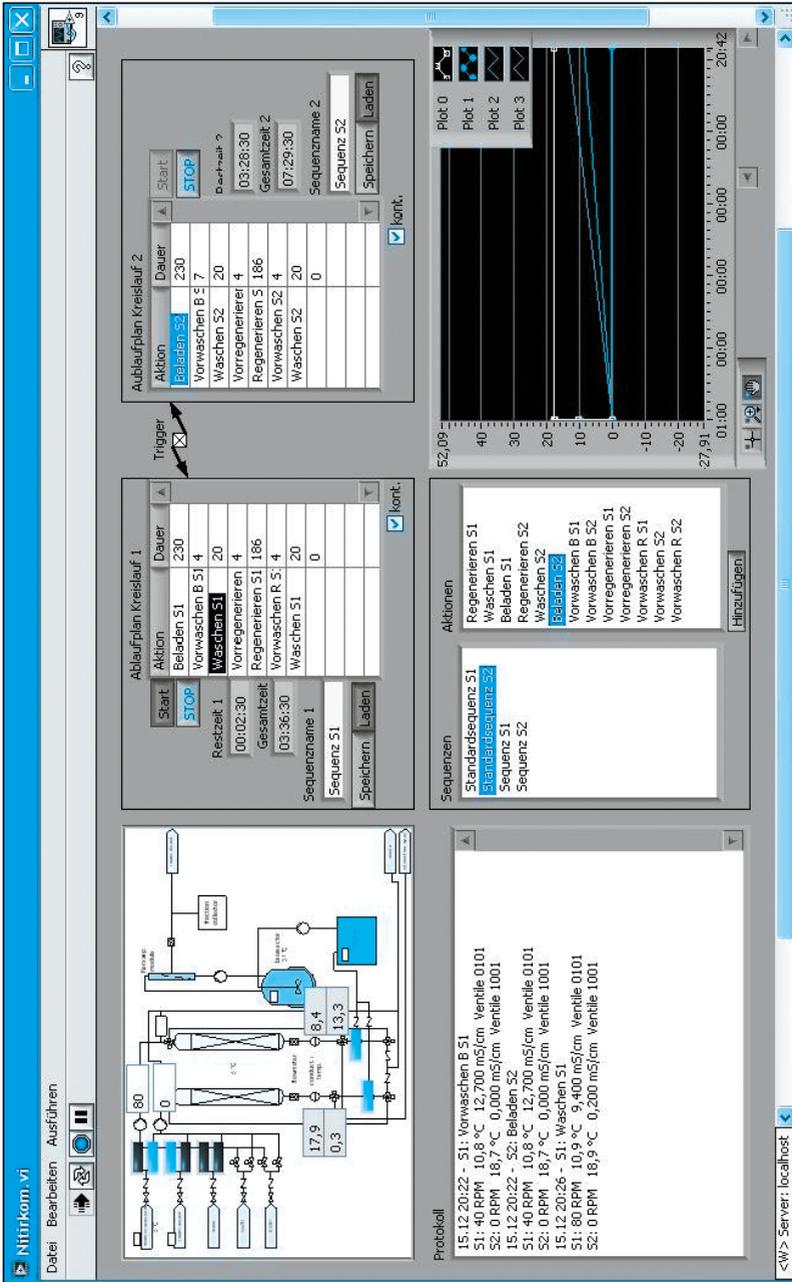


Abb. 6: Steuerungsoberfläche für die Pilotanlage.

Aufgrund der problemlosen Anwendbarkeit des Ionenaustauschers mit dem viskosen und feststoffhaltigen Molkekonzentrat kann davon ausgegangen werden, dass auch andere Medien hiermit leicht denitrifiziert werden können. Dies scheint besonders im Hinblick auf nitrathaltige Obst- und Gemüsesäfte zukunftsweisend.

Die Skalierung der Prozesskomponenten für die Denitrifikation konnte in den oben genannten Größenordnungen ermittelt und verifiziert werden. Ausgehend von einer beispielhaften Annahme einer 5-Tages-Kampagne mit 100 t nitrathaltigen Molkekonzentraten wären zwei Ionenaustauschersäulen mit einem Bettvolumen von je 0,25 m³ bei einer Überströmung von 20 m³·h⁻¹ erforderlich. Eine kontinuierliche Denitrifikation des Eluenten kann anschließend in einer Crossflow-Anlage mit einer Membranoberfläche von ca. 0,35 m² und einem Fermenter mit 2,5 m³ durchgeführt werden.

7. Danksagung

Das Forschungsvorhaben (AiF 14038 N) wurde im „Programm zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)“ vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (via AiF) über den Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI) gefördert.

9. Literatur

- [1] N. P. Wong, Fundamentals of Dairy Chemistry, Van Nostrand Reinhold, New York, 3rd edition, (1988).
- [2] R.I. Lehrer, T. Ganz, Neutrophils and Host Defence, Ann. Intern. Med., 109, 127-142, (1988).
- [3] R.T. Ellison III, T.J. Giehl, F.A. LaForce, Damage of the Outer Membrane of Enteric Gram-Negative Bacteria by Lactoferrin and Transferrin, Infect. Immun., 56, 2774-2781, (1988).
- [4] J. Brock, Lactoferrin: a multifunctional immunoregulatory protein?, Immun. Today, 16, 417-419, (1995).
- [5] K.S. Hoek, J.M. Milne, P.A. Grieve, D.A. Dionysius, R. Smith, Antibacterial Activity of Bovine Lactoferrin-Derived Peptides, Antimicrob. Agents Chemother., 41, 54-59, (1997).
- [6] W. Bellamy, M. Takase, K. Yamauchi, H. Wakabayashi, K. Kawase, M. Tomita, Identification of the bactericidal domain of lactoferrin, Biochim. Biophys. Acta, 1121, 130-136, (1992).

- [7] N. Tippkötter, W. Roikaew, R. Ulber; Nitratentfernung aus Molkekonzentrat mit biotechnologischer Regeneration der Abwässer, Deutsche Milchwirtschaft 15 (2007) 540-542.
- [8] N. Tippkötter, W. Roikaew, R. Ulber; Nitrate removal from whey concentrate with biotechnological regeneration of the waste water; European Dairy Journal 1 (2008) 30-32.
- [9] R. Ulber, K. Plate, W. Demmer, H. Buchholz, T. Scheper; Downstream processing of bovine lactoferrin from sweet whey; Acta Biotechnol. 21 (2001) 27-34.
- [10] Scotter MJ, Castle L (2004) Chemical interactions between additives in foodstuffs: a review. Food Additives and Contaminants, 21 (2), 93–124.
- [11] Santamaria P. (2006) Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation . Journal Of The Science Of Food And Agriculture, 86 (1), 10-17.
- [12] Hegesh E, Shiloah J. (1982) Blood Nitrates And Infantile Methemoglobinemia. Clinica Chimica Acta, 125 (2), 107-115.
- [13] Murphy AP. (1991) Chemical removal of nitrate from water. Nature, 350, 223–5.



Prof. Dr. Dr. Peter Schieberle

Deutsche Forschungsanstalt
für Lebensmittelchemie, Garching



Von der Kakaobohne zur Schokolade: Steuerung des Aromaprofils durch Prozesstechnologie und Rezeptur

1. Einleitung

Der aus den Samen der Frucht von *Theobroma cocoa* hergestellte Kakao ist der wichtigste Rohstoff zur Herstellung von Schokolade. Die Weltjahresproduktion liegt bei ca. 3,2 Mio. t (2006) und stammt zu mehr als 50 % aus den drei Ländern Ivory Coast (31,8 %), Brasilien (13,1 %) und Ghana (12 %). Aufstrebende Kakao-Produzenten sind Indonesien und Malaysia mit jeweils etwa 9,2 % Marktanteil.

Aus technologischer Sicht ist es ein weiter Weg von der Kakaofrucht bis hin zum Endprodukt Schokolade. Der erste Teilschritt des Herstellungsprozesses erfolgt in den Ursprungsländern (**Abbildung 1**). Zunächst werden die reifen Kakaofrüchte mechanisch geöffnet, die Samenkerne mit anhaftender Pulpe entnommen und diese einer sog. „Fermentation“ unterzogen. Dieser in der Regel 5-7 Tage dauernde Prozess erfolgt in den afrikanischen Ländern als sog. Haufenfermentation unter Nutzung von Blättern der Bananenstaude. In Indonesien ist hingegen eine Kurzzeit-Fermentation (2 Tage) in Kunststoffsäcken vorherrschend. Die im Laufe der Fermentation vom Fruchtfleisch befreiten Samen werden dann entweder an der Sonne oder mit Hilfe erwärmter Luft zum Rohkakao getrocknet. Das lagerstabile Material wird anschließend entweder im Ursprungsland oder in den Verbraucherländern zur Ausbildung des typischen Kakaoaromas geröstet.

Betrachtet man den technologischen Prozess aus biochemisch/chemischer Sicht, so können die in den gerösteten Kakaobohnen vorliegenden Aromastoffe aus drei verschiedenen Quellen stammen (**Abbildung 2**).

Die Aromastoffe können entweder bereits bei der Samenreifung, d.h. in der Frucht, zum anderen während der Fermentation biochemisch gebildet werden, oder sie entstehen während der Röstung durch sog. Thermo-Konversion aus geruchlosen Aromavorstufen (Precursoren). Im Bezug auf diese Vorstufen können ebenfalls zwei verschiedene Szenarien diskutiert werden: entweder die Vorstufe wird bereits bei der Samenreifung gebildet oder diese entsteht durch enzymatische Reaktion bei der Fermentation.

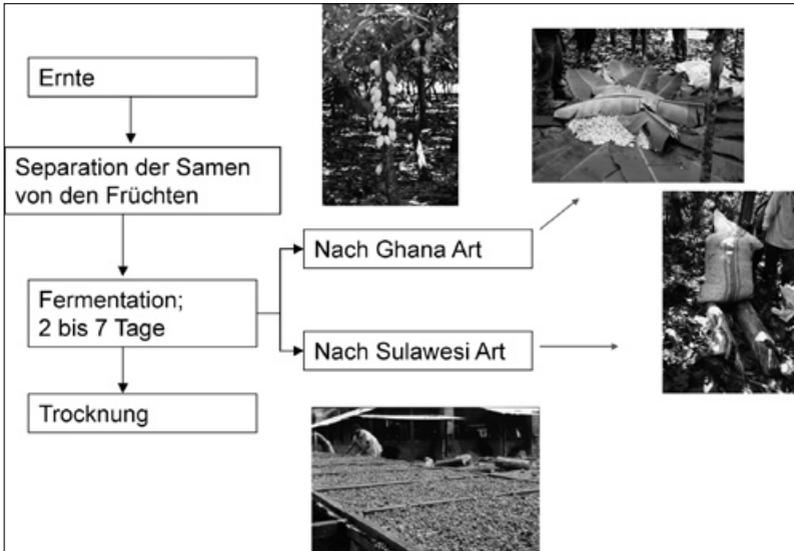


Abb. 1: Schematische Darstellung des Kakaoverarbeitungsprozesses.

- **Enzymatische Bildung im Samen während der Reifung**
- **Enzymatische Bildung während der Fermentation**
- **Thermische Bildung aus geruchlosen Aromavorstufen während der Röstung**
 - Vorstufe liegt bereits im Samen vor
 - Vorstufe wird während der Fermentation gebildet

Abb. 2: Einfluss des Rohstoffes und der Kakaoverarbeitung auf die Bildung wichtiger Aromastoffe.

Kenntnisse darüber, wann ein Aromastoff gebildet wird, entscheiden somit darüber, wie das Aroma des Endproduktes optimierbar ist, d.h. wie entscheidend sind die Varietät, die Fermentationsparameter oder die Bedingungen bei der Röstung für die Ausbildung des charakteristischen Kakaoaromas.

Untersuchungen zum Aroma von geröstetem Kakao sind bereits seit nahezu 100 Jahren im Fokus lebensmittelchemischer Forschung, beginnend mit der Studie von Bainbridge und Davies [1], die in einem Extrakt aus 200 kg Kakao insbesondere Linalool als wichtigen Aromastoff identifizierten. Zahlreiche Arbeiten haben allerdings bis heute zur Identifizierung von nahezu 600 flüchtigen Verbindungen geführt [2, 3]. Sieht man diesen Kenntnisstand aber im Zusammenhang mit den zu klärenden Fragen (**Abbildung 2**), so ergäbe sich ein äußerst umfangreiches Arbeitsprogramm, da die exakte quantitative Analyse von mehr als 600 Verbindungen auf verschiedenen Produktionsstadien der Kakaoherstellung durchgeführt werden müsste. Einen eleganten Ausweg bietet hier das Konzept der „Molekularen Sensorik“, das im Folgenden kurz vorgestellt werden soll.

2. Prinzip der „Molekularen Sensorik“

Insbesondere durch Arbeiten von Linda Buck und Richard Axel, die im Jahre 2004 mit dem Nobelpreis für Medizin ausgezeichnet wurden, ist heute akzeptiert, dass Duft- bzw. Aromastoffe mit den menschlichen Geruchsrezeptoren interagieren, die im sog. olfaktorischen Epithel der oberen Nasenhöhle lokalisiert sind (**Abbildung 3**). Nach aktuellem Forschungsstand wird die Zahl auf ca. 350 verschiedene Rezeptortypen geschätzt, von denen jeder in etwa 15.000 Geruchszellen exprimiert wird, d.h. die Gesamtzahl der Geruchszellen beträgt etwa 5-6 Millionen. Obwohl bekannt ist, dass die einzelnen Rezeptoren konzentrationsabhängig aktiviert werden, lassen die bisherigen biologischen Arbeiten aber keine Aussage darüber zu, welche Struktur ein Aromastoff besitzen muss, um mit den Rezeptoren zu interagieren bzw. in welcher Konzentration dieser vorliegen muss.

Solche Fragen können allerdings durch Korrelation von chemischen Verbindungen, die nur geringfügig in der Struktur modifiziert wurden, mit der menschlichen Wahrnehmungsschwelle beantwortet werden. Ein Beispiel für Alkylpyrazine, die i.d.R. erdig, nussig riechen und von denen eine Vielzahl in Kakao identifiziert wurden [3] ist in **Abbildung 4** dargestellt. Unter den 76 synthetisch hergestellten Pyrazinen wiesen insbesondere das 2-Ethyl-3,5-dimethylpyrazin (P7), das 2,3-Diethyl-5-methylpyrazin (P16) und das 2-Vinyl-3-ethyl-5-methylpyrazin (P17) mit 0,07 Nanogramm pro Liter Luft die niedrigste Geruchsschwelle auf [4]. Um die gleiche nussig, röstige Geruchsnote zu erzielen, müsste also das 2,5-Dimethylpyrazin (P 2) mit einer Geruchsschwelle von 16.850 Nanogramm pro Liter Luft in einer um den Faktor 240.000 höheren Konzentration vorliegen als die drei erstgenannten Pyrazine. Solche Daten verdeutlichen einerseits die extreme Sensitivität aber auch Selektivität des menschlichen Geruchssinns, eröffnen aber andererseits auch die Möglichkeit, aus der Vielzahl flüchtiger Verbindungen in Lebensmitteln die geruchsaktiven Verbindungen durch Kombination von chemischer Analytik mit der Leistungsfähigkeit der menschlichen Nase, d.h. dem vollständigen Set an Geruchsrezeptoren herauszufinden.

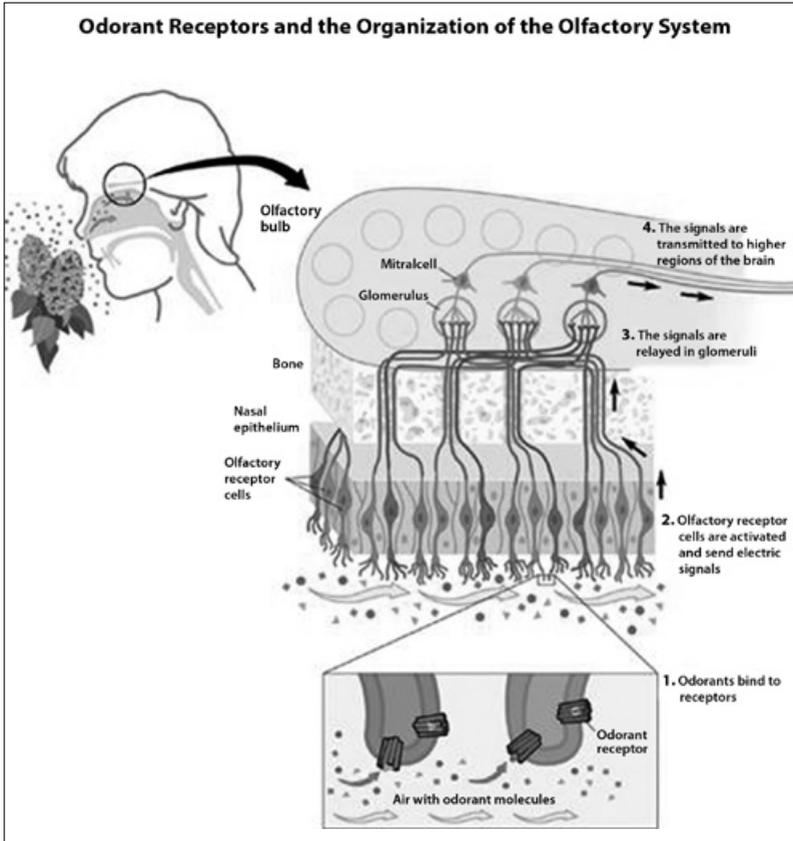


Abb. 3: Schematischer Aufbau des menschlichen Geruchssystems (www.nobelprize.de).

Auf der Basis dieser Erkenntnis wurde das Konzept der „Molekularen Sensorik“ entwickelt (**Abbildung 5**), das zunächst ein „Zerlegen“ der Fraktion flüchtiger Verbindungen in die geruchslosen und die geruchsaktiven Verbindungen vorsieht. Durch quantitative Bestimmung aller geruchsaktiven, d.h. vom Menschen wahrnehmbaren Verbindungen, wird dann eine sog. Blaupause der Schlüsselaromastoffe erstellt und daraus unter Verwendung von Referenzverbindungen ein Aromarekombinat erstellt [5]. Dieses wird schließlich in einem sensorischen Experiment hinsichtlich der Ähnlichkeit mit dem Gesamtaroma bewertet, um den Erfolg der analytischen Arbeiten zu belegen.

Da geröstete Kakaobohnen den wichtigsten Bestandteil der Schokolade darstellen, soll im Folgenden das Konzept der Molekularen Sensorik an diesem Beispiel erläutert werden.

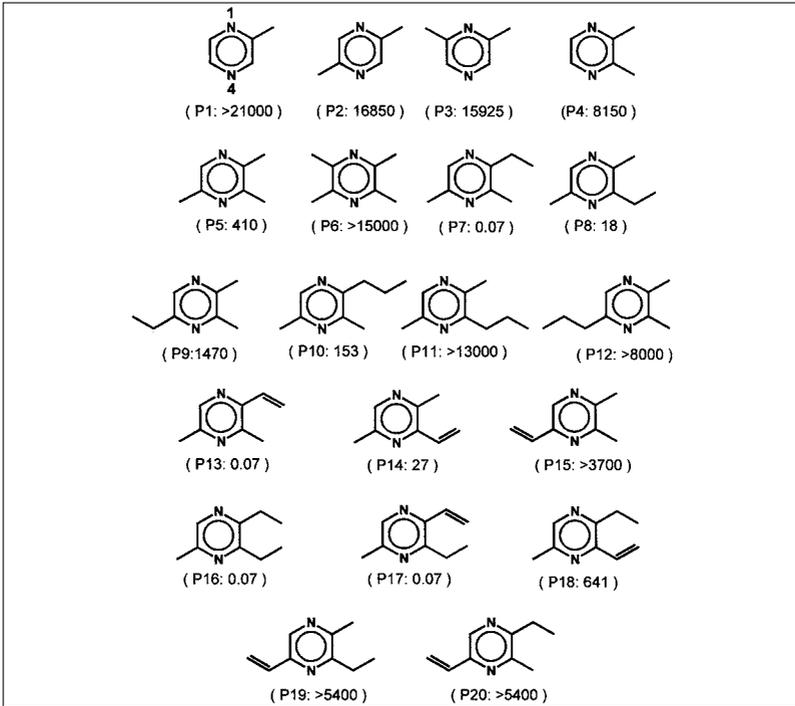


Abb. 4: Struktur/Wirkungsbeziehungen bei Alkylpyrazinen; Geruchsschwelle in ng/L Luft [4].

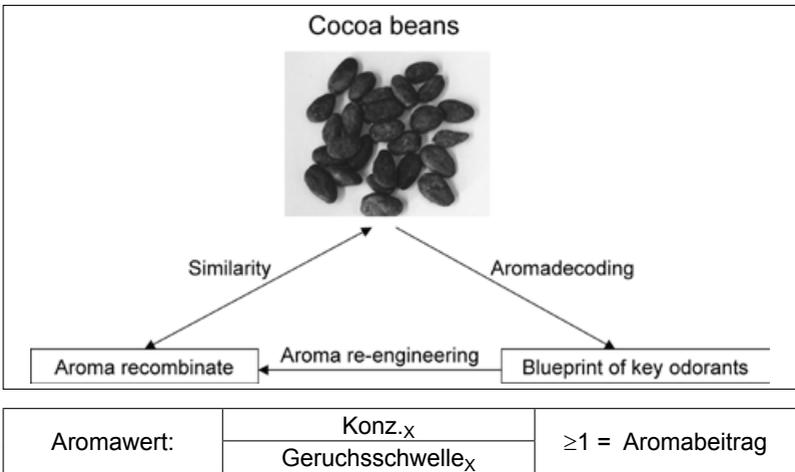


Abb. 5: Das Konzept der „Molekularen Sensorik“.

3. Charakterisierung der Schlüsselaromastoffe in gerösteten Kakaobohnen

Für die Untersuchungen standen Kakaobohnen aus einem Batch (Ghana und Sulawesi) zur Verfügung, die unter wissenschaftlicher Leitung in den Ursprungsländern fermentiert und anschließend geröstet wurden.

Zunächst wurden die wichtigsten Aromastoffe in den sieben Tage fermentierten und anschließend gerösteten Kakaobohnen identifiziert. Dazu wurde das gemahlene Material mit Diethylether extrahiert, die nicht-flüchtigen Verbindungen durch eine SAFE-Destillation [6] abgetrennt und die flüchtige Fraktion gaschromatographisch getrennt. Die Bewertung der sensorischen Aktivität erfolgte anhand einer Aromaextraktverdünnungsanalyse [7].

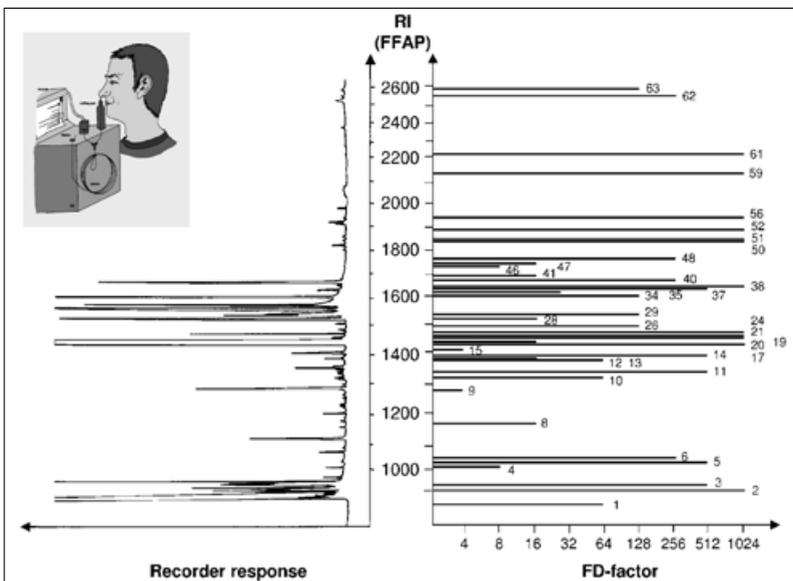


Abb. 6: Gaschromatogramm (links) und FD-Chromatogramm eines Destillates aus 7 Tage fermentierten, gerösteten Kakabohnen (Sulawesi).

Im Bereich der Flavour Dilution (FD)-Faktoren von 4 bis 1.024 wurden insgesamt 63 Verbindungen sensorisch detektiert (**Abbildung 6**), unter denen Verbindungen mit malzartigen, karamellartigen, röstig, kartoffelartigen bzw. blütigen Noten dominierten. Insgesamt konnten 37 aroma-aktive Verbindungen mit FD-Faktoren ≥ 4 identifiziert werden, unter denen aufgrund der Identifizierungsarbeiten in Kombination mit den FD-Faktoren die dreizehn in **Abbildung 7** dargestellten Verbindungen als wichtigste Aromastoffe in gerösteten Kakaobohnen anzusehen sind. Anhand quantitativer Daten und von Aromarekombinationsex-

perimenten konnte das Aroma von Röstkakao in einer anderen Studie, die die gleichen Aromastoffe ergab, erfolgreich simuliert werden [8].

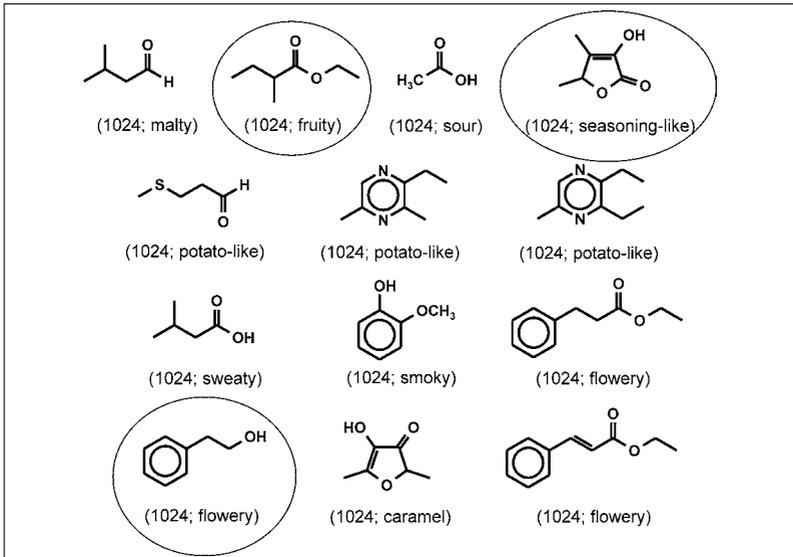


Abb. 7: Schlüsselaromastoffe in 7 Tage fermentierten, dann gerösteten Kakaobohnen aus Sulawesi.

Im Fokus der weiteren Arbeiten stand aber die Frage nach dem Bildungsverlauf der Aromastoffe im Herstellungsprozess, der im Folgenden an einigen Beispielen aufgezeigt werden soll.

Zunächst wurden zeitgleich die Aromastoffe aus frischen, unfermentierten Kakaosamen anhand einer AEVA charakterisiert, wobei gezeigt werden konnte, dass unter den in **Abbildung 7** gezeigten Verbindungen der fruchtig riechende 2-Methylbuttersäureethylester, das Maggi-artig riechende Sotolon und das blütig riechende 2-Phenylethanol (eingekreiste Verbindungen; **Abbildung 7**) bereits mit der gleichen Geruchsaktivität in den unfermentierten, frischen Kakaosamen vorlagen (Daten nicht dargestellt). Die Anwesenheit dieser Verbindungen ist somit durch die Kakaovarietät bestimmt. Quantitative Messungen zeigten, dass hingegen ein weiterer Ester, das 2-Phenylethylacetat, bei der Fermentation signifikant ansteigt (graue Säulen) und am 7. Tag der Fermentation eine Konzentration von nahezu 7 mg/kg erreicht (**Abbildung 8**). Die Röstung der entsprechenden Kakaobohnen führt bis zum 5. Tag der Fermentation zu einem relativ geringen Anstieg der Konzentrationen des Esters, der allerdings kaum auf eine Neubildung bei der Röstung hinweist, zumal in der 7 Tage fermentierten Probe die Röstung zu einer Reduktion der Konzentrationen führte.

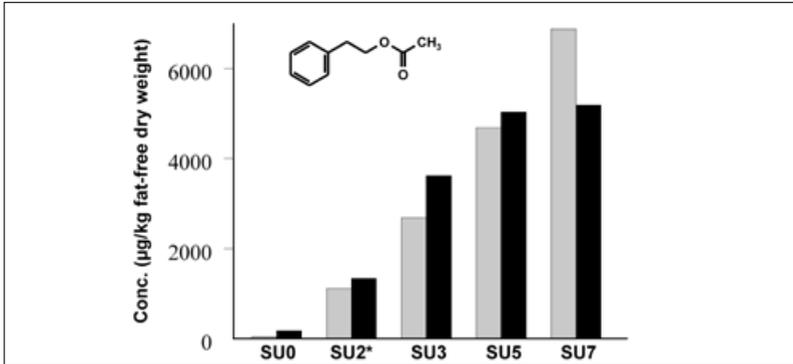


Abb. 8: Veränderungen in den Konzentrationen von 2-Phenylethylacetat (blütig) im Verlauf der Fermentation (graue Säulen) bzw. nach der Röstung (schwarze Säulen) der gleichen Probe.

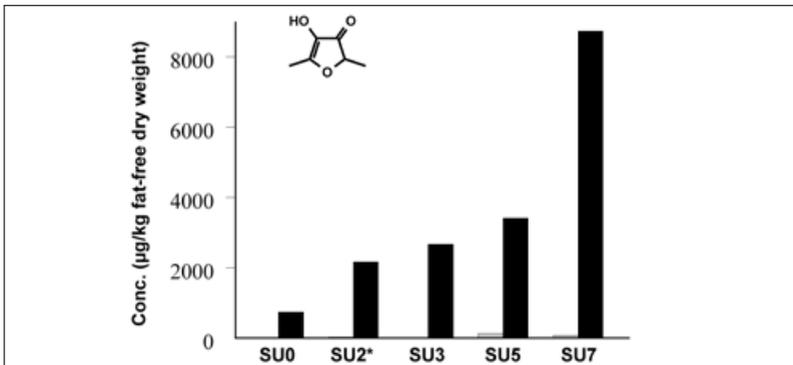


Abb. 9: Veränderungen in den Konzentrationen von 4-Hydroxy-2,5-dimethyl-3(2H)-furanon (karamellartig) im Verlauf der Fermentation (graue Säulen) bzw. nach der Röstung (schwarze Säulen) der gleichen Probe.

Ein völlig anderes Bild ergab sich für das karamellartig riechende 4-Hydroxy-2,5-dimethyl-3(2H)-furanon. Während im Verlauf der Fermentation keine Bildung zu beobachten war (graue Säulen; **Abbildung 9**), führte bereits die Röstung der unfermentierten Samen zu Neubildung des Aromastoffes, die mit mehr als 8 mg/kg in den 7 Tage fermentierten, dann gerösteten Bohnen am höchsten war. In diesem Fall erfolgt also eine Bildung aus Aromavorstufen, die im Verlauf der Fermentation offenbar in steigenden Konzentrationen gebildet werden. Im Verlauf der Arbeiten wurden solche Bildungsverläufe für fünfzehn Kakaoaromastoffe erstellt, die erstmals klare Aussagen zum Einfluss von Fermentation und Röstung auf die Genese des Kakaoaromas erlauben [Bugan und Schieberle, JAFC, in Vorbereitung].

4. Charakterisierung von Aromavorstufen in Rohkakao

Insbesondere die sog. Strecker-Aldehyde, wie das malzig-süß riechende 3-Methylbutanal (**Abbildung 7**), werden bereits seit langem als entscheidende Aromastoffe im Kakaoaroma vorgeschlagen [9].

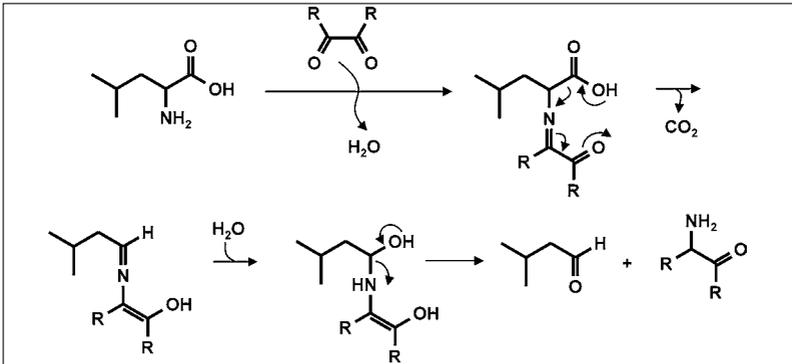


Abb. 10: Bildung von 3-Methylbutanal aus Leucin durch α -Dicarbonyl-induzierten Strecker-Abbau von Leucin.

Als Vorstufen zu deren Bildung bei thermischen Prozessen sind freie Aminosäuren bekannt, die unter Katalyse durch sog. α -Dicarbonylverbindungen einer oxidativen Decarboxylierung unterliegen, wobei der Strecker-Aldehyd unter Transaminierung freigesetzt wird [10]. Die α -Dicarbonylverbindungen stammen i.d.R. aus dem thermischen Abbau von Kohlenhydraten. Der Bildungsverlauf ist beispielhaft für den Abbau von Leucin zum 3-Methylbutanal in **Abbildung 10** dargestellt.

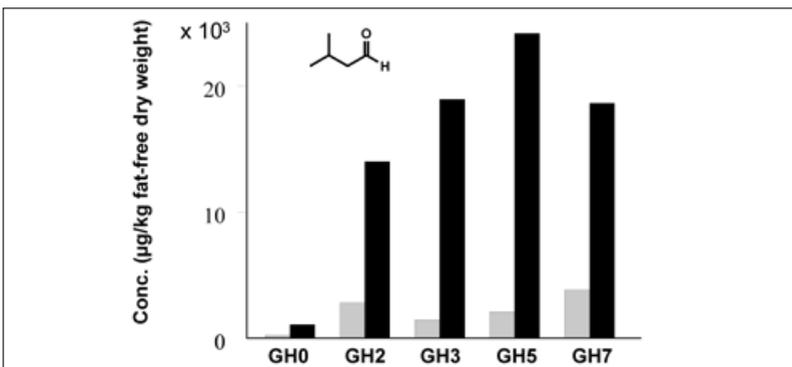


Abb. 11: Einfluss der Fermentationsdauer und des Röstprozesses auf die Bildung von 3-Methylbutanal (Ghana-Kakao). Grau: fermentiert; schwarz: fermentiert, geröstet.

Sollte dieser thermisch induzierte Reaktionsweg auch für Kakao von Bedeutung sein, so ist zu erwarten, dass im Zuge der Fermentation kein 3-Methylbutanal gebildet wird, hingegen aufgrund proteolytischer Aktivität bei der Fermentation der Kakaosamen unter Freisetzung von Aminosäuren ein Anstieg bei der Röstung mit steigender Fermentationsdauer erfolgen sollte.

Die quantitativen Daten (**Abbildung 11**) zeigten aber, dass interessanterweise bereits bei der Fermentation die Bildung von 3-Methylbutanal erfolgt, allerdings ist die thermische Bildung dominant, so dass nach Röstung der 5 Tage fermentierten Probe ca. 25 mg/kg des Aldehyds gebildet wurden. Die Daten bestätigen somit die Korrelation von Aminosäurefreisetzung bei der Fermentation mit der Strecker-Aldehydbildung bei der Röstung.

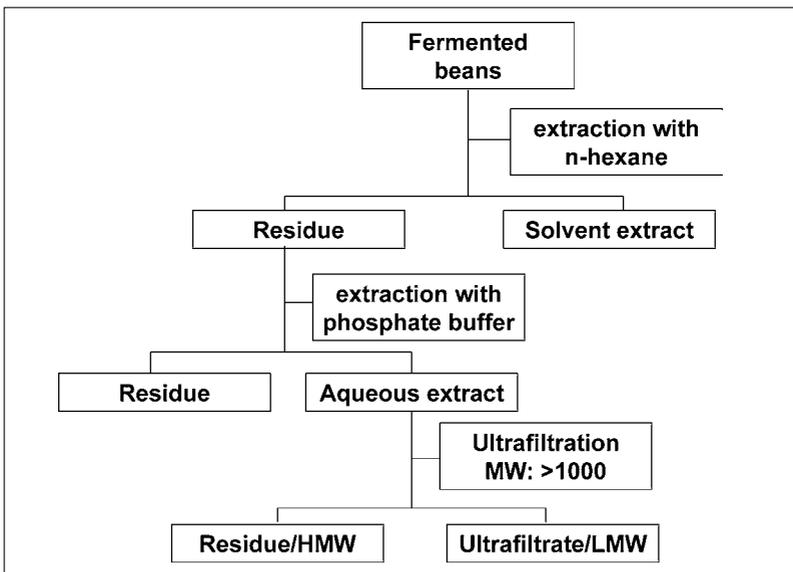


Abb. 12: Schema zur Isolierung von Aromavorstufen aus Kakao.

Um diese Vermutung zu belegen, wurde ein Schema zur Isolierung von Aromavorstufen aus ungerösteten Kakaobohnen erarbeitet (**Abbildung 12**). Nach Abtrennung hydrophober Verbindungen, i.d.R. Fett, freie Aromastoffe etc., erfolgt dabei zunächst eine Extraktion mit Pufferlösungen und der Extrakt wird dann einer Ultrafiltration nach Molekülgröße unterzogen. In den Einzelaktionen werden zunächst die potentiellen Aromavorstufen, d.h. in diesem Fall Leucin und die reduzierenden Kohlenhydrate, quantifiziert. Nach Gefriertrocknung werden diese dann in Palmöl suspendiert und zur Simulation der Röstung bei 120°C erhitzt.

Bei der Erhitzung der auf diese Weise isolierten Fraktion niedermolekularer Verbindungen (LMW-Fraktion < 1.000 Da) entstanden 55 mg 3-Methylbutanal pro kg Rohkakao. Die nicht-erhitzte Fraktion enthielt 4,8 g freies Leucin sowie 1,8 g Glucose und 1,1 g Fructose (**Tabelle 1**).

Tab. 1: Konzentrationen von Leucin, Glucose und Fructose in der LMW-Fraktion von fermentiertem Rohkakao im Vergleich zur Bildung von 3-Methylbutanal bei Röstung der LMW-Fraktion

| Inhaltsstoff | mg/kg |
|-----------------|-----------------|
| Leucine | 1.140 |
| D-Glucose | 1.830 |
| D-Fructose | 4.820 |
| | |
| 3-Methylbutanal | 55 ^a |

^a Die Fraktion wurde nach Gefriertrocknung mit Palmfett gemischt und bei 120°C erhitzt.

⇒ In einer Modellreaktion (Palmfett, 120°C) unter Einsatz der drei Vorstufen in den natürlichen Konzentrationen entstanden lediglich 3 mg 3-Methylbutanal.

Ein Modellversuch, in dem diese drei Vorstufen unter den gleichen Bedingungen erhitzt wurden, ergab allerdings lediglich 3 mg 3-Methylbutanal, so dass offenbar wesentlich effektivere Aromavorstufen im Rohkakao vorliegen müssen (**Tabelle 1**). Vorversuche zur Charakterisierung dieser Vorläufer ergaben eine Unterfraktion der LMW-Fraktion, die weder freie Aminosäuren noch Kohlenhydrate enthielt, aber nach Erhitzung sehr effizient 3-Methylbutanal freisetzte (Daten nicht dargestellt). Inzwischen konnten wir belegen, dass die Amadori-Verbindung des Leucins, die bereits bei der Fermentation des Rohkakaos entsteht, für etwa die Hälfte der Bildung von 3-Methylbutanal bei der Röstung verantwortlich ist. Die Klärung der Strukturen weiterer Aromavorstufen steht im Vordergrund weiterer Arbeiten.

Tab. 2: Einfluss der Fermentation auf die Konzentrationen von Amadori-Produkten (ARP) in ausreichend (braun) und nicht ausreichend fermentierten Kakaobohnen (slaty) aus Ecuador

| ARP | Konz. (mg/kg Kakao) | |
|---------|---------------------|-------|
| | braun | slaty |
| Leu/Ile | 129 | 62 |
| Phe | 53 | 2 |

Die große Bedeutung der Bildung von Amadori-Produkten (ARPs) während der Fermentation geht auch aus den in **Tabelle 2** gezeigten Daten hervor. So enthielten unzureichend fermentierte Kakaobohnen (slaty) deutlich geringere Konzentrationen von ARPs als ausreichend fermentierte Kakaobohnen (braun). Berücksichtigt man, dass Amadori-Produkte wesentlich effektivere Vorläufer der Bildung von Strecker-Aldehyden sind [Weigl und Schieberle, eingereicht bei JAFIC] so ist bei der Röstung von slaty-Bohnen ein deutlich schwächeres Aroma zu erwarten, eine Vermutung, die wir kürzlich durch eine vergleichende Aromaextraktverdünnungsanalyse bestätigen konnten [Bericht zum IGF-Vorhaben AiF 14491 N].

5. Aromastoffe in Schokolade

Im Zuge der Weiterverarbeitung werden die gerösteten Kakaobohnen von der Schale befreit und die erhaltenen Kakao-Nibs durch Pressung in das Kakaopulver und die Kakaobutter getrennt (**Abbildung 13**). Zur Schokoladenherstellung werden dann die Hauptbestandteile Kakaobutter, Kakaomasse und Saccharose verschiedenen mechanischen Bearbeitungsschritten unterzogen, wobei Milchschokolade unter zusätzlicher Verwendung von Milchbestandteilen hergestellt wird. Deren Kakaoanteil (Kakaomasse, Kakaobutter) beträgt i.d.R. ca. 1/3 des Gesamtgewichts.

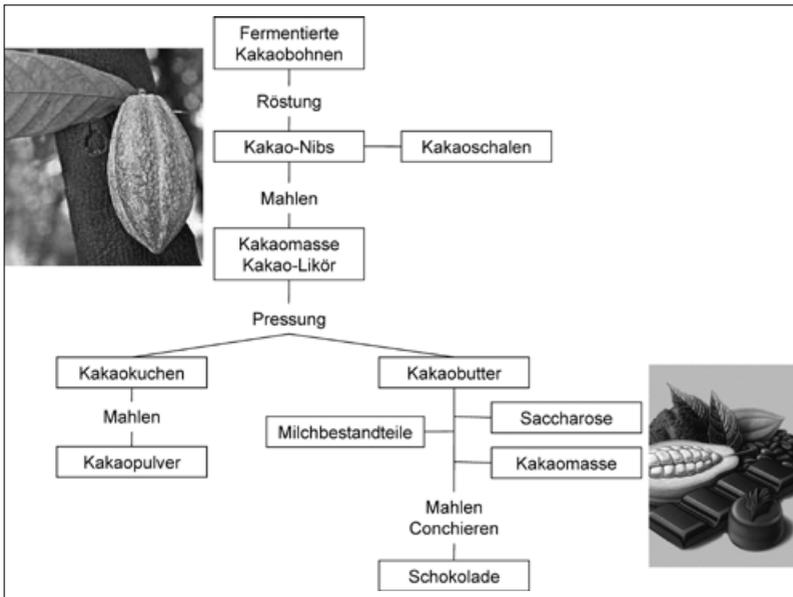


Abb. 13: Kurzes Schema der Kakao- und Schokoladenherstellung.

Betrachtet man den Herstellungsprozess der Schokolade unter chemischen Gesichtspunkten, so sind drei Szenarien denkbar:

- 1) Die Aromastoffe aus den Rezepturbestandteilen gehen verlustlos in die fertige Schokolade über, d.h. die Bilanzierung der Aromastoffe basierend auf deren Gehalt in den Bestandteilen sollte dem Gehalt in der Schokolade entsprechen.
- 2) Im Verlauf des Verarbeitungsprozesses, z.B. dem Conchiervorgang, werden Aromastoffe durch Verdampfen entfernt, d.h. die berechnete Summe der Aromastoff-Konzentrationen aus den Rohstoffen sollte höher sein als in der Schokolade.
- 3) Im Verlauf des Herstellungsprozesses werden Aromastoffe aus den in den Rohstoffen vorhandenen Vorstufen neu gebildet, d.h. die berechnete Summe der Aromastoff-Konzentrationen aus den Rohstoffen sollte niedriger sein als in der Schokolade.

Um diesen Fragen nachzugehen, wurden zunächst die wichtigsten Aromastoffe in einer nach einem Standardverfahren hergestellten Milkschokolade ermittelt, wobei die einzelnen Rohstoffe ebenfalls für die Analyse zur Verfügung standen.

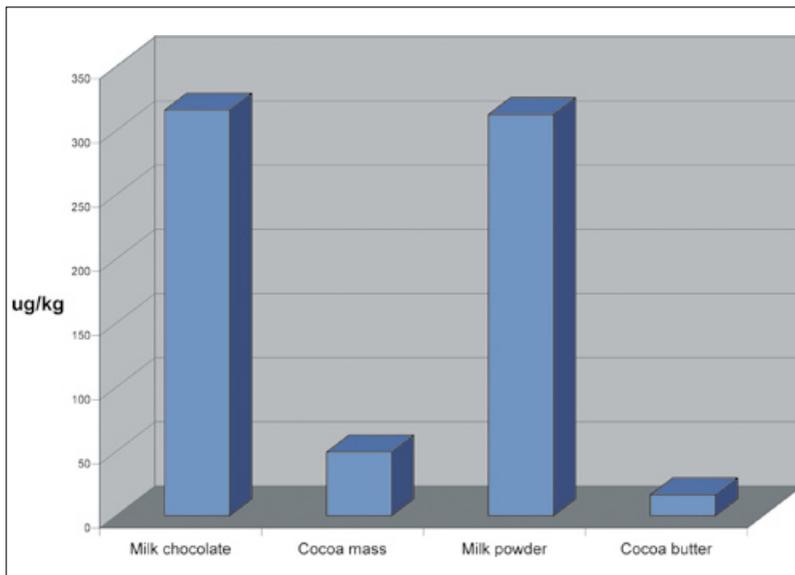


Abb. 14: Vergleich der Konzentrationen von δ -Dekalacton in den Rezepturbestandteilen sowie in der fertigen Schokolade.

Die Konzentrationen der einzelnen Aromastoffe wurden dann in den drei Hauptbestandteilen Kakaomasse, Kakaobutter und Milchpulver anhand von Stabilisotopenassays ermittelt und auf der Basis des jeweiligen Anteils den Daten für die Milchsokolade gegenübergestellt.

Im Folgenden wird anhand der für zwei Schokoladenaromastoffe erzielten Ergebnisse die Vorgehensweise erläutert; insgesamt wurden die Messungen für fünfzehn Aromastoffe durchgeführt. Betrachtet man die Konzentration von δ -Dekalaktone (süß, kokosartig) in den drei Hauptbestandteilen, so wies das Milchpulver die höchste Konzentration auf (**Abbildung 14**). Betrachtet man die Tatsache, dass durch die Saccharose die Aromastoffmenge in der Rezeptur „verdünnt“ wird, so deuten die Daten daraufhin, dass dieser Aromastoff bei der Schokoladenherstellung neu gebildet wird. Der Umfang der Neubildung wird sichtbar, wenn die über die relativen Anteile der Rezepturbestandteile eingebrachten Aromastoffmengen denjenigen in der Schokolade gegenübergestellt werden (**Abbildung 15**). Die Daten zeigen klar, dass aufgrund eines Abbaus von Aromavorstufen beim Herstellungsprozess die Konzentration des Laktone das Vierfache ansteigt.

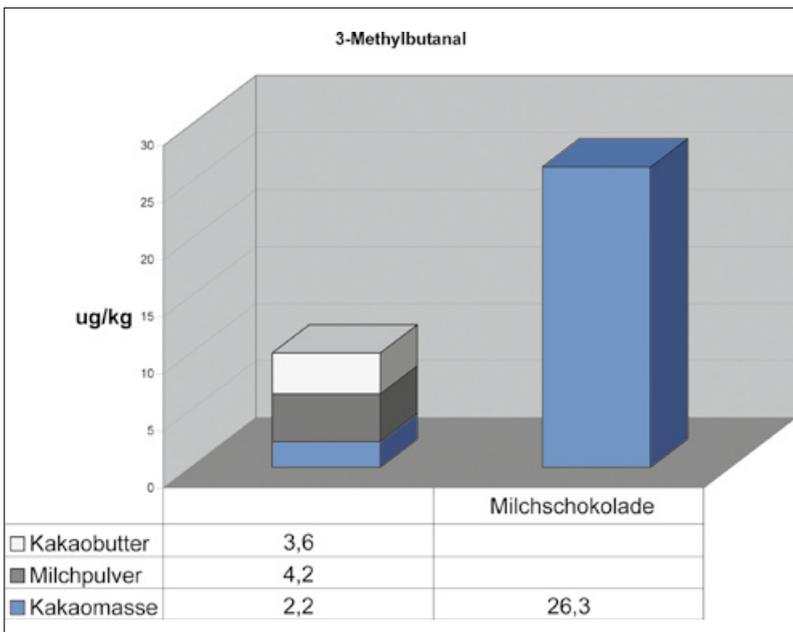


Abb. 15: Vergleich der Konzentration von δ -Dekalaktone in den Rezepturbestandteilen mit den in der Milchsokolade gefundenen Konzentrationen. (Zur Herstellung wurden 22 % Vollmilchpulver, 19 % Kakaobutter und 12 % Kakaomasse eingesetzt; + 47 % Saccharose).

Einen deutlichen Anstieg in der Konzentration im Verlauf der Schokoladenherstellung zeigte auch das malzartig riechende 3-Methylbutanal (**Abbildung 16**). Ergab sich aus den Rezepturbestandteilen rechnerisch ein Gehalt an 10 µg/kg so wurde ein tatsächlicher Gehalt von 26,3 µg/kg in der Schokolade gefunden. Auch hier fand somit im Verlauf der Herstellung eine Neubildung des Aromastoffes statt.

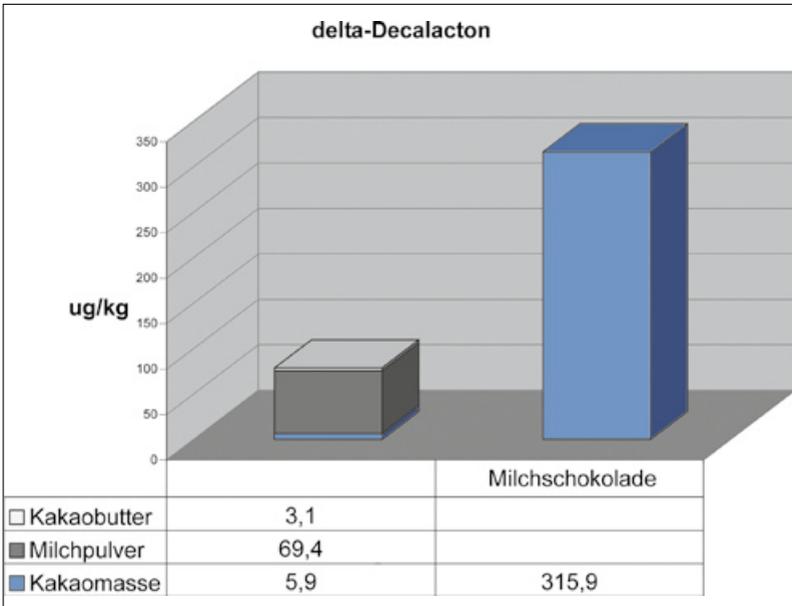


Abb. 16: Vergleich der Konzentrationen von 3-Methylbutanal in den Rezepturbestandteilen mit den in der Milchsokolade gefundenen Konzentration. (Zur Herstellung wurden 22 % Vollmilchpulver, 19 % Kakaobutter und 12 % Kakaomasse eingesetzt; + 47 % Saccharose).

6. Korrelation der Daten an Kakao mit den Ergebnissen an Schokolade

Aufgrund der zeitlichen Differenz zwischen den beiden Projekten konnten zur Herstellung der Schokolade nicht die für die Kakaostudien eingesetzten Materialien verwendet werden. Aus den quantitativen Daten lassen sich dennoch Tendenzen zu Aromastoffveränderungen auf dem Weg vom Kakao zur Schokolade ableiten.

Geht man davon aus, dass die eingesetzte Kakaobutter (desodoriert) weitgehend frei von Aromastoffen war, so sollte über den Kakaomassenanteil etwa

12 % der im Röstkakao vorhandenen Aromastoffmengen in der untersuchten Milkschokolade wiederzufinden sein.

Tab. 3: Vergleich der Konzentrationen ausgewählter Aromastoffe in Röstkakao und Milkschokolade

| Aromastoff | Konz. (µg/kg) | | |
|--------------------------------------|---------------|---------|---------|
| | Schokolade | Kakao 1 | Kakao 2 |
| 4-Hydroxy-2,5-dimethyl-3(2H)-furanon | 114 | 810 | 1.200 |
| 2- und 3-Methylbuttersäure | 1.960 | 9.590 | 9.700 |
| 2- und 3-Methylbutanal | 38 | 4.873 | 38.400 |
| Phenylacetaldehyd | 57 | n.a. | 5.500 |

n.a.: nicht analysiert.

Obwohl weder Röstkakao 1 noch 2 (**Tabelle 3**) zur Herstellung der Kakaomasse für die Milkschokolade verwendet wurden, entsprechen die Konzentrationen der Aromastoffe 4-Hydroxy-2,5-dimethyl-3(2H)-furanon sowie 2- und 3-Methylbuttersäure tendenziell den in Schokolade (12 % Kakaoanteil) vorhandenen Mengen. Im deutlichen Gegensatz dazu entsprechen aber die Strecker-Aldehyde 2- und 3-Methylbutanal sowie Phenylacetaldehyd (süß, honigartig) in ihren Konzentrationen in der Schokolade lediglich ca. 0,1 % bzw. 1 % der in den beiden Röstkakaos gemessenen Konzentrationen. Diese Daten lassen somit den Schluss zu, dass möglicherweise bei der thermischen Dünnschicht-Behandlung der Kakaomasse mit Wasserinjektion im sog. „Petzomaten“ ein signifikanter Anteil der Kakaoaromastoffe entfernt wird. Dieser Frage wird derzeit in systematischen Studien nachgegangen.

Tab. 4: Konzentrationen (µg/kg) wichtiger Aromastoffe in verschiedenen Milkschokoladen des Handels

| Aromastoff | Aromaqualität | Milkschokolade | | |
|--------------------------------------|---------------|----------------|-------|-----|
| | | A | B | C |
| 2- und 3-Methylbutanal | malzartig | 47 | 26 | 437 |
| 4-Hydroxy-2,5-dimethyl-3(2H)-furanon | karamellartig | 138 | 89 | 658 |
| δ-Decalacton | kokosartig | 778 | 316 | 230 |
| 2- und 3-Methylbuttersäure | schweißig | 1.960 | 1.326 | 506 |
| Phenylacetaldehyd | honigartig | 38 | 76 | 17 |
| 2-Phenylethylacetat | blütig, süß | 22 | 60 | 35 |

Wie eine Untersuchung an drei willkürlich ausgewählten Milkschokoladen des Handels zeigte (**Tabelle 4**), hat die Technologie der Herstellung einen deutlichen Einfluss auf den Gehalt wichtiger Aromastoffe in der Schokolade, denn Produkt C weist z.B. einen 17-fach höheren Gehalt an 2- und 3-Methylbuttersäure auf als Produkt B. Ein ähnliches Bild ergab sich auch für das karamellartig riechende 4-Hydroxy-2,5-dimethyl-3(2H)-furanon. Die Verarbeitung des Röstkakaos hat somit eine entscheidende Bedeutung für die Konzentrationen der Aromastoffe in der Schokolade.

7. Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse haben gezeigt, dass das Konzept der „Molekularen Sensorik“ nicht allein dazu geeignet ist, Schlüsselaromastoffe in Lebensmitteln zu charakterisieren. Vielmehr lassen quantitative Messungen an diesen „Aromaindikatoren“ auf dem Weg „Vom Rohstoff zum Produkt“ Rückschlüsse auf die Quelle bzw. den Werdegang zur Bildung entscheidender Produktaromastoffe zu. Damit werden Eingriffsmöglichkeiten aufgezeigt, Produktaromen gezielt zu optimieren. Solche Erkenntnisse erfordern allerdings eine enge Zusammenarbeit von Lebensmitteltechnologie, Lebensmittelverfahrenstechnik und Lebensmittelchemie, da solche Ergebnisse nicht am Endprodukt, sondern nur an authentischen Rohstoffen und Zwischenprodukten zu erarbeiten sind.

Wichtige Fragen, die nunmehr anhand der erarbeiteten Methodik in Angriff genommen werden können, sind u.a. der Einfluss der Provenienz auf das Kakaoaroma, die Phasenverteilung der Aromastoffe bei der Trennung von Kakaopulver und Kakaomasse oder auch Reaktionen bei der Dampfbehandlung der Kakaomasse. Sehr entscheidend für die Aromawahrnehmung des Konsumenten wird insbesondere die zeitabhängige Freisetzung von Aromastoffen beim Schokoladenverzehr sein. Erste Untersuchungen zu dieser Thematik wurden begonnen.

8. Danksagung

Die Untersuchungen wurden in folgenden Projekten im Rahmen des „Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)“ vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (via AiF) über den Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI) gefördert:

- AiF 12179 N
Einfluss der Rohstoffe und der Verarbeitung auf das Aroma von Milkschokolade
- AiF 13235 N
Charakterisierung qualitätsbestimmender Geschmacks- und Aromastoffe in Konsumkakao unterschiedlicher Provenienz

- AiF 14491 N 2
Chemische Indikatoren prozessbedingter Heterogenität von Rohkakao

9. Literatur

- [1] Bainbridge JC, Davies SH (1912) *J Chem Soc* 191: 2209-2221.
- [2] Schieberle P (2000) In: *Caffeinated Beverages – Health Benefits, Physiological Effects, and Chemistry* (Parliament TH, Ho C-T, Schieberle P, eds), ACS Symposium Series 754, American Chemical Society, Washington, DC, 2000, pp 262-275.
- [3] Nijssen LM, Visscher CA, Maarse H, Willemsen LC (2007) *Volatile compounds in food*, TNO Food Research Institute, Zeist.
- [4] Wagner R, Czerny M, Bielohradsky J, Grosch W (1999) *Z Lebensm Unters Forsch* 208: 308-316. Structure-odour-relationships of alkylpyrazines.
- [5] Schieberle P, Hofmann T (2003) *Chemie in unserer Zeit* 6: 388-401. Auf den Geschmack gekommen. Die molekulare Welt des Lebensmittelgenusses.
- [6] Engel W, Bahr W, Schieberle P (1999) *Eur Food Res Technol* 209: 237-241.
- [7] Schieberle P (1995) In: *Characterization of Food: Emerging Methods* (Gaonkar AG, ed), Elsevier Science B.V., pp 403-431.
- [8] Frauendorfer F, Schieberle P (2008) *J Agric Food Chem* 56: 10244-10251. Changes in key aroma compounds of Criollo cocoa beans during roasting.
- [9] Van Praag M, Stein HS, Tibbetts MS (1968) *J Agric Food Chem* 16: 1005-1008.
- [10] Granvogel M, Bugan S, Schieberle P (2006) *J Agric Food Chem* 54: 1730-1739. Formation of amines and aldehydes from parent amino acids during thermal processing of cocoa and model systems: new insights into pathways of the Strecker reaction.

Prof. Dr. Dr. Reinhold Carle

Universität Hohenheim
Institut für Lebensmittelwissenschaft
und Biotechnologie
Fachgebiet Lebensmittel pflanzlicher Herkunft



Nachhaltige Lebensmittelproduktion – Gewinnung von Wertstoffen aus den Rückständen der Sonnenblumenöl-Gewinnung*

1. Einleitung

Die Gewinnung pflanzlicher Fette und Öle ist in der Zeit eines zunehmenden Bedarfs an Lebensmitteln, infolge der stetig wachsenden Weltpopulation, sowie des gestiegenen Energiebedarfs aus nachwachsenden Rohstoffen von hoher ökonomischer, aber auch ökologischer Bedeutung. Betrachtet man allein die Weltjahresproduktion pflanzlicher Öle im Zeitraum von 1998 bis 2007, so war hier ein Zuwachs der Produktion von etwas mehr als 50 % zu verzeichnen. Im Gegensatz dazu nahm die Weltjahresproduktion für Getreide in demselben Zeitraum nur um etwa 12,5 % zu. Mit einer jährlichen Produktion von ungefähr 31 Megatonnen Kernen und 11 Megatonnen Öl ist die Sonnenblume derzeit die viertwichtigste Ölsaat mit einem Anteil von 8-9 % an der globalen Pflanzenölproduktion (FAO-STAT, 2008).

Die Sonnenblume (*Helianthus annuus* L.) ist eine der ältesten Kulturpflanzen, die bereits seit Mitte des dritten Jahrtausends v. Chr. im mittelamerikanischen Tiefland domestiziert wurde. Von dort aus verbreitete sie sich zunächst in Nord- und Teilen Südamerikas und später, ab etwa Mitte des 16. Jh. n. Chr., in Europa, Asien und Afrika. Durch züchterische Bemühungen gelang es in den letzten zwei Jahrhunderten, eine Vielzahl verschiedener Sorten mit unterschiedlichen Anwendungseigenschaften zu erzeugen. Ihrer Nutzung entsprechend, lassen

* Autoren: G. M. Weisz¹, C. Pickardt^{1,2}, S. Neidhart¹, D. R. Kammerer¹, R. Carle¹

¹ Universität Hohenheim, Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie, Lehrstuhl Lebensmittel pflanzlicher Herkunft, Stuttgart; ² Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung, Freising

sich die Sonnenblumen in vier Typen unterteilen: Der Öltyp weist besonders viele Röhrenblüten auf, deren Samen einen sehr geringen Schalenanteil von maximal 30 % aufweisen. Der Futtertyp bildet viel Blattmasse aus und findet Verwendung als Grünfütterpflanze und zur Silage, sowie als Gründüngung im Stoppelfruchtanbau. Der Ziertyp wird in Gärten angebaut und besitzt oft mehrere Blüten pro Pflanze.

Der Speisotyp zeichnet sich durch große und locker sitzende Kerne aus, die einen höheren Schalenanteil als die der Öltypen aufweisen. Von primärer wirtschaftlicher Bedeutung sind jedoch lediglich die Früchte der Öl- und Speisotypen. Der essbare Anteil ihrer Kerne besteht neben 21-24 % Protein und 36-57 % Öl aus ca. 12,3 % Kohlenhydraten, 6,3 % Ballaststoffen und 3,3 % Mineralstoffen.

Die hauptsächliche Nutzung der Sonnenblume liegt in der Gewinnung und Verarbeitung des Samenöls. Bei dessen Gewinnung bleibt, je nach Schalenanteil, ein Expeller- oder Presskuchen mit einem Proteingehalt von 30-40 % zurück, der derzeit hauptsächlich in der Wiederkäuermast Verwendung findet. Dem stetig wachsenden Bedarf an pflanzlichen Proteinen für die menschliche Ernährung versucht der Markt mit der Erschließung neuer Rohstoffquellen zu begegnen, wobei die Gewinnung von Proteinen aus Sonnenblumenkernen eine vielversprechende Alternative zur bisher vorherrschenden Proteingewinnung aus Leguminosen darstellt.

Sonnenblumenproteine haben ein hohes Potential, als funktionelle Zutaten die Textur von Lebensmitteln positiv zu beeinflussen und können als Ersatz für andere Pflanzenproteine oder Hühnerei zu dienen. Im Gegensatz zu den meisten Leguminosen ist bei Sonnenblumenproteinen kein bohinig-ranziger Aromafehler vorhanden. Des Weiteren haben Lebensmittel aus Sonnenblume eine hohe Verbraucherakzeptanz, da bislang – im Unterschied zu Soja – weder Allergien bekannt sind noch ein Anbau gentechnisch veränderter Sorten erfolgt. Zudem ist sie frei von toxischen Substanzen und arm an antinutritiven Inhaltsstoffen (z.B. Trypsinantagonisten, Phytohämagglutinine, Saponine). Lediglich die Phytinsäure wird aufgrund ihrer komplexbildenden Eigenschaften als unerwünschter Bestandteil angesehen, da die von ihr in der Pflanze gebundenen Mineralstoffe vom Körper nicht aufgenommen werden können. Strebt man die Extraktion von Proteinen aus den Rückständen der Sonnenblumenölgewinnung an, so erhält man nicht nur eine weitere Wertschöpfung des ursprünglichen Rohstoffes, sondern auch eine Proteinquelle, die preiswert und in großen Mengen verfügbar ist. Bislang war es aufgrund hoher Produktionskosten, geringer Funktionalitäten des Sonnenblumenproteins, aber auch aufgrund teilweise inakzeptabler Sensorik nicht möglich, marktfähige Produkte herzustellen [1, 3, 4, 13].

Die Sonnenblumenproteine sind reich an essentiellen Aminosäuren, ausgenommen Lysin (**Tabelle 1**), sie variieren jedoch in ihrer Zusammensetzung je nach Sorte. Der Aminosäureindex wird für Sonnenblumenmehl mit einem Wert von 68 angegeben (im Vergleich dazu Sojamehl mit 79). Als Bezugsgröße wird die

Aminosäurezusammensetzung des Hühnereis mit einem Index von 100 zu Grunde gelegt. Hinsichtlich der biologischen Wertigkeit, basierend auf den meistlimitierenden Aminosäuren, liegen Sonnenblume und Sojaproteine mit 63 bzw. 67 [15] nah beieinander. Anwendungsmöglichkeiten für Sonnenblumenproteine ergeben sich im Bereich der vegetabilen Ernährung als Alternative zum derzeit überwiegend verwendeten Sojaprotein.

Tab. 1: Aminosäurezusammensetzung von Sonnenblumen- und Sojaprotein (nach Dorrell & Vick, 1997)

| Aminosäure g/100 g N | Sonnenblume | Soja |
|----------------------|-------------|-------|
| Arginin | 56,2 | 42,2 |
| Histidin | 14,4 | 17,0 |
| Isoleucin | 29,2 | 29,6 |
| Leucin | 38,4 | 44,0 |
| Lysin | 19,5 | 38,3 |
| Methionin | 11,4 | 8,1 |
| Cystein + Cystin | 13,4 | 12,9 |
| Tryptophan | 10,0 | 11,1 |
| Phenylalanin | 29,4 | 28,8 |
| Valin | 34,9 | 33,3 |
| Threonin | 22,3 | 22,1 |
| Alanin | 24,5 | 26,1 |
| Asparaginsäure | 54,9 | 70,8 |
| Glutaminsäure | 143,0 | 113,0 |
| Glycin | 33,9 | 26,3 |
| Prolin | 31,1 | 32,1 |
| Serin | 26,3 | 29,0 |
| Tyrosin | 14,2 | 19,0 |

Die Rückstände der Sonnenblumenölgewinnung sind wie die Sonnenblumenkerne und -schalen reich an Polyphenolen. Es wurden Gehalte in Höhe von 3-4 % der Trockenmasse des entfetteten Sonnenblumenschrots gefunden [14, 17]. Die Anwesenheit der Polyphenole beeinträchtigt die Qualität der zu gewinnenden

Proteine maßgeblich. Sie führen zu einer Verfärbung der Proteinpräparate, aber auch zu einer Beeinträchtigung der Proteineigenschaften und -wertigkeit sowie zu einem adstringierenden Geschmack. Das Vorkommen der Polyphenole ist jedoch nicht nur von Nachteil, denn man könnte sie bei der Proteingewinnung separieren und als natürliche Antioxidantien in Lebensmitteln einsetzen. Bei immer mehr Produkten werden hohe Polyphenolgehalte bzw. ihr hohes antioxidatives Potential ausgelobt, wodurch deutlich wird, dass Vertreter dieser Substanzklasse zunehmend an Bedeutung als bioaktive bzw. gesundheitsfördernde Verbindungen gewinnen.

Bei der Gewinnung von Pflanzenproteinen werden je nach Verfahren sowohl Konzentrate als auch Isolate erhalten. Der Proteingehalt kommerziell erhältlicher Sonnenblumenmehle liegt zwischen 38 und 40 %. Durch Entfernung von Begleitkomponenten, hauptsächlich löslichen Kohlenhydraten, Schalen- und Fettrückständen und alkohollöslichen Kohlenhydraten, werden hieraus Proteinkonzentrate gewonnen. Durch Optimierung des Schälvorgangs und Absieben der Schalenreste kann der Proteingehalt auf bis zu 51 % erhöht werden. Weitere Ausbeutesteigerungen auf bis zu 70 % lassen sich durch vollständige Extraktion freier und gebundener Fette, löslicher Kohlenhydrate und Mineralstoffe erreichen. Nach Abzug des Wassergehalts entspricht dies einer Proteinausbeute von 78 % bei einem Proteinverlust von nur 3 %. Bei der Herstellung von Proteinisolaten werden die Proteine im Alkalischen bei pH= 10 gelöst und durch Zentrifugation von unlöslichen Begleitstoffen befreit. Anschließend werden die Proteine am isoelektrischen Punkt (pH 3,5 - 4,5) gefällt, gewaschen und getrocknet. Hinderlich ist hierbei jedoch die bereits erwähnte Verfärbung, die unter anderem bei der Proteinextraktion im alkalischen Milieu auftritt. Bisher erhältliche Proteinisolate sind deshalb unansehnlich gefärbt und folglich sensorisch inakzeptabel.

Bei der Zerkleinerung der Sonnenblumenkerne wird der intakte Zellverband zerstört, hierdurch kommt es zu einer Dekompartimentierung der Pflanzenzellen, wodurch die Oxidation der phenolischen Komponenten in Gegenwart von Luftsauerstoff durch pflanzeneigene Polyphenoloxidasen eintritt, was zu einer Braunfärbung führt. Auch die Phenole (*Chlorogensäure*) der Sonnenblume sind bei der im alkalischen Milieu üblichen Proteinextraktion grün (> pH 9) bis braun (> pH 11) gefärbt. **Abbildung 1** zeigt die Oxidation der 5-O-Caffeoylchinasäure (*Chlorogensäure*) zum korrespondierenden *ortho*-Chinon. Die eigentliche Oxidationsreaktion ist zwar reversibel, doch die Chinone binden irreversibel an Amino- und Thiolgruppen der Proteine oder an andere phenolische Verbindungen. Dadurch entstehen einerseits in ihrer biologischen Wertigkeit geminderte Polyphenol-Protein-Addukte, andererseits kommt es zur Ausbildung von Melanoidinen, die eine Braunfärbung des Endproduktes hervorrufen. Zusätzlich verschlechtern sich durch Reaktion der Polyphenole mit den Proteinen deren funktionelle Eigenschaften, wie etwa Emulgierkapazität und Schaumbildung. Deshalb könne lediglich im Neutralen und Sauren farblose Proteine erhalten werden.

Polyphenole bei der anschließenden Extraktion im Alkalischen zur Bildung von Chinonen führen, die mit den Proteinen reagieren. Hinsichtlich der Proteinausbeute liegen die Nachteile der Extraktionsverfahren vor allem bei der Verwendung wässriger Lösungsmittel in einem teilweise hohen Proteinverlust. Die im nachfolgenden Extraktionsschritt zu gewinnende Proteinmenge nimmt weiter ab, wenn bei der Polyphenolextraktion mit Gemischen aus organischen Lösungsmitteln und Wasser eine Denaturierung der Proteine eintritt, die zu einer verminderten Proteinlöslichkeit führt. Die Abtrennung der Phenole über Membranfiltration hat gegenüber den rein extraktiven Verfahren den Vorteil, dass nur eine Extraktion durchgeführt wird und entsprechend weniger Lösungsmittel benötigt werden. Allerdings wirken sich geringe Durchsätze sowie hohe Investitionskosten für Membranen, Vorrichtungen zum Sauerstoffausschluss sowie die Inertgas-Beaufschlagung während der alkalischen Extraktion nachteilig auf die Kosten aus. Die mit diesem Verfahren erzielbare Proteinqualität wurde als gut beschrieben, allerdings waren Restgehalte an Polyphenolen in nicht unerheblicher Menge vorhanden.

Neuere Überlegungen führten zu einer neuartigen Möglichkeit, polyphenolarme Proteinisolate herzustellen. Die zuvor beschriebenen Verfahren zeigten, dass die Oxidation der phenolischen Verbindungen durch eine Verschiebung des pH-Wertes in den sauren Bereich verhindert werden kann. Hierdurch kann die Proteinbindung an oxidierte Phenole durch Michael-Addition unterbunden werden. Aufgrund der geringen Proteinlöslichkeit im sauren Milieu sollte durch die Zugabe geeigneter Mengen Kochsalz versucht werden, das Löslichkeitsmaximum durch einen Einsalz-Effekt stärker in den sauren Bereich zu verschieben und damit die Extrahierbarkeit der Proteine im sauren Bereich zu steigern [12]. Die mitextrahierten Polyphenole sollten dann durch den Einsatz geeigneter Adsorbentien abgetrennt und gewonnen werden. Als vorteilhaft im Vergleich zu den bekannten Verfahren, sind dabei vor allem die identischen Milieubedingungen für Extraktion und Adsorption, aber auch die vollständige Nutzung des Expellerkuchens aus der Sonnenblumenölgewinnung nicht nur als Proteinquelle, sondern auch als Rohstoff für die Gewinnung natürlicher Antioxidantien.

2. Gewinnung von Sonnenblumenprotein-Isolaten aus den Rückständen der Ölgewinnung

Das innovative Verfahren (**Abbildung 2**) sollte eine möglichst vollständige Verwertung des Expellers ermöglichen. Zunächst wird der Ölgewinnungsrückstand in einer Stiftmühle zerkleinert und die Faseranteile abgesiebt. Durch diese Fraktionierung kann der Proteinanteil im Schrot deutlich erhöht werden, wodurch die Extraktionsausbeute verbessert wird. Aus dem so vorbereiteten Rohstoff werden die Proteine mittels schwach saurer NaCl-Lösung (pH 6) extrahiert, wobei die Proteinlöslichkeit knapp 70 % beträgt. Nach Abtrennung der Polyphenole

aus dem schwach sauren Extrakt mit Hilfe lebensmitteltauglicher Adsorbentien erfolgen Desorption und Elution sowie eine Trocknung des so erhaltenen phenolreichen Extrakts. Die Proteine im phenolarmen Extrakt werden sauer gefällt, anschließend gewaschen, neutralisiert und sprühtrocknet. Um lösliche Albumine mitzuerfassen, wird der Fällungsüberstand einer Ultra- bzw. Diafiltration unterzogen und die dadurch gewonnenen Proteine ebenfalls einer Sprühtrocknung unterworfen.

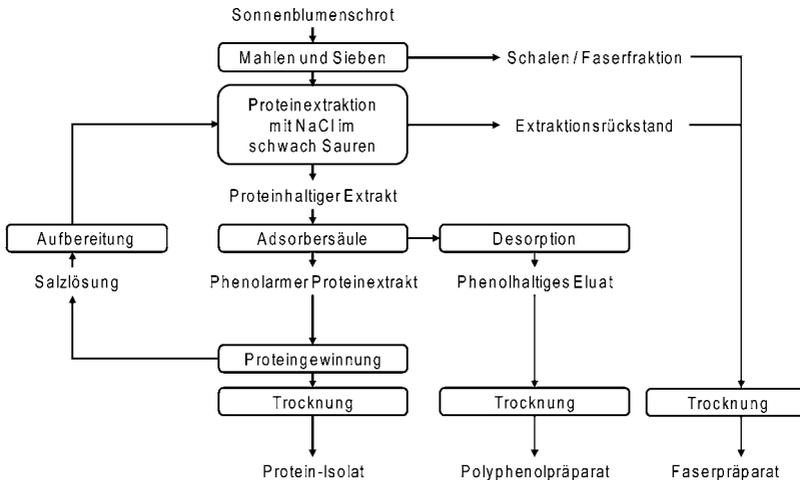


Abb. 2: Schematische Darstellung des Prozesses zur Gewinnung polyphenolarmen Sonnenblumenprotein-Isolates durch Proteinextraktion im schwach sauren Milieu mit nachgeschalteter Adsorption der phenolischen Säuren an ein Styrol-Divinylbenzol Copolymer.

Zu Beginn der Verfahrensentwicklung wurde eine Charakterisierung und Quantifizierung der phenolischen Verbindungen in Sonnenblumenkernen und -schalen durchgeführt. Für die Untersuchungen wurden verschiedene Sorten herangezogen, die sowohl als Speisekerne als auch zur Ölgewinnung eingesetzt werden. Nach Separierung von Kernen und Schalen erfolgte die Entfettung der zerkleinerten Kerne mittels Hexan. Schließlich erfolgte eine methanolische Extraktion der phenolischen Verbindungen aus Kernen und Schalen. Neben der Charakterisierung mittels HPLC-DAD-MSⁿ wurde die Quantifizierung (HPLC-DAD) einzelner phenolischer Verbindungen durch externe Kalibrierung vorgenommen. Außer den bereits literaturbekannten Mono- und Dicafeoylchinasäuren, die anhand ihrer charakteristischen Fragmentierungsmuster in den massenspektrometrischen Untersuchungen bestätigt werden konnten, wurden weitere Ferula- und Chinasäurederivate identifiziert und quantifiziert [17]. Es wurden Gesamtphenolgehalte zwischen 30 und 42 g/kg TM in den Kernen und 0,4 bis 0,9 g/kg TM in den Schalen bestimmt (**Tabelle 2**).

Tab. 2: Vorkommen phenolischer Verbindungen in Sonnenblumenkernen und -schalen [17]

| | Kerne | Schalen |
|--------------------------------|---------------|-----------------|
| Monocaffeoylchinasäuren | 84-92 % | 62-84 % |
| Dicaffeoylchinasäuren | 6-15 % | 12-30 % |
| Unveresterte Phenolsäuren | 1-4 % | 2-4 % |
| Cumar- und Ferulasäurederivate | 0,4-1 % | 3-6 % |
| Gesamtphenolgehalt | 30-42 g/kg TM | 0,4-0,9 g/kg TM |

5-O-Caffeoylchinasäure (5-CQA) stellte, wie bereits mehrfach in der Literatur beschrieben [5, 6, 10], die Hauptkomponente der phenolischen Säuren dar, die 80 - 90 % der phenolischen Verbindungen ausmachte. Zudem konnten deutliche Unterschiede hinsichtlich der Gehalte einzelner phenolischer Verbindungen zwischen Schale und Kern, aber auch zwischen den verschiedenen Sonnenblumensorten gezeigt werden. Wie im dargestellten Chromatogramm (**Abbildung 3**) kenntlich gemacht, konnten einige Verbindungen das erste Mal in Sonnenblumen nachgewiesen werden. Die Ergebnisse zeigen, dass Sonnenblumen-Pressrückstände ein hohes Potenzial zur Gewinnung antioxidativ wirksamer Extrakte aufweisen, da die Sonnenblumenölytypen besonders reich an phenolischen Verbindungen sind, die bei der Ölgewinnung überwiegend im Presskuchen verbleiben.

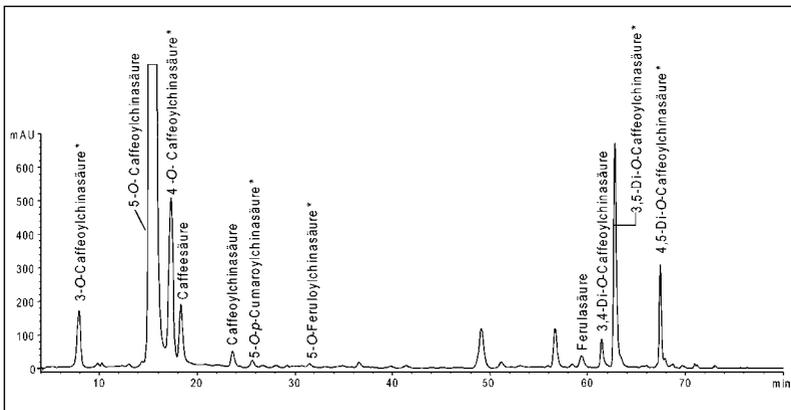


Abb. 3: HPLC-Chromatogramm eines methanolischen Extrakts aus Sonnenblumenkernen bei 320 nm (* = erstmals identifizierte Verbindungen).

Im Rahmen der Verfahrensentwicklung sollte ein geeignetes Extraktionsverfahren im schwach sauren Milieu entwickelt werden. Dazu wurden die Einflüsse der wichtigsten Extraktionsparameter pH-Wert, Salzkonzentration des Extraktionsmittels, Temperatur und Extraktionsmittel-Überschuss auf die Proteinausbeute im sauren pH-Bereich untersucht. Um alle Einflussgrößen der Proteinextraktion in ihrer gegenseitigen Wechselwirkung miteinander untersuchen zu können, wurden Versuchsreihen durchgeführt. Die Experimente wurden anhand eines statistischen Versuchsplans 2. Ordnung (D-optimal-Design für 4 Faktoren mit unterschiedlicher Stufenzahl) durchgeführt und ausgewertet, der 40 Versuche umfasste und mit dem sowohl lineare Wirkungen, Wechselwirkungen als auch quadratische Wechselwirkungen erfasst wurden. Alle Extraktionen wurden als Doppelbestimmung durchgeführt und die Mittelwerte zur Auswertung herangezogen. Bei der Auswertung wurde ein reduziert quadratisches Modell verwendet. Die Auswertung der gewonnenen Daten ergab das nachstehend dargestellte Modell (**Abbildung 4**), mit dessen Hilfe sich die optimalen Extraktionsbedingungen berechnen ließen.

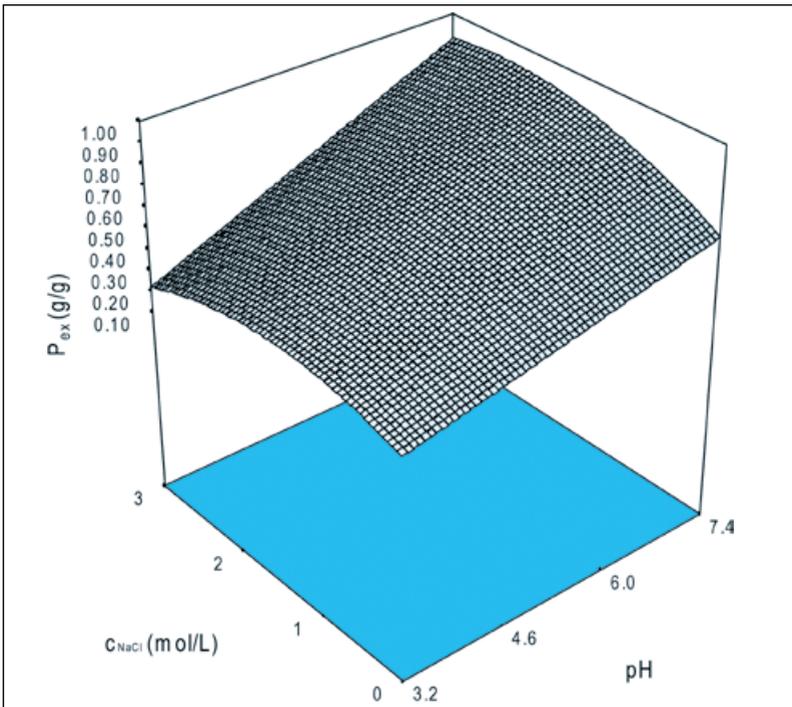


Abb. 4: Proteinextraktionsausbeute P_{ex} (g/g) in Abhängigkeit von pH-Wert und Salzkonzentration (mol/L) bei 30 °C und einem Mehl-Extraktionsmittel-Verhältnis von 0,03 g/mL [11].

Basierend auf den Ergebnissen der Entwicklung des Extraktionsverfahrens sowie auf bereits existierenden Anwendungen zur Adsorption phenolischer Verbindungen aus Pflanzenextrakten sollte ein Verfahren zur Adsorption phenolischer Verbindungen aus Sonnenblumenproteinextrakten entwickelt und optimiert werden. Hierzu wurden verschiedene Adsorber- und Anionenaustauscherharze auf ihre Eignung überprüft. Bei möglichst quantitativer Bindung der Polyphenole sollten die Adsorberharze eine möglichst geringe Proteinbindungskapazität aufweisen. Zusätzlich sollte das optimale Harz nicht nur monomere phenolische Verbindungen, sondern auch höhermolekulare bereits zu Melanoidinen polymerisierte Phenole aus dem Extrakt entfernen, um eine möglichst vollständige Entfärbung zu erzielen (**Abbildung 5**). Es konnte gezeigt werden, dass sowohl Adsorber als auch Ionenaustauscher geeignet waren, die Polyphenolgehalte der Extrakte deutlich zu vermindern. Während sich der photometrisch ermittelte Gesamtphenolgehalt durch den Einsatz geeigneter Adsorber nur um ca. 80 % reduzieren ließ, konnte mit Hilfe von Ionenaustauschern eine über 95 %ige Reduktion erzielt werden.

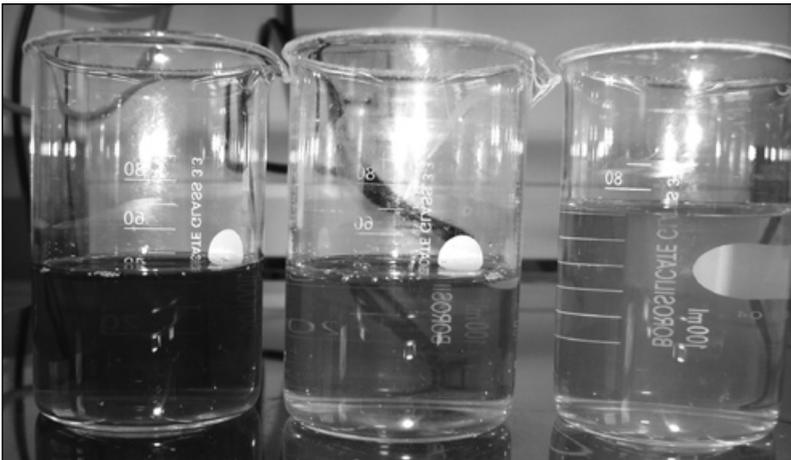


Abb. 5: Färbung von Sonnenblumenproteinextrakten vor und im Verlauf des Adsorptionsprozesses (90 und 240 min).

Wie der Vergleich der Helligkeitswerte zeigt, konnte bei alternativem Einsatz von apolarem Adsorber und Anionenaustauscher mittels Adsorber eine deutlich stärkere Entfärbung des Extraktes erzielt werden (**Abbildung 6**). Aufgrund der starken Abreicherung der Phenolsäuren durch den Ionenaustauscher und die bei der Verwendung des Adsorbers auftretende starke Entfärbung des Extraktes wurde zur Erhöhung der Standzeiten eine Kombination der beiden Verfahren realisiert.

Für die Optimierung des Adsorptionsverfahrens wurde, ebenso wie im Fall des Extraktionsverfahrens, ein D-optimal-Design mit drei Faktoren und unterschiedlichen Stufenzahlen verwendet. Zur Ermittlung der optimalen Adsorptionsbedingungen wurden der Einfluss der Extraktkonzentration, der Säulentemperatur sowie der Flussrate untersucht. Erwartungsgemäß konnten mit der niedrigsten getesteten Extraktkonzentration und möglichst geringer Flussrate (3 BV/h) die besten Ergebnisse erzielt werden. Da die Adsorption einen exothermen Vorgang darstellt, wurden die Polyphenole bei 20 °C am besten adsorbiert.

Die Ermittlung der optimalen Desorptionsbedingungen erfolgte durch Variation der Säulentemperatur, der Lösungsmitteltemperatur sowie der Flussrate. Hinsichtlich des Temperatureinflusses konnte die höchste Desorptionsrate bei 60 °C erzielt werden. Wie auch schon bei der Adsorption, so zeigt sich die höchste Desorptionsrate bei der niedrigsten Flussrate (2 BV/h). Hinsichtlich der Lösungsmittelkonzentration konnten die besten Desorptionsergebnisse mit einem Wasser:2-Propanol-Verhältnis von 30:70 erzielt werden. Um das kombinierte Verfahren aus Adsorption und Ionenaustausch so einfach wie möglich zu gestalten und somit den Zeit- und Kostenaufwand so gering wie möglich zu halten, wurden die übereinstimmenden Bedingungen für die Adsorption und den Ionenaustausch angewandt.

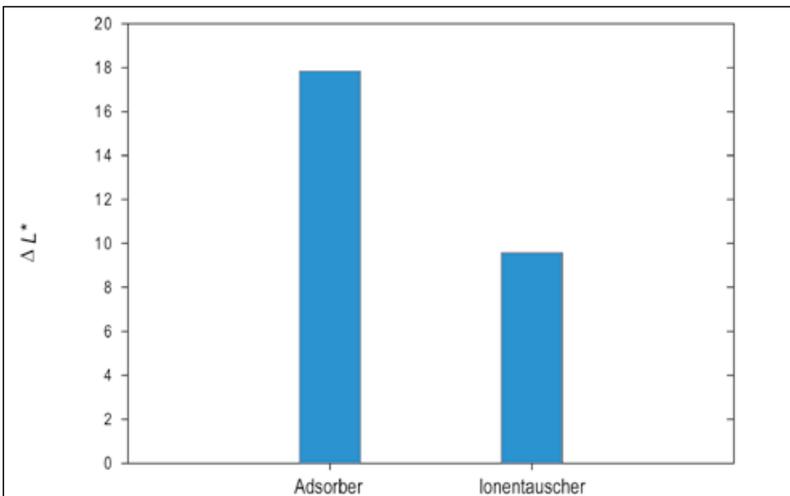


Abb. 6: Änderung des L^* -Wertes eines Rohproteinextraktes bei Verwendung eines apolaren Adsorbers und eines Anionenaustauschers.

Nach der Optimierung der einzelnen Prozessschritte wurde das kombinierte Verfahren im 1.000 L-Maßstab mit 100 kg Sonnenblumenschrot umgesetzt. Die Extraktion der Proteine erfolgte bei 15 - 20 °C, pH-Wert 6 und einer NaCl-Konzen-

tration von 1,3 mol/L. Dabei wurde ein Massenanteil Schrot mit 15 Massenanteilen Salzlösung extrahiert und anschließend die Polyphenole mittels Ionenaustausch und nachgeschalteter Adsorption abgetrennt. Als Hauptprodukt wurde durch Fällen bei pH 3,5 ein Proteinisolat mit hoher Reinheit erhalten (**Tabelle 3**). Daneben wurde aus dem Fällungsüberstand durch Ultrafiltration ein weiteres proteinreiches Produkt erhalten, das aufgrund seines Herstellungsverfahrens und des geringeren Proteingehaltes als Konzentrat einzustufen ist. Die beiden pulverförmigen Produkte waren im Vergleich zu herkömmlich gewonnenen Sonnenblumenproteinpräparaten deutlich heller und mit einem leichten Brauntönen farblich akzeptabel. Während des gesamten Prozesses konnte eine Abreicherung der Chlorogensäure, die stellvertretend für alle Phenolsäuren quantifiziert wurde, um 99,4 % erzielt werden (**Abbildung 7**).

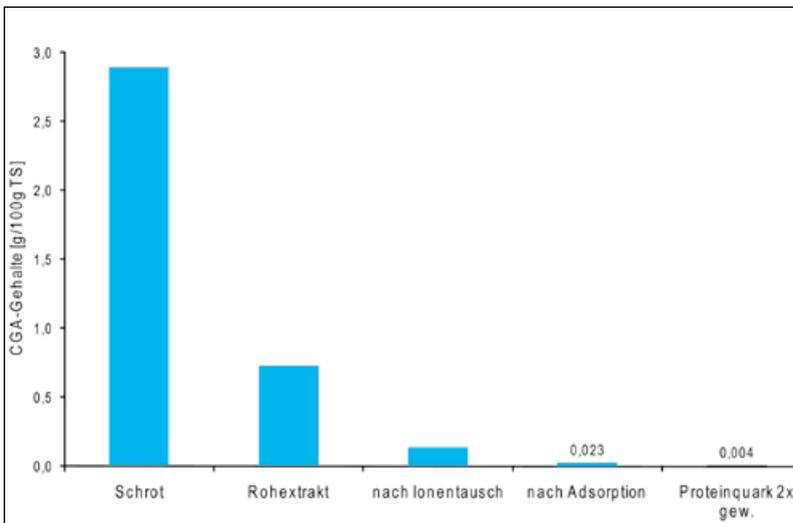


Abb. 7: Abnahme der Chlorogensäuregehalte während der Sonnenblumenprotein-Gewinnung.

Zur Charakterisierung der funktionellen Eigenschaften der erhaltenen Proteinpräparate wurden vor allem Methoden zur Bestimmung der Funktionalität in Standardsystemen angewandt. Dabei wurden kommerzielle Proteine als Referenz verwendet, wie z.B. ein Caseinat als Standard für die Emulgieraktivität. Das gefällte Proteinisolat als Hauptprodukt des zuvor beschriebenen Verfahrens wurde genauer charakterisiert. Es zeichnete sich insbesondere durch eine hohe Schaumaktivität aus. Das Proteinkonzentrat aus dem Fällungsüberstand wies dagegen eine sehr hohe Löslichkeit und hohe Emulgierkapazität auf und erscheint daher zur Anwendung in Suppen, Soßen und für weitere typische Emulgator-

Anwendungen, z.B. als Ersatz für Eigelb oder Sojaprotein, besonders geeignet (**Tabelle 3**).

Tab. 3: Anforderungsprofil und Eigenschaften von Sonnenblumenprotein-Präparaten, die nach dem innovativen Verfahren gewonnen wurden

| | TS | Protein | Asche | Farbe | Protein-löslichkeit | Emulgierkapazität | Schaumaktivität |
|-------------------------|------|-----------------|--------|---|---|------------------------------|---|
| | % | % (TS) | % (TS) | nach CIE-L*a*b* L* - a* - b* | % M/S 1:25, Leitungswasser, pH 7 | mL Öl/g (1%ige Lösung) | % Vol.-Zunahme (5%ige Lösung, 10 min. Aufschlag) |
| Anforderungsprofil | | Isolate: ≥90 | | möglichst hell und farblos L* → 100 a*, b* → 0 | | Na-Caseinat: 800 - 1050 | Eiklar: 1100 - 1600 |
| Gefälltes Isolat | 94,7 | 94,3 | 1,3 | 82,5 - 1,7 - 11,7 | 8 | 180 | 1300 |
| Konzentrataus Überstand | 92,3 | 68,7 | 3,3 | 78,7 - 2,0 - 9,7 | 74 | 640 | 1500 (nicht stabil) |

Durch Bestimmung der Molekulargewichtsverteilung der Proteine im Verlauf des Prozesses war eine geringfügige Abnahme der niedermolekularen Albuminfraktion (14,4 - 31,0 kDa) während der Adsorption erkennbar. Durch die sich anschließende Fällung erfolgte eine fast vollständige Fraktionierung der gut löslichen Albumin- und der schwer löslichen Globulin-Fraktion (31,0 - 200 kDa), wobei die Globuline weitgehend präzipitierten, während die Albumine im Überstand verblieben.

3. Einsatz von Sonnenblumenprotein-Präparaten in Lebensmitteln

Die Eignung von Sonnenblumenprotein-Isolaten in verschiedenen Lebensmitteln wurde exemplarisch an Feinen Backwaren, Desserts (Mousse) und auch in Soßen (Mayonnaise) geprüft. Eine Texturierung der Proteine mittels mikrobieller Transglutaminase war nicht möglich, was auf den sehr geringen Lysin-Gehalt (**Tabelle 1**) zurückzuführen ist.

Bei der Herstellung Feiner Backwaren vom Typ Muffin (**Abbildung 8**) wurde der gesamte Proteinanteil von Ei und Milch in der Rezeptur (1,9 %) durch Sonnenblumenprotein ersetzt. Sowohl das Aussehen als auch die Textur wurden durch die Verwendung von Sonnenblumenprotein, im Vergleich zu einer Rezeptur, in der weder Milch noch Ei Verwendung fanden, positiv beeinflusst. Bei der Texturanalyse wurden im Vergleich zum Referenzprodukt nur geringe Unterschiede im Kraftaufwand (ca. 0,1 N) und Spannungsindex (93 % gegenüber 87 %) gemessen. Bei der unabhängigen sensorischen Beurteilung unterschieden sich die mit Sonnenblumenproteinen und Hühnereiweiß hergestellten Muffins in den meisten Merkmalen nicht signifikant. Die durch Polyphenole bedingte

Farbabweichung bei Verwendung eines noch ohne Adsorption der Polyphenole hergestellten Sonnenblumenprotein-Isolats konnte durch färbende Zutaten, wie Lupinenmehl oder Safran, ausgeglichen werden. Bei Verwendung des durch Adsorption farblich verbesserten Isolats konnte gegenüber hühnereihaltigen Muffins lediglich eine etwas geringere Gelbfärbung festgestellt werden. Allerdings wurde im unabhängigen Test keine Farbabweichung (Graustich) bemerkt. Hinsichtlich der Beliebtheit zeigten sich nur individuelle Präferenzen von hühnereifreien und -haltigen Muffins.

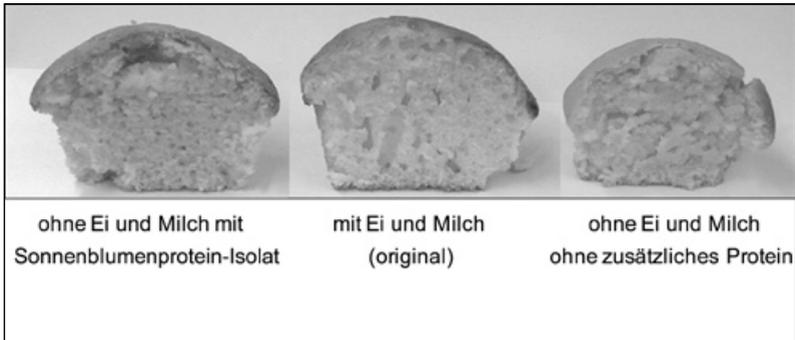


Abb. 8: Anwendungen von Sonnenblumenprotein in Feinen Backwaren (Muffins).

Mit Dessert vom Typ Mousse wurde eine weitere Produktgruppe untersucht, für die der Einsatz von Sonnenblumen-Proteinpräparaten in Betracht kommt. Grundlage der Versuchsreihe war eine industriell hergestellte Fertigmischung zur Herstellung von Mousse Vanille. Die Originalrezeptur enthielt einen hohen Fettgehalt, der durch Zugabe des Sonnenblumenproteins gesenkt werden sollte. Weiterhin enthielt die Rezeptur Milchproteine und Gelatine, deren Substitution in Hinblick auf laktosefreie und vegane Ernährung wünschenswert ist. Es wurden verschiedene Varianten getestet, in denen zunehmende Anteile des Fettpulvers mit Sonnenblumenprotein ersetzt wurden. Zusätzlich wurde das Milchprotein vollständig durch Sonnenblumenprotein ersetzt. Alle Varianten wurden jeweils im Vergleich zur Originalrezeptur bewertet.

Alle Proben wurden sensorisch beurteilt, wobei neben dem Geschmack ein besonderes Augenmerk auf die Textur gelegt wurde. Dabei schnitt die Konsistenz des Originals im Allgemeinen gut ab. Die Struktur wurde als locker und schaumig empfunden, wie man es von einer Mousse erwartet. Der Geschmack wurde als typisch für ein Instant-Produkt beschrieben, mit einer deutlichen Vanille-Note. Die Textur der Mousse mit Proteinisolat war weniger fest als die des Originals. Außerdem wurde ein deutlicher Eigengeschmack des Sonnenblumen-Proteinisolats festgestellt, der mehrfach mit Schokolade oder Nuss assoziiert wurde. Durch eine erhöhte Konzentration Vanillearoma konnte erreicht werden, dass

das Produkt weniger nach Nuss schmeckte und eine deutliche Vanillenote aufwies.

Das Aussehen der Mousse Vanille veränderte sich durch den Einsatz der Stabilisatoren-Mischung anstelle von Gelatine nicht. Die Mousse wurde als typisch und ansprechend mit einer lockeren Porung beurteilt (**Abbildung 9**). Allgemein wurde dieser Variante eine angenehm schaumige, weiche, lockere, durchaus für eine Mousse geeignete Struktur zugeschrieben.

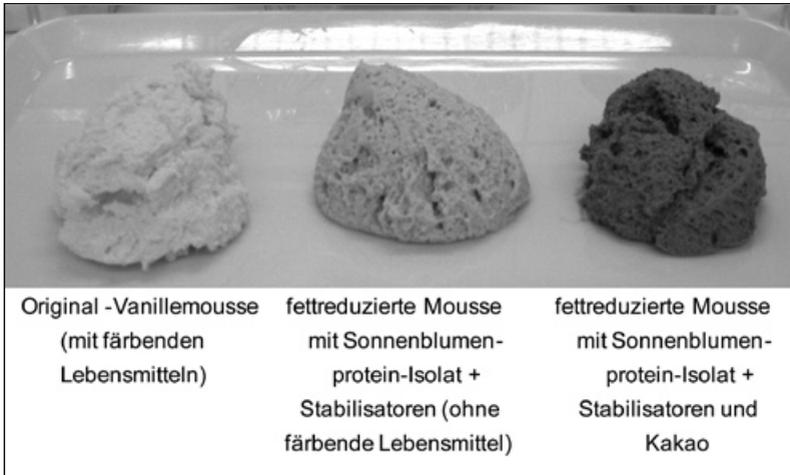


Abb. 9: Anwendungen von Sonnenblumenprotein in Desserts (Mousse).

Da das gefällte Proteinisolat im Standardversuch ein mäßig gutes, das Protein aus der Ultrafiltration hingegen ein recht gutes Emulgiervermögen zeigte, wurde die Verwendung beider Sonnenblumen-Proteinpräparate in einer hühnerfreien Salatmayonnaise untersucht. Es wurde eine Standardrezeptur mit 50 % Öl verwendet, die Essig, Senf, Quellstärke, Salz, Guarkernmehl und Zucker enthielt. Der Ei-Anteil wurde durch 1,2 % Sonnenblumenprotein-Präparat ersetzt. Die Herstellung erfolgte in einem Laborreaktor mit Rührwerk. Die vorgemischten pulverförmigen Zutaten wurden zunächst bei 100 U/min in die vorgelegte Wasser-Öl-Mischung gerührt und der Ansatz bei 1.100 U/min für 8 Minuten emulgiert. Danach wurde die Mayonnaise zum Pasteurisieren unter Rühren auf 72°C erhitzt. Im nächsten Schritt wurde die Mayonnaise mit einem Eingangsdruck von 900 bar und einem Ausgangsdruck von 50 bar hochdruckhomogenisiert, abgefüllt und bei 5°C gelagert, um eine vollständige Ausbildung der Emulsion zu gewährleisten.

Die Produkte waren glatt und homogen emulgiert. Die Stabilität der Mayonnaise wurde in einem Lagertest über eine Woche bestätigt. Die Mayonnaise wurde

im Vergleich zu kommerzieller Salatmayonnaise und zu einer Mayonnaise mit einem anderen Pflanzenprotein verkostet. Dabei wurden beide Sonnenblumenprodukte sehr positiv bewertet, da durch die Sonnenblumenproteine kein unangenehmer Eigengeschmack eingebracht wurde. Ein leichter Sonnenblumenprotein-Geschmack wurde bei aus dem Proteinkonzentrat hergestellter Mayonnaise festgestellt, jedoch nicht als störend empfunden. Dagegen hatte die aus dem Proteinisolat hergestellte Mayonnaise ein nahezu hühnereitypisches Aroma, welches als sehr harmonisch beurteilt wurde. Auch wenn die Festigkeit beider Produkte geringer war als die der Referenz, hatten sie doch ausreichend Stand, um einer Mayonnaise zu entsprechen und gegebenenfalls als Salatmayonnaise Verwendung zu finden.

4. Fazit

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens konnte am Beispiel der Sonnenblumenölsaart ein ganz neuer Weg zur nachhaltigen Verwertung von Lebensmittelrohstoffen durch ganzheitliche Nutzung aufgezeigt werden. Die Gewinnung eines polyphenolarmen Sonnenblumenprotein-Präparates trägt zur Vielfalt proteinreicher Lebensmittelzutaten entscheidend bei. Neben den marktbeherrschenden Soja- und Weizenproteinen bieten Sonnenblumenproteine aufgrund ihrer funktionellen und sensorischen Eigenschaften die Möglichkeit, tierische Eiweißpräparate zu ersetzen. Ferner stellen sie eine Alternative für jene Verbraucher dar, die an Soja- oder Glutenallergie leiden, die gentechnisch veränderte Lebensmittel nicht akzeptieren. Erste Applikationsbeispiele zeigen, dass Sonnenblumenproteine ein hohes Potential für einen breiten Einsatz in Lebensmitteln aufweisen. Inwieweit die bei der Aufreinigung der Sonnenblumenproteine anfallenden Polyphenole aufgrund ihres antioxidativen Potentials als techno- bzw. biofunktionelle Inhaltsstoffe genutzt werden können, bedarf noch weiterer Untersuchungen.

5. Danksagung

Das Forschungsvorhaben (AiF 14449 N) wurde im „Programm zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)“ vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (via AiF) über den Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI) gefördert.

6. Literatur

- [1] Dorrell, D. G. und Vick, B. A. (1997) Properties and Processing of Oilseed Sunflower. In: Sunflower Technology and Production (Hrsg. Schneider, A. A.) American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA, 709-746.

- [2] FAO-STAT, 2008/06/05, <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx>.
- [3] Gueguen, J.; Lemarie, J. (1996) Biochemical and physicochemical properties of plant proteins. 1. Composition, structure, and physicochemical properties of proteins of legumes and oilseeds. *Proteines Vegetales* (2e Edition), 80-119.
- [4] Kabirullah, M.; Wills, R. B. H. (1988). Foaming properties of sunflower seed protein. *Journal of Food Science and Technology*, 25, 16–19.
- [5] Leung, J., Fenton, T. W., Clandinin, D. R. (1981). Phenolic compounds of sunflower flour. *Journal of Food Science*, 46, 1386-1388; 1393.
- [6] Milić, B., Stojanović, S., Vučurević, N., Turčić, M. (1968). Chorogenic and quinic acids in sunflower meal. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 19, 108-113.
- [7] O'Connor, D. E. (1971 a). Isolating light-colored protein from sunflower meal by alkali extraction under an inert gas blanket followed by membrane ultrafiltration. United States Patent 3.622.556, 5 pp.
- [8] O'Connor, D. E. (1971 b) Light-colored protein isolated from sunflower meal by acid washing prior to alkaline extraction. United States Patent 3.586.662, 3 pp.
- [9] Pearce, R. J. (1984) Protein isolate from sunflower seed. United States Patent 4.435.319, 4 pp.
- [10] Pedrosa, M. M., Muzquiz, M., Garcia-Vallejo, C., Burbano, C., Cuadrado, C., Ayet, G., Robredo, L. M. (2000). Determination of caffeic and chlorogenic acids and their derivatives in different sunflower seeds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80, 459-464.
- [11] Pickardt, C.; Neidhart, S.; Griesbach, C.; Dube, M., Knauf, U., Kammerer, D. R.; Carle, R. (eingereicht 2008). Optimization of mild-acidic protein extraction from defatted sunflower (*Helianthus annuus L.*) meal.
- [12] Rahma, E. H; Narasinga Rao, M. S. (1979) Characterization of sunflower proteins. *Journal of Food Science*, 44, 579–582.
- [13] Raymond, J.; Rakariyatham, N.; Azanza, J.; L. (1985). Functional properties of a new protein isolate from sunflower oil cake. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie*, 18, 256–263.
- [14] Shamanthaka Sastry, M. C.; Subramanian, N. (1985). Effect of heat processing on phenolic constituents and nutritional quality of sunflower flours. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 62, 1131–1134.
- [15] Sosulski, F. W.; Sawar, G. (1973) Amino acid composition of oilseed meals and protein isolates. *Canadian Institute of Food Science and Technology*, 38, 468–470.

- [16] Sripad, G.; Narasinga Rao, M. S. (1987) Effect of Methods To Remove Polyphenols from Sunflower Meal on the Physiochemical Properties of the Proteins. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 35, 962–967.
- [17] Weisz, G. M.; Kammerer, D. R.; Carle, R. (eingereicht 2008). Identification and quantification of phenolic compounds from sunflower (*Helianthus annuus L.*) kernels and shells by HPLC-DAD/ESI-MSn.

Prof. Dr. Siegfried Scherer

Technische Universität München
Zentralinstitut für Ernährungs-
und Lebensmittelforschung
Abteilung Mikrobiologie



Bacillus cereus: Wege zur Prävention der emetischen Toxinbildung in Lebensmitteln*

1. Einleitung

Bacillus cereus verursacht in weiten Bereichen der Lebensmittelindustrie ernst zunehmende Kontaminationen, die durch den Wandel der Essgewohnheiten in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewinnen. Der Trend hin zu ‚Convenience food‘ und der Bedarf an immer frischeren, aber bereits nahezu gebrauchsfertigen Produkten sowie Produkten mit verlängerter Haltbarkeit stellt die Lebensmittelindustrie vor neue hygienische Herausforderungen. Neben der gestiegenen Nachfrage nach Fertiggerichten ist auch die Nachfrage nach neuen Lebensmitteln, wie z.B. Milchmischprodukten oder neuen Speiseeiskreationen, enorm gewachsen.

In diesem Zusammenhang sind insbesondere Sporen bildende Kontaminanten wie *B. cereus* wichtig. Die Sporen von *B. cereus* sind hitze- und säurebeständig und überleben einfache sanitäre Maßnahmen und Pasteurisierungsprozesse, so dass eine Keimvermehrung und Toxinbildung während der Weiterverarbeitung und Anwendung durch den Verbraucher nicht auszuschließen ist.

In den oben genannten Lebensmitteln findet *B. cereus* gute Keimungs- und Wachstumsbedingungen und trifft zusätzlich häufig Bedingungen an, die eine Produktion von Giftstoffen, wie dem hitzestabilen emetischen Toxin Cereulid, fördern.

* Autoren: S. Scherer und M. Ehling-Schulz¹

¹Veterinärmedizinische Universität Wien

Das Interesse an *B. cereus* ist in den letzten Jahren enorm gestiegen, weil durch *B. cereus* verursachte Erkrankungen, vor allem Lebensmittelvergiftungen, stark zugenommen haben. In den Jahren 1998-2000 war *B. cereus* bereits an bis zu 60 % der Ausbrüche in Gemeinschaftsverpflegungseinrichtungen beteiligt und war der am häufigsten isolierte Keim aus Rückstellproben von Großküchen [1]. Insbesondere gibt es zunehmend Berichte über Lebensmittelvergiftungen, die durch das emetische Toxin von *B. cereus* hervorgerufen werden. Das Toxizitätspotential der Stämme ist jedoch sehr unterschiedlich; so reicht das Spektrum von Stämmen, die als Probiotika Futtermitteln zugesetzt werden, bis zu stark toxischen Stämmen, die bereits für Todesfälle verantwortlich waren [2]. Eine Auswahl von Lebensmitteln, in denen emetische *B. cereus* bereits nachgewiesen worden sind, ist in **Tabelle 1** dargestellt.

Tab. 1: Vorkommen von emetischen *B. cereus* in Lebensmitteln (Auswahl)

| Milchbasierte Lebensmittel | | Sonstige Lebensmittel | |
|----------------------------|---|-----------------------|---|
| Pasteurisierte Milch | V | Aprikosen | |
| ESL - (UHT) - Milch | V | Blumenkohl | V |
| Sahne | V | Buttercreme | |
| Milchreis | V | Cremetorten | V |
| Cheddar Käse | V | Fisch | V |
| Milchpulver | V | Fleischpasteten | V |
| Butter | | Hamburger | V |
| Molke | | Pasta | V |
| Milchprotein | | Putengeschnetzeltes | V |
| Babynahrung | | Reis | V |
| Pudding | V | Sojadrink | |
| Eiskrem | V | Tiramisu | V |

V: An Lebensmittelvergiftungsfällen beteiligt. Die Daten wurden aus verschiedenen Quellen zusammengestellt.

Die genaue Erfassung von Daten über die durch emetische *B. cereus* verursachte Lebensmittelvergiftungen ist schwierig, weil diese Vergiftungen die gleichen Inkubationszeiten und Symptome wie *Staphylococcus-aureus*-Intoxikationen aufweisen (**Tabelle 2**). In weniger als 50 % der *S. aureus*-Verdachtsfälle konnte jedoch *S. aureus* bestätigt werden. Das könnte bedeuten, dass die Anzahl der Lebensmittelvergiftungen, die durch *B. cereus* hervorgerufen werden, weitaus höher als bisher angenommen liegt, und dass *B. cereus* als Kontaminante im Le-

bensmittel drastisch unterschätzt wird. Erschwerend kommt hinzu, dass gerade starke Toxinproduzenten häufig einen *B. cereus* untypischen Phänotyp aufweisen und mit den herkömmlichen § 64-LFGB-Methoden nicht immer eindeutig identifiziert werden können [3, 4]. Zum Nachweis der Diarrhöe verursachenden Enterotoxine gibt es kommerziell erhältliche immunologische Assays und molekulare Nachweissysteme, wohingegen entsprechende Systeme zum schnellen und einfachen Nachweis von emetischen *B.-cereus*-Stämmen für Routinelabors lange Zeit nicht zur Verfügung standen, weil die molekularen Grundlagen der Toxinproduktion unbekannt waren.

Tab. 2: Bakterielle emetische Lebensmittelvergiftungen durch *B. cereus* und *S. aureus*

| Spezies | Infektiöse Dosis* | Inkubationszeit | Dauer |
|------------------------------|-------------------|-----------------|--------|
| <i>Bacillus cereus</i> | 8 µg Toxin/kg | 0.5-6 h | 6-24 h |
| <i>Staphylococcus aureus</i> | 100 µg Toxin/kg | 0.5-6 h | 8-24 h |

* Angabe der Dosis pro kg Körpergewicht.

2. Das emetische Toxin Cereulid

Für die emetische Form der durch *B. cereus* verursachten Lebensmittelvergiftungen ist ein im Lebensmittel gebildetes Peptidtoxin namens Cereulid [3] verantwortlich. Es handelt sich um ein kleines zyklisches Depsipeptid (ca. 1,2 kDa), das mittels eines multi-modularen Enzymkomplexes, einer nicht-ribosomalen Peptidsynthetase (NRPS), synthetisiert wird. Üblicherweise erkennen und aktivieren einzelne Module dieser *in vivo* „Peptidfabriken“ die jeweils spezifische Aminosäure bzw. deren Hydroxysäuren. Mittels biochemischer Untersuchungen konnte jedoch gezeigt werden, dass im Fall der Cereulidsynthetase der Einbau der Hydroxysäuren über die Aktivierung von α -Ketosäuren und deren nachfolgende chirale Reduktion erfolgt (**Abbildung 1**). Mit diesem Mechanismus wurde eine neue Form der bakteriellen, nicht-ribosomalen Peptidsynthese beschrieben [10]. Weitere molekulare und biochemische Untersuchungen sind nötig, um zu klären, wie häufig dieser Synthesemechanismus in Naturprodukten anzutreffen ist.

Die alternierenden Amid- und Esterbindungen verleihen dem Toxin eine starre Struktur und hohe Stabilität. Weil das Toxin sehr klein ist, wird es bei Filtrationsschritten (z.B. bei Entkeimungsfiltration), im Gegensatz zu den wesentlich größeren Bakterien, nicht zurückgehalten, sondern kann in das Permeat gelangen. Auf Grund seiner ausgeprägten Hitze- und pH-Stabilität (das Toxin wird z.B. durch Erhitzung für 60 min auf 150°C nicht inaktiviert [11]) wird es bei erneuten Erhitzungsprozessen oder weiteren Lebensmittelprozessierungsschritten kaum abgebaut und gelangt über die Aufnahme kontaminierter Lebensmittel in den Gastrotintestinaltrakt des Menschen.

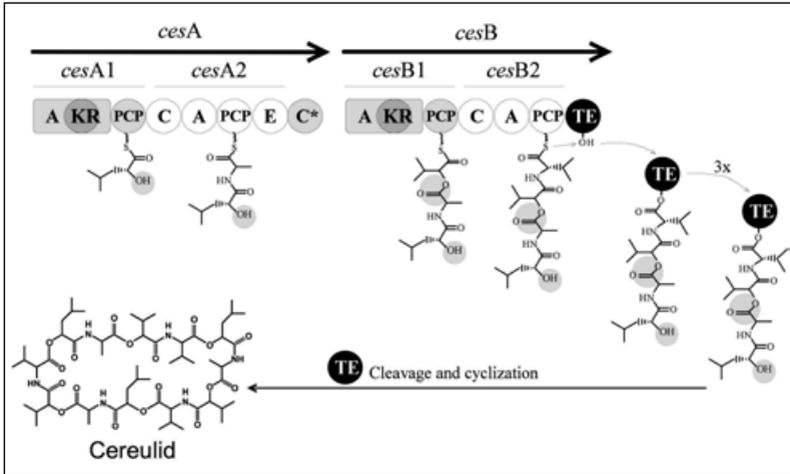


Abb. 1: Cereulidsynthese. Die Cereulidsynthetase wird durch die *ces*-Gene kodiert und ist der für die emetische Toxinbildung in *Bacillus cereus* verantwortliche multimodulare Enzymkomplex (vergleiche [9, 10]).

In Tierversuchen konnten zellschädigende Wirkungen ab 8 µg/kg Körpergewicht gebildetem emetischen Toxin Cereulid beobachtet werden und Zellkulturversuche deuten darauf hin, dass eine Gesundheitsgefährdung des Konsumenten ab dieser Toxinbelastung möglich ist [12,13]. Die genauen Parameter, die die Toxinproduktion im Lebensmittel steuern, sind nicht bekannt. Somit ist eine Risikoabschätzung für Lebensmittel hinsichtlich einer Toxinproduktion derzeit nicht möglich. Im Rahmen eines vom FEI geförderten IGF-Projektes (AiF15186 N) werden daher die Belastung von ausgewählten Lebensmitteln mit Cereulid und Cereulidproduzenten sowie die Bedingungen für die Toxinsynthese im Lebensmittel untersucht.

3. Molekularbiologischer Nachweis von emetischen *B. cereus*

Die Sequenzinformation der von uns aufgeklärten Cereulidsynthese [6,9] ermöglichte die Entwicklung der ersten molekularen Tests zum sicheren Nachweis von emetischen Toxinbildnern [5-7]. Diese Standard-PCR-Assays wurden jüngst durch zwei Real-Time PCR-Assays ergänzt, die auf verschiedenen Techniken basieren [8, 15]: ein TaqMan-Assay, der auch eine interne Positivkontrolle zur Vermeidung falsch negativer Ergebnisse enthält, erfüllt die Anforderungen der § 64 LFGB-Methoden und erlaubt den spezifischen Nachweis emetischer *B. cereus*. Ein SYBR Green I Duplex-Assay ermöglicht die Differenzierung von emetischen *B. cereus* und *S. aureus* in einer einzigen PCR-Reaktion (**Abbildung 2A**).

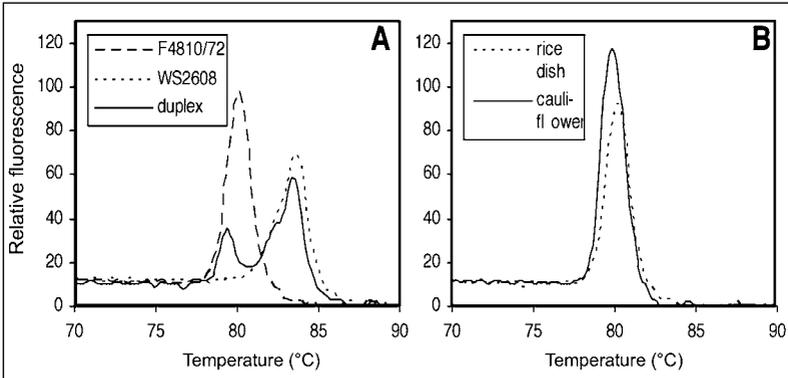


Abb. 2: (A) Schmelzkurvenanalyse der SYBR Green I Real-Time PCR Produkte zur Detektion von emetischem *Bacillus cereus* (F4810/72) und *Staphylococcus aureus* (WS2608). (B) Nachweis emetischer *B. cereus* in Lebensmitteln aus Intoxikationsfällen. Die Schmelzkurvenanalyse der Amplifikate aus der Duplex SYBR Green I Real-Time PCR zeigt, dass die untersuchten Lebensmittelreste emetische *B. cereus*, aber keine *S. aureus* enthalten (aus Fricker et al., 2007 [8]).

Mit Hilfe letztgenannter Nachweissysteme kann die Belastung von Lebensmitteln mit emetischen Toxinbildnern nun systematisch untersucht werden. Beide Systeme können auch dazu beitragen, die tatsächliche Beteiligung emetischer *B. cereus* und/oder *S. aureus* bei Lebensmittelvergiftungen, die mit Erbrechen verbunden sind, zu bestimmen.

Unsere Nachweissystem wurde bereits an Ausbrüchen getestet (**Abbildung 2B**). Im Juni 2006 kam es zu einer Lebensmittelvergiftung in einer Kindertagesstätte durch emetische *Bacillus cereus* [8]. 17 Kinder mussten nach dem Verzehr eines kontaminierten Reisgerichts stationär behandelt werden, die Staatsanwaltschaft wurde eingeschaltet. Die emetische (Erbrechens-)Form der von *B. cereus* verursachten Vergiftungen wird zwar häufig im Zusammenhang mit Reis und Pastagerichten beobachtet, allerdings wurden auch emetische *B. cereus*-Stämme aus Milch, Milchpudding, milchproteinhaltigen Kindernahrungsmitteln und Speiseeis isoliert. Aus Japan liegt ein Bericht vor, demzufolge Milch die Ursache für einen größeren Ausbruch einer Lebensmittelvergiftung vom emetischen Typ war. Eine Kontamination kann sowohl in den milcherzeugenden Betrieben über Rohmilch als auch in den milchverarbeitenden Betrieben (Rekontamination) oder durch Zusatzstoffe zu prozessierten Lebensmitteln erfolgen.

4. Nachweis des emetischen Toxins in Lebensmitteln

Die in **Abschnitt 3** dargestellten Verfahren erlauben allerdings keine Quantifizierung des Toxins im Lebensmittel. Dafür müssen andere Methoden angewendet

werden. Das emetische Toxin Cereulid weist nur ein sehr geringes immunogenes Potenzial auf, deshalb kann es nur über aufwendige Methoden, wie Zellkultur, einem Bioassay auf Ebersperminbasis oder Massenspektrometrie, identifiziert werden [3]. Keine der genannten Methoden ist in Routinelabors oder in der Industrie leicht einsetzbar, weil sie zu zeit- und arbeitsaufwendig sind, speziell geschultes Personal voraussetzen und entsprechendes Toxinreferenzmaterial, das als Standard eingesetzt werden könnte, bis heute fehlt. Des Weiteren haben unsere aktuellen Untersuchungen gezeigt, dass die Wiederfindungsrate sehr matrixabhängig ist und in komplexen Lebensmitteln zwischen 10% und 90% liegen kann. Eine schematische Übersicht über den Zellkultur basierten Toxinachweis ist in **Abbildung 3** dargestellt.

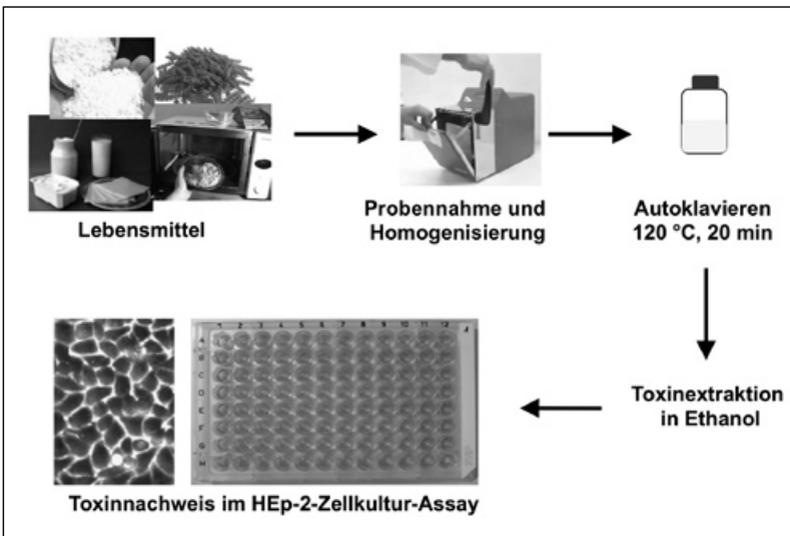


Abb. 3: Fließschema des Nachweises von Cereulid in Lebensmitteln in einem Zytotoxizitätsassay. Diese Nachweismethode ist komplex, zeitaufwendig und nicht sehr präzise. Ein Cereulidstandard ist nicht verfügbar, derzeit wird ein Valinomycinstandard verwendet.

Der semiquantitative Nachweis des extrahierten Cereulids erfolgte im HEp-2-Zellkultur-Assay. Die Toxinprobe wird mit den HEp-2 Zellen für 48 Stunden inkubiert. Ein Zell-Vitalitäts-Reagenz wird zugesetzt, aus dessen Umsetzung das Verhältnis von lebendigen zu toten Zellen errechnet werden kann. Als Standard wird bisher noch Valinomycin, ein strukturell und funktionell ähnliches Peptid, eingesetzt, da ein entsprechender Cereulid-Standard leider nicht verfügbar ist. Hinsichtlich des quantitativen, direkten Nachweises von Cereulid im Lebensmittel besteht noch erheblicher Forschungsbedarf.

5. Monitoring der Toxingenexpression in Lebensmitteln

Weil die quantitative Extraktion des Cereulids aus komplexen Lebensmittelmatrizes sehr aufwendig ist (siehe 3.), wurde ein biolumineszenter *Bacillus-cereus*-Stamm entwickelt, der den Nachweis der Promotoraktivität des Cereulidsynthetase (*ces*)-Gens in Lebensmitteln ermöglicht. Hierzu wurde der *ces*-Promotor mit LUX-Genen fusioniert. Sind Faktoren im Lebensmittel vorhanden, welche die Bildung des emetischen Toxins stimulieren, findet eine episodale Expression der artifizell eingebrachten LUX-Gene statt (**Abbildung 4**). Die resultierende Biolumineszenz des emetischen *B.-cereus*-Indikatorstammes wird mittels eines Hamamatsu 2400-32 Image-Collectors und -Prozessors mit ImageMaster-Software (Xenogen Corporation) quantifiziert und optisch dargestellt (**Abbildung 5**). Produkte, die eine sehr hohe Biolumineszenz hervorrufen, sind somit als potenziell gefährdet bezüglich des Toxinbildungspotentials einzustufen.

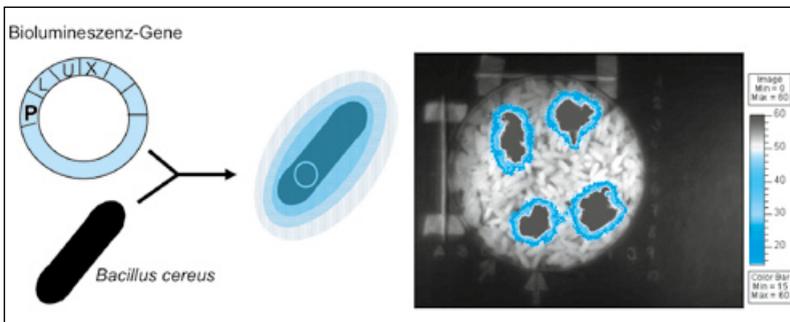


Abb. 4: Messung der Toxingenexpression mit Hilfe eines biolumineszenten Indikatorstammes (links) am Beispiel von Reis (rechts). Rot zeigt eine hohe Promoteraktivität und damit eine hohe Expression der Cereulidgene an, blau zeigt eine niedrige Expressionrate an (Dommel et al., nicht publizierte Daten).

Mittels der LUX-Technologie wurden im Rahmen eines IGF Projektes ca. 70 Lebensmittel analysiert. 45 % der Lebensmittel wurden als hochsensitiv, 22 % als sensitiv und 33 % als insensitiv bezüglich des Vermögens zur Förderung der Toxinbildung eingestuft (**Abbildung 6**). Zu den hochsensitiven Produkten zählen beispielsweise stärkehaltige Lebensmittel, wie Pasta und Reis, milchbasierte Produkte, die Reis oder Griess als Komponente beinhalten, und Fruchtemüslis. Des Weiteren zeigten Soja-basierte Lebensmittel, Voll- und Magermilchpulver sowie rekonstituierende Produkte (Kartoffelpüree, Baby-Nahrung) eine hohe Sensitivität. Als sensitiv wurden unter anderem fleischbasierte Produkte, Datteln, Schlagsahne, pasteurisierte Milch, eine Kräutersalzlösung sowie Schmelzkäsescheiben kategorisiert. In diesem Zusammenhang wird wiederum ersichtlich, dass Milchpulver, Kräutersalz, Reis, Griess oder Trockenfrüchte als Komponenten von weiterverarbeiteten Lebensmitteln eine Gefährdungsquelle darstellen

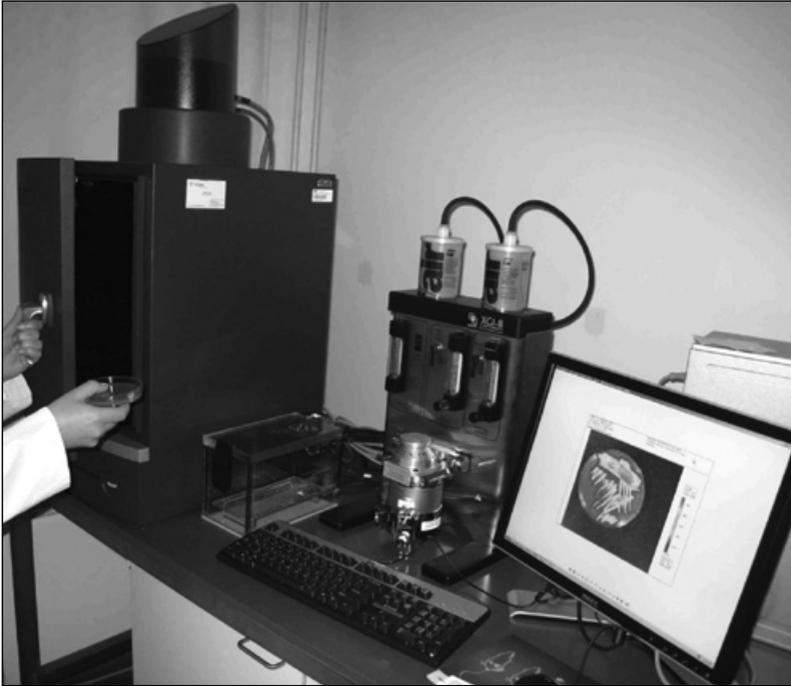


Abb. 5: Ultrasensitives IVIS-Kamerasystem zur Messung der Biolumineszenz des *B.-cereus*-reporter-Stammes *in situ* im Lebensmittel. Die Messung erfolgt ohne Vorbehandlung oder Aufarbeitung des Lebensmittels, welches als Ganzes in die Messkammer gelangt, und dauert nur wenige Sekunden.



Abb. 6: Vorläufige Einteilung einiger Lebensmittel in Sensitivitätsklassen bezüglich des emetischen Toxinbildungspotentials.

können, wenn diese mit eigentlich insensitiven Produktbestandteilen vermischt werden. Lebensmittel, wie Speisequark, Frischkäse oder Creme fraiche, sind insensitive Produkte, da sich der niedrige pH-Wert vermutlich inhibitorisch auf das Wachstum von *B. cereus* auswirkt.

Der Einsatz von biolumineszenten Indikatororganismen wird es künftig erlauben, eine Einstufung der untersuchten Lebensmittelgruppen in Gefährdungskategorien vorzunehmen und Lebensmittelgruppen mit erhöhtem Risikopotential zu identifizieren. Aus diesen Ergebnissen ergibt sich notwendig die Frage, warum die Toxinexpression in verschiedenen Lebensmitteln derart drastisch variiert. Welche Bestandteile sind im Einzelnen dafür verantwortlich? Und kann man durch die Kenntnis der Ursachen Rezepturen entwickeln, welche die Toxinbildung hemmen?

6. Ansätze zur Hemmung der Toxinproduktion in Lebensmitteln

Um die Toxinbildung in gefährdeten Lebensmitteln zu minimieren, ist die Entwicklung geeigneter Präventionsstrategien von Bedeutung. Eine Prävention in der Toxinbildung kann vielleicht dadurch herbeigeführt werden, dass durch eine geringe Rezepturveränderung die Toxinbildung massiv vermindert wird. Eigene

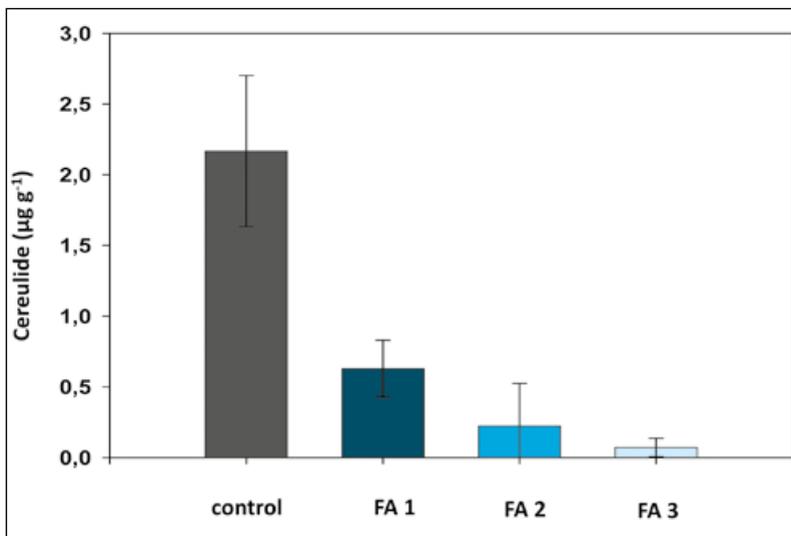


Abb. 7: Hemmung der Cereulidproduktion durch ausgewählte Lebensmittelzusatzstoffe in einem hochsensitiven Lebensmittel. FA = Lebensmittelzusatzstoff. (Frenzel *et al.*, nicht publizierte Daten).

Vorversuche haben bereits gezeigt, dass schon geringe Konzentrationsänderungen in der Aminosäurezusammensetzung erheblichen Einfluss auf die Produktion des Cereulids haben und der Einsatz von bestimmten Lebensmittelzusatzstoffen zu einer reduzierten und verzögerten Toxinproduktion beitragen kann (**Abbildung 7**).

7. Ausblick

In den bisherigen Arbeiten hat sich gezeigt, dass die Voraussetzung für eine gezielte Hemmung der Cereulidproduktion in Lebensmitteln das genaue Verständnis der Toxinsyntheseprozesse wichtig ist. Daher werden, begleitend zu den Hemmungsversuchen, Studien zur Toxigen-Regulation durchgeführt. Erste Untersuchungen des Toxinproduktionsvermögens verschiedener Stämme mittels Massenspektroskopie zeigten, dass die Toxinproduktion je nach Stamm um den Faktor 1000 schwanken kann [14]. Es ist aber unbekannt, warum sich *B. cereus*-Stämme so stark in ihrem Toxizitätspotenzial unterscheiden. Da sich *B. cereus* in vielen Lebensmitteln grundsätzlich nicht verhindern lässt, wäre es von außerordentlicher Bedeutung, gefährliche Stämme mit hoher Toxinbildungsfähigkeit, die vermutlich in der Minderheit sind, von zahlreichen harmlosen Stämmen mit niedrigem Toxizitätspotenzial unterscheiden zu können. Anfragen dieser Art erreichen uns immer wieder bei Schadensfällen, bei denen *Bacillus cereus* im Produkt gefunden wird. Wir stehen jedoch erst am Anfang des Verständnisses der Bildung von Cereulid in Lebensmitteln. Der sich derzeit abzeichnende, an konkreten Fragestellungen aus der Lebensmittelindustrie orientierte, Forschungsbedarf ist in **Tabelle 3** zusammen gestellt.

| |
|---|
| - Entwicklung eines Toxinstandards: Quantitativer Routinenachweis von Cereulid in komplexen Lebensmittelmatrices. |
| - Phänotypisierung und Erstellung metabolischer Profile emetischer <i>B. cereus</i> : Verständnis der Toxinbildung in Lebensmitteln und deren Hemmung |
| - Wie wird die Bildung des Toxins genau reguliert, und wie wird es aus der Zelle exportiert? |
| - Bilden emetische <i>B. cereus</i> Biofilme auf Edelstahloberflächen und wenn ja, unter welchen Bedingungen? Beeinflusst das die Pathogenität der emetischen Stämme? |
| - Warum sind nur wenige Stämme hochvirulent und wie kann man diese im Kontaminationsfall schnell und zuverlässig nachweisen? |

8. Danksagung

Romy Renner danken wir für ausgezeichnete technische Assistenz. Monika Dommel, Erike Frenzel, Martina Fricker und Genia Lücking haben im Rahmen ihrer Promotionen an der emetischen Toxinbildung durch *B. cereus* mitgearbeitet.

Das Forschungsvorhaben (AiF 15186 N) wird im „Programm zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)“ vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (via AiF) über den Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI) gefördert.

7. Literatur

- [1] Kleer J, Bartholomä A, Levetzkow R, Reiche T, Sinell H-J und Teufel P (2001) Bakterielle Lebensmittel-Infektionen und -Intoxikationen in Einrichtungen zur Gemeinschaftsverpflegung 1985-2000. *Archiv für Lebensmittelhygiene* 52: 76-79.
- [2] Dierick K, Van Coillie E, Swiecicka I, Meyfroidt G, Devlieger H, Meulemans A, Hoedemaekers G, Fourie L, Heyndrickx M and Mahillon J (2005). Fatal family outbreak of *Bacillus cereus*-associated food poisoning. *J. Clin. Microbiol.*, 43, 4277-4279.
- [3] Ehling-Schulz M., M. Fricker, and S. Scherer. *Bacillus cereus*, the causative agent of an emetic type of food borne illness. (2004). *Mol. Nutr. Food Res.*, 48, 479-487.
- [4] Fricker M., R. Reissbrodt, and M. Ehling-Schulz. (2008). Evaluation of Standard and New Chromogenic Selective Plating Media for Isolation and Identification of *Bacillus cereus*. *Int. J. Food Microbiol.*, 121, 27-34.
- [5] Ehling-Schulz M., M. Fricker, and S. Scherer. (2004). Identification of emetic toxin producing *Bacillus cereus* strains by a novel molecular assay. *FEMS Microbiol. Lett.*, 232, 189-195.
- [6] Ehling-Schulz M.; N. Vukov, A. Schulz, R. Shaheen, M. Andersson, E. Märtlbauer, and S. Scherer. (2005). Identification and partial characterization of the nonribosomal peptide synthetase gene responsible for cereulide production in emetic *Bacillus cereus*. *Appl. Environ. Microbiol.*, 71, 105-113.
- [7] Ehling-Schulz M., M.-H. Guinebretiere, A. Monthan, O. Berge, B. M. Fricker, and B. Svensson. (2006). Toxin gene profiling of enterotoxic and emetic *Bacillus cereus*. *FEMS Microbiol. Lett.*, 260, 232-240.
- [8] Fricker M., U. Messelhäuser, U. Busch, S. Scherer, and M. Ehling-Schulz. (2007). Diagnostic Real-time PCR Assays for the Detection of Emetic *Bacillus cereus* Strains in Foods and Recent Foodborne Outbreaks. *Appl. Environ. Microbiol.*, 73, 1892-1898.
- [9] Ehling-Schulz M., M. Fricker, H. Grallert, P. Rieck, M. Wagner, and S. Scherer. (2006). Cereulide synthetase gene cluster from emetic *Bacillus cereus*: Structure and location on a mega virulence plasmid related to *Bacillus anthracis* toxin plasmid pXO1. *BMC Microbiology*, 6:20.

- [10] Magarvey N.A., M. Ehling-Schulz, and C. T. Walsh. (2006). Characterization of cereulide NRPS α -hydroxy acid specifying modules: Activation of α -keto acids and chiral reduction on the assembly line. *J. Am. Chem. Soc.*, 128, 10698-10699.
- [11] Rajkovic A., Uyttendaele M, Vermeulen A, Andjelkovic M, Fitz-James I, in, t Veld P, Denon Q, Vérhe R, and J. Debevere. (2008). Heat resistance of *Bacillus cereus* emetic toxin, cereulide. *Lett. Appl. Microbiol.*, 46, 536-541.
- [12] Shinagawa K., H. Konuma, H. Sekita, and S. Sugii. (1995). Emesis of rhesus monkeys induced by intragastric administration with the HEp-2 vacuolation factor (cereulide) produced by *Bacillus cereus*. *FEMS Microbiol. Lett.*, 130, 87-90.
- [13] Paananen A., R. Mikkola, T.Sareneva, S. Matikainen, M. Hess, M. Andersson, I. Julkunen, M.S. Salkinoja-Salonen, and T. Timonen. (2002). Inhibition of human natural killer cell activity by cereulide, an emetic toxin from *Bacillus cereus*. *Clin. Exp. Immunol.*, 129, 420-428.
- [14] Carlin F., M. Fricker, A. M. Pielaat, S. Heisterkamp, R. Shaheen, M. Salkinoja-Salonen, B. Svensson, C. Nguyen-the, and M. Ehling-Schulz. (2006). Emetic toxin-producing strains of *Bacillus cereus* show distinct characteristics within the *Bacillus cereus* group. *Int. J. Food Microbiol.*, 109, 132-138.
- [15] Messelhäusser U., M. Fricker, M. Ehling-Schulz, H. Ziegler, D. Elmer-Englhard, W. Kleih, und U. Busch. (2007). Real-time-PCR-System zum Nachweis von *Bacillus cereus* (emetischer Typ) in Lebensmitteln. *J. Verbr. Lebensm.*, 2, 190-193.

Prof. Dr. Dr. Jörg Hinrichs

Universität Hohenheim
 Institut für Lebensmittelwissenschaft
 und Biotechnologie
 Fachgebiet Lebensmittel tierischer Herkunft



Hitzeresistente Phagen – ein Problem für die moderne Käsertechnologie

1. Einführung und Problemstellung

Der Produktion von Käse kommt eine große Bedeutung bei der Wertschöpfung milchverarbeitender Unternehmen zu. 2007 betrug die Käseproduktion in Deutschland ca. 2,2 Mio. Tonnen. Damit ist Deutschland EU-weit an erster Stelle bei der Käseproduktion. Der Käsemarkt steht im starken internationalen Wettbewerb, so dass die Optimierung von Prozessen und die Prozesssicherheit eine große Bedeutung für den wirtschaftlichen Erfolg der Unternehmen haben. Fermentationsstörungen hervorgerufen durch eine Phageninfektionen können in Käsereien unterschiedliche Ausmaße annehmen und sowohl die Aktivität der Säuerungs-, als auch der Aromakulturen betreffen. (Bakterio-)Phagen sind Viren, die Bakterien infizieren, sich in ihren Wirtszellen vermehren und sich nach der Lyse der Bakterienzellen verbreiten. Der Wirt stirbt, die Fermentation stoppt.

Durch den Käsungsprozess (**Abbildung 1**) werden die Nährstoffe der Milch in eine haltbare und lagerfähige Form transformiert. Dazu wird allgemein im Fettgehalt eingestellte pasteurisierte Milch fermentativ gesäuert und mittels des zugesetzten Enzyms Chymosin, traditionell aus Kälbermägen gewonnen, von einem Sol in ein Gel umgewandelt (= Koagulation). Das gebildete Gel wird in Würfel geschnitten. Dieser Schritt leitet den spontan ablaufenden Vorgang der so genannten Synärese ein, die durch Rühren und z. T. Anwärmen unterstützt wird. Verantwortlich für die Kontraktion der Würfel (= Bruchkörner) sind die durch Säuern und enzymatische Abspaltung veränderten chemisch-physikalischen Eigenschaften der Caseine. Durch das Kontrahieren der Würfel wird nicht nur das Casein, sondern auch das in den Würfeln enthaltene Milchfett mehr und mehr angereichert. Die austretende Molke wird im nächsten Pro-

zessschritt von den Bruchkörnern abgetrennt. Dieser so genannte Käsebruch kann direkt konsumiert werden (z. B. Frischkäse, Hüttenkäse), oder dem Käsebruch wird nach dem Abfüllen in Formen weitere Molke abgepresst, und durch Salzen entsteht ein über Monate bis Jahre haltbares Produkt, wie Schnitt- oder Hartkäse.

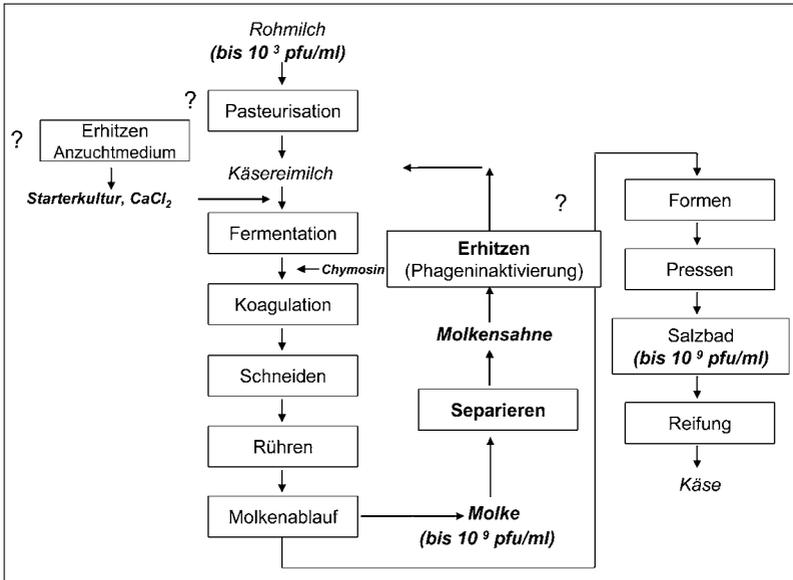


Abb. 1: Schematische Darstellung eines Käseungsprozesses mit Rückführung von Molksahne mit Angaben zu maximalen Phagentitern; „?“ weisen auf Erhitzungen hin, mit denen der Phagentiter reduziert werden kann.

Bereits seit langem wird das in der Molke enthaltene Restfett konzentriert, erhitzt und als Molksahne der Käsereimilch zugeführt. Damit wird sowohl die Wirtschaftlichkeit des Käseungsprozesses als auch das Verwertungspotenzial der Molke verbessert.

Wie in **Abbildung 1** dargestellt, kann die Rohmilch 10^3 pfu/ml (plug forming units = Anzahl der Phagenpartikel pro ml) enthalten, die z. T. die Pasteurisation überstehen können. Stehen im Fermentationsprozess entsprechende Wirte zur Verfügung, vermehren sich die Phagen und in der Molke werden z. T. Phagentiter von 10^9 pfu/ml gefunden. Problematisch ist, wenn mit dem Erhitzen der zurückgeführten Molksahne nicht alle Phagen inaktiviert wurden, denn diese treffen, sofern die Starterkultur nicht gewechselt wurde, in der nächsten Produktionscharge wieder auf ihren Wirt und können sich rasch vermehren und zu Fermentationsstörungen führen.

Tab. 1: Übersicht über Literatur und Verfahrensvarianten zum Herstellen von Molkenproteinaggregaten

| Literatur/Produkt Prozess | Rohstoff | Protein in % | Lactose in % | pH- Bereich | Prinzip | Erhitzung/ Haltezeit |
|----------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------|----------------|---|---------------------------------|
| Singer et al. 1988, Simpless® | WPC | 15-25 | 5-15 | 3,5-4,5 | Microcooker: Erhitzen + Scheren | 80-120°C / 3-300s |
| Fang 1991, Simpless® | WPC | 15-25 | 5-15 | 5,5-6,9 | Microcooker: Erhitzen + Scheren | 70-120°C / 3s-20min |
| Queguiner et al. (1992) | WPI | 20 | 0,1 | 3,5-3,9 | Extruder: Erhitzen + Scheren | 90-100°C/ 50-100s |
| Paquin et al. 1993 | WPC | 4-5 | < 0,2 | 2,5-7,0 | WT + Microfluidizer: Erhitzen + Scheren | 80-120°C / 4-600s |
| Asher et al. 1992 Dairy-Lo™ | WPC | 4-5 | 4-5 | 6,0-6,5 | WT: kontrollierte Denaturierung | 75-90°C / 5-60s |
| Huß & Spiegel 1999 | Molke | 0,5-2 | 4-5 | 5,0-7,0 | WT/Behälter: gezielte Aggregation | 75-150°C / 10s-150min |
| Syrbe, 1997 | WPI + Pektin | 12 | < 0,5 + Pektin | 7,0 | Inkompatibilität: Gelbildung | 90°C, langsame Aufheizung |
| Spiegel 1999 | WPC | 5-20 | 1-20 | 3,5-6,7 | Schabe-WT: Erhitzen + Scheren | 72-130°C / 10s-150min |
| APV LeanCreme™ | WPC | - | - | - | PW + Scheragglomerator: Erhitzen + Scheren | variabel |

WPC: Molkenproteinkonzentrat; WPI: Molkenproteinisolat; WT: Wärmetauscher; PW: Plattenwärmetauscher.

Inzwischen wurden neue Technologien erforscht, weiterentwickelt und z. T. erfolgreich etabliert, mit denen nicht nur das Fett, sondern auch die in der Molke enthaltenen Proteine zum Teil oder vollständig in die Käsematrix integriert werden können. In Studien wurde gezeigt, dass Molkenproteine vorzugsweise in aggregierter oder partikulärer Form im Gelnetzwerk des Käses zurückgehalten werden.

Als Mikropartikulieren wird eine Technologie bezeichnet, bei der in einem Molkenkonzentrat die aus der Molke gewonnenen Proteine durch Erhitzen in Kombination mit einer intensiven mechanischen Behandlung in eine partikuläre Form (Molkenproteinpartikel) überführt werden (**Tabelle 1**). Das intensive Scheren begrenzt dabei die Aggregatgröße auf 3 bis 5 µm. In dieser Größe werden die Molkenproteinpartikel wie Fettkugeln in die Käsematrix eingebaut. Sind die Partikel größer, ergibt sich häufig ein mehliges oder sandiges Mundgefühl. Die Effizienz dieser Technologie hängt wesentlich von der Zusammensetzung und Aufbereitung des Molkenkonzentrats, den genutzten Erhitzungs- und Scherparametern und den gewählten Prozessparametern ab (**Tabelle 1**). Es finden sich zahlreiche Publikationen zu dieser Thematik und spezifisches Know-how mündete in neue Verfahren, z. B. ALPMA CreamoProt™, APV LeanCreme™, Tetra Therm MicroPart™, und Produkte, z. B. Simpless®, Dairy-Lo™. Zahlreiche Anlagen wurden inzwischen in größeren Käsereien installiert und Anlagenbauer bieten verschiedene Varianten an, die auf die jeweilige betriebliche Situation abzustimmen sind.

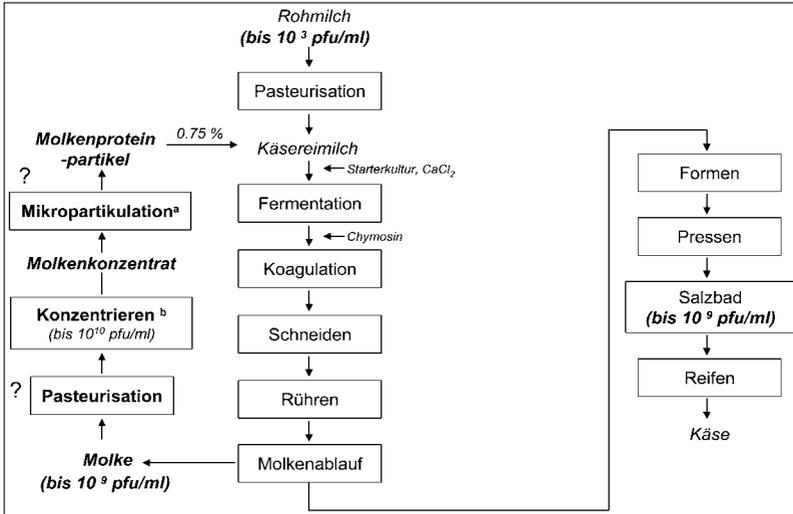


Abb. 2: Schematische Darstellung eines Käsesungsprozesses mit Rückführung von Molkenprotein mit Angaben zu maximalem Phagentiter; „?“ weisen auf Erhitzungen hin, mit denen der Phagentiter reduziert werden kann. a: Erhitzung kombiniert mit Scherbehandlung, b: Ultrafiltration z. T. kombiniert mit Diafiltration.

Inzwischen wurde der so genannte Prozess der „Mikropartikulation“ in die moderne Käseproduktion übernommen, wie es in **Abbildung 2** beispielhaft dargestellt ist. Die Vorteile sind: 1. Überführen der ernährungsphysiologisch wertvollen Molkenproteine in den Käse; 2. die partikulierten Molkenproteine wirken in der Käsematrix als Inert-Filler und führen damit insbesondere bei „Low-Fat“-Käsen zur Texturverbesserung; 3. eigene Verwertung der Molke; 4. durch die verbesserte Rohstoffnutzung wird die Wirtschaftlichkeit der Käseherstellung verbessert.

Werden wie in **Abbildung 1 und 2** dargestellt Stoffströme zurückgeführt, so ist darauf zu achten, dass sich Phagen im Käsesungsprozess nicht anreichern bzw. es zu keiner Reinfektion kommt. Nachdem Bakteriophagen durch einfaches Filtrieren nicht von den Molkenproteinen oder der Fettphase abgetrennt werden, bleibt nur deren thermische Inaktivierung in den Stoffströmen. Darüber hinaus gilt es, den Eintrag von Phagen über die Rohmilch in den Prozess zu minimieren. Um die Prozesssicherheit in der Käseherstellung zu steigern, sollten daher im Rahmen des Projekts die folgenden Fragen geklärt werden:

1. **Wie muss Molkenmilch erhitzt werden, um Phagen sicher zu inaktivieren?**
2. **Wie sollte die Molkenproteinphase, die zur Mikropartikulation bestimmt ist, behandelt werden?**
3. **Wie sollte das Medium zur Starterkulturenbereitung erhitzt werden?**
4. **Welchen Schutz bietet eine Pasteurisation der Käseemilch?**

2. Ergebnisse

2.1 Monitoring

Im Rahmen einer Probenerhebung (2005 bis 2007) wurden von Molkereien in Deutschland insgesamt 127 Proben (Milch, Molke, Frischkäse, Käse, Joghurt, Salzbad, Reinigungslösungen) und von Kulturenherstellern Phagenisolate aus Schadensfällen eingeschickt und untersucht. Im Phagenmonitoring erwiesen sich bei 50 % der Großunternehmen die Proben als phagenfrei, während die Proben aller KmU-Betriebe phagenbelastet waren (**Tabelle 2**). In den positiven Proben wurden Phagentiter von 10^5 bis 10^9 pfu/ml bestimmt. In allen untersuchten Molken und Salzbadproben wurden Phagen nachgewiesen, jedoch fanden sich keine Phagen in säure- und laugenhaltigen Reinigungslösungen.

Tab. 2: Phagen, die im Rahmen eines Monitorings von Molkereien aus eingesandten Proben isoliert wurden. Thermoresistente Phagen, die eine Hitzebehandlung bei 80 °C für 5 min überstanden, sind fett gedruckt. Phagenisolate, die auch 5 min bei 85 und 90 °C überstanden, sind zusätzlich unterstrichen

| Unternehmen | Phagenisolate | Phagenspezies | Max. Titer in pfu/ml | Isoliert aus |
|-------------|---|---------------|----------------------|-----------------------|
| L-1 | P620, P622 | 936 | 5×10^6 | Frischkäse, Molke |
| L-2 | P653, P654, P655 | c2 | 6×10^6 | Salzbad |
| L-3 | P637, P645, P646, P647, P648 , P649, P650, P651, P652 | 936 936 | 3×10^8 | Molke, Salzbad |
| | P635, P636, P638 | c2 | | |
| L-4 | P618 | 936 | 2×10^8 | Quark |
| KmU-1 | P680 , P623, P685 | 936 | 1×10^6 | Salzbad, Quark |
| | <u>P684</u> | c2 | | |
| KmU-2 | P624, P625 | c2 | 8×10^8 | Frischkäse |
| KmU-3 | P626, P627, P628, P681 | 936 | 2×10^7 | Salzbad, Käse, Molke |
| KmU-4 | P629, P630, P682 , P683 | 936 | 7×10^6 | Salzbad, Quark, Molke |
| KmU-5 | P632, P633, P634 | 936 | 2×10^7 | Molke |
| KmU-6 | P639, P640, P641 | 936 | 2×10^9 | Salzbad, Käse, Molke |
| KmU-7 | P642, <u>P656</u>, P657 , P659, P671 | 936 | 2×10^6 | Salzbad, Molke |
| KmU-8 | P643 , P644 | P335 | 1×10^9 | Quark |
| PC-1 | P896, P1341 , P1531, <u>P1532</u> , P1548, P1559, P1569 , <u>P4565</u> | 936 936 | . / . . / . | . / . . / . |
| | P1279 | P335 | . / . | . / . |
| | P1147 , P1547 | c2 | . / . | . / . |

PC: Starterkulturenhersteller; L: Große Unternehmen; KmU: Kleine und mittelständische Unternehmen; . / .: Proben unterschiedlicher Herkunft.

Drei genetisch unterschiedliche Phagenspezies an *L.-lactis*-Phagen bildeten die vorherrschende Population. Im thermischen Vorscreening wurden zunächst alle

Phagen auf unterschiedlichen Temperaturniveaus hinsichtlich Hitzeresistenz getestet. Dabei zeigte sich, dass 80 - 85 °C für 1 - 5 min für die Mehrzahl der untersuchten Phagen eine kritische Grenze darstellt. Nur wenige *L.-lactis*-Phagen überstanden eine Behandlung bei 85 oder 90 °C für 5 min (**Tabelle 2**, fett und unterstrichene Phagenisolate). Besonders thermoresistent waren die *Lactococcus-lactis*-Phagen P680 (isoliert aus Quark) und P1532 (isoliert aus Sauerrahm), die der 936-Phagenspezies zuzuordnen sind. In **Abbildung 3** sind neben dem weit verbreiteten Referenzphagen P008 die beiden hitzeresistenten Phagen P1532 und P680 gezeigt, die alle zur Spezies 936 zählen und sich durch einen langen Schwanz und einen isometrischen Kopf auszeichnen ($l \cong 200$ nm) und einen isometrischen Kopf auszeichnen ($d \cong 50$ nm).

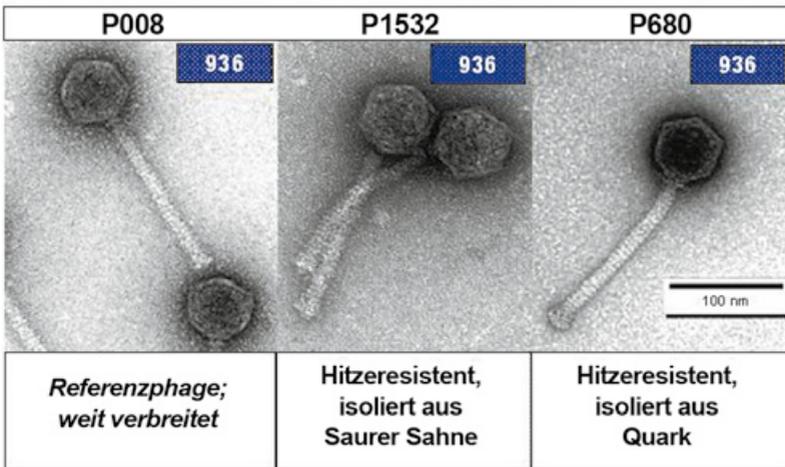


Abb. 3: Elektronenmikroskopische Aufnahme der *L.-lactis*-Phagen P008, P1532 und P680; Wirt: *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis*; Kennzeichnend sind: langer Schwanz und isometrischer Kopf. (Bild: Neve H., Dietrich J., MRI)

2.2 Phageninfektion, Vermehrungsrate und Einflussgrößen

Wie schnell sich eine Phagenpopulation vermehrt, entscheidet darüber, ob sie eine Fermentation stören kann. Je schneller die Vermehrung der Phagen erfolgt, umso kleiner ist der anfängliche Phagentiter, der zu einer Fermentationsstörung führen kann und desto weiter müsste die Phagenpopulation für einen sicheren Prozess reduziert werden. Relevant ist zudem, wie sich Stressfaktoren während des Fermentationsprozesses – etwa ein gesenkter pH-Wert oder eine veränderte Temperatur – auf die Phagenvermehrung auswirken.

Die Phagenvermehrung lässt sich durch die Parameter Latenzzeit, mittlere Wurfgröße und prozentuale Adsorption beschreiben. Dabei können Latenzzeit und mittlere Wurfgröße im Einstufen-Wachstumsexperiment bestimmt werden, die

prozentuale Adsorption mit einem modifizierten Einstufen-Wachstumsexperiment zum Nachweis der adsorbierten Phagen nach einer bestimmten Zeit. Für beide Versuche kommen Phagen und Wirtsstamm für eine kurze definierte Zeit zusammen, so dass ein limitiertes Zeitfenster für die Phageninfektion zur Verfügung steht. Durch Zentrifugieren werden nicht adsorbierte Phagen von den sedimentierten Wirtszellen abgetrennt. Diese Versuche wurden mit den Phagen P008, P1532 und P680 durchgeführt, um die Infektiositätsparameter in Bezug auf Fermentationsstörungen zu ermitteln. Als praxisrelevantes Testmedium wurde Magermilch-Ultrafiltrationspermeat genutzt, das die äußere Phase der Milch darstellt. Ferner wurde die Vermehrungskinetik der Wirte (ohne Infektion) im Modellmaßstab untersucht.

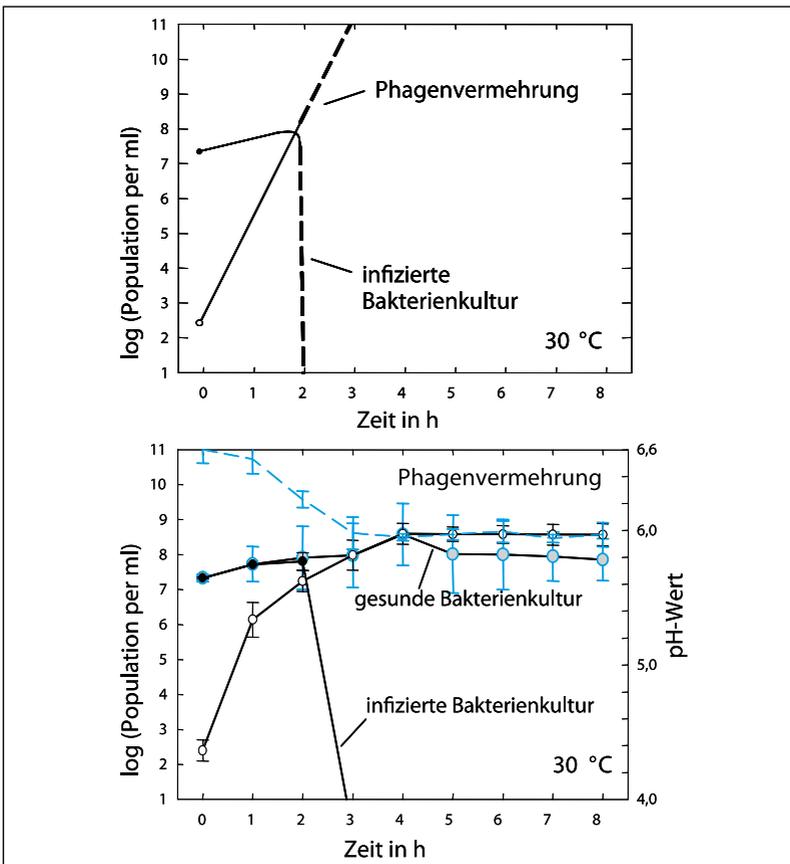


Abb. 4: Verlauf einer Fermentation ohne und mit Phageninfektion (P1532); oben: Modell; unten: Experiment).

Die daraus gewonnenen Daten wurden in einem Modell zusammengeführt, um eine Phageninfektion während einer Fermentation simulieren zu können. Mit den im Laborexperiment gewonnenen Parametern für die jeweiligen Wirte und Phagen wurden rechnerisch Phagentiter bestimmt, die theoretisch zu einer Fermentationsstörung führen sollten, wie in **Abbildung 4 (oben)** für den Phagen P1532 beispielhaft dargestellt. Aufgetragen ist die jeweilige berechnete Anzahl an Wirtszellen bzw. Phagen (Population per ml) bei einer Fermentationstemperatur von 30 °C.

Durch Zugabe einer Starterkultur werden Fermentationen im Milchbereich allgemein mit einer Bakterienpopulation von 10^7 per ml gestartet. Die Bakterien beginnen sich zu vermehren, und es ergibt sich eine lineare Zunahme der Population in der logarithmischen Auftragung. Sind in der Fermentationslösung Phagen vorhanden, so infizieren sie die Wirte und vermehren sich wesentlich rascher als diese. Sind nach der Simulation etwa 10^2 pfu/ml Phagen im Fermentationsmedium (Milch) vorhanden, so wären nach etwa 2 h alle Wirte infiziert und die Fermentation würde gestoppt.

In Experimenten wurden das Modell und die Simulation bestätigt (**Abbildung 4, unten**). So traten nach Beimpfen mit dem Wirt (*Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis*) bereits nach etwa 2 h Fermentationsstörungen auf, wenn zu Beginn ein Phagentiter von 10^2 pfu/ml vorhanden war. Zu erkennen ist in **Abbildung 4** ferner, dass die Säuerung bei pH 6 gestoppt wurde.

2.3 Inaktivierungskinetik der hitzeresistenten Phagen

Nachdem die hitzeresistenten Phagen über das Vorscreening gefunden waren (Kap. 2.1), wurde die Inaktivierungskinetik der Phagen über einen größeren Temperatur- und Haltezeitbereich bestimmt. Die Experimente wurden sowohl in Modellmedien als auch in Magermilch durchgeführt, um den Einfluss der äußeren Phase zu erfassen. Gleichzeitig wurden damit über das System Magermilch Inaktivierungsparameter für die Käsepraxis ermittelt. **Abbildung 5** zeigt in einer Gegenüberstellung die Inaktivierung des hitzeresistenten Phagen P1532 und des Referenzphagen P008. Aufgetragen ist der jeweilige Phagentiter in Abhängigkeit von der Haltezeit für verschiedene Erhaltungstemperaturen. Die Inaktivierung von Phage P1532 verläuft für alle Temperaturniveaus in der gewählten Auftragung linear und damit nach einer Reaktion 1. Ordnung. Dagegen ergibt sich für die Inaktivierung von P008 in Milch kein linearer Verlauf, sondern ein Tailing. Die größere Hitzeresistenz von P1532 gegenüber P008 zeigt sich beispielsweise bei 70 °C. Nach 100 min ist P1532 nur um 1-log inaktiviert und P008 um mehr als 7-log. Ferner wird P008 durch eine Temperatur von 80 °C nahezu vollständig inaktiviert, wohingegen bei P008 mehr als 97 °C notwendig sind.

Die in **Abbildung 5** dargestellten Inaktivierungskurven wurden formalkinetisch ausgewertet. Für Inaktivierungen 1. Ordnung (**Abbildung 5, oben**) lassen sich

das Geschwindigkeitsgesetz 1. Ordnung und die Arrheniusgleichung zu **Gleichung 1** zusammenfügen. Für Reaktionen anderer Ordnung (**Abbildung 5, unten**) kann mit dem allgemeinen Geschwindigkeitsgesetz n-ter Ordnung (**Gleichung 2**) gearbeitet werden. Es wurde jeweils eine Referenztemperatur T_{ref} von 343 K (70 °C) eingeführt, was die Iteration der experimentellen Daten begünstigt. Außerdem wurden beide Seiten der Gleichungen logarithmiert, damit Messfehler bei der Regression über alle relevanten Zehnerpotenzen hinweg gleichmäßig berücksichtigt werden. Die Regression wurde mithilfe des Programms Sigma Plot 8.0 durchgeführt.

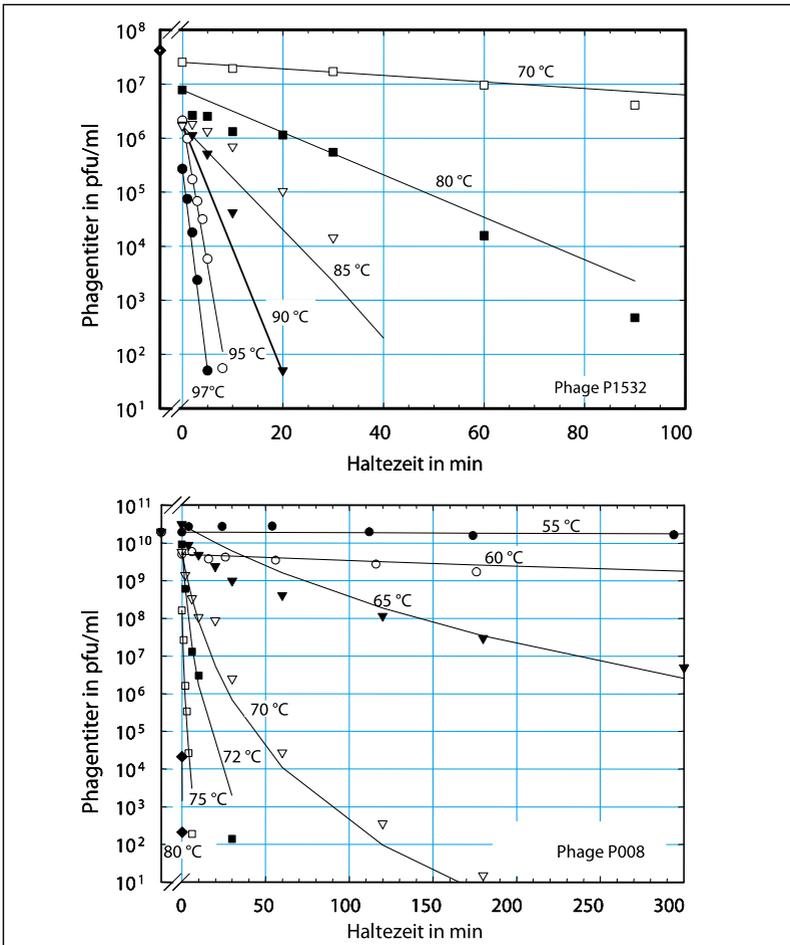


Abb. 5: Thermische Inaktivierung von Phage P1532 mit Referenzphage P008 in Milch (Daten und Modellkurve); man beachte die unterschiedlichen Haltezeitskalen.

$$\log C_t = \log \left[C_0 \left(k_{ref} \cdot \exp \left(-\frac{E_A}{R} \cdot \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{ref}} \right) \right) \cdot t \right) \right] \quad \text{für } n = 1 \quad (1)$$

$$\log C_t = \log \left[C_0 \left(1 + (n-1) \cdot k_{ref} \cdot \exp \left(-\frac{E_A}{R} \cdot \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{ref}} \right) \right) \cdot C_0^{n-1} \cdot t \right)^{\frac{1}{1-n}} \right] \quad \text{für } n \neq 1 \quad (2)$$

Die formalkinetischen Parameter, die die Thermoresistenz der einzelnen Phagen in einem bestimmten Medium charakterisieren, sind in **Tabelle 3** zusammengestellt. Dabei wurden die Phagen P008 und P001 (936- bzw. c2-Species) aus der Sammlung des MRI zum Vergleich mitgeführt. Die Reaktionsordnung war bei Phage P1532 in beiden Medien $n = 1$, bei den anderen Phagen (P008, P1532 und P680) lag sie höher ($n > 1$). Diese Phagen wiesen in ihren Inaktivierungsgraphen ein Tailing auf (**vgl. Abbildung 5, unten**).

Tab. 3: Formalkinetische Parameter der thermischen Inaktivierung der Laktokokkenphagen P001, P008, P680 und P1532 in unterschiedlichen Suspensionsmedien

| Phagen | Medien | ϑ in °C | $n \pm s$ | $E_A \pm s$ in kJ/mol | $k_{ref} \pm s$ in s ⁻¹ (ml/pfu) ⁿ⁻¹ | r^2 | i |
|--------|-----------------|----------------------|-------------|--------------------------|---|-------|-----|
| P001 | Ca-M17-Bouillon | 55 - 75 | 1,22 ± 0,03 | 365 ± 15 | (4,1 ± 1,1) · 10 ⁻³ | 0,95 | 47 |
| P008 | Ca-M17-Bouillon | 60 - 75 | 1,30 ± 0,10 | 470 ± 19 | (1,1 ± 1,0) · 10 ⁻⁴ | 0,90 | 82 |
| | Milch | 65 - 80 | 1,10 ± 0,10 | 492 ± 13 | (5,1 ± 1,0) · 10 ⁻⁴ | 0,94 | 70 |
| P1532 | Milch | 70 - 97 | 1 | 186 ± 6 | (2,4 ± 0,3) · 10 ⁻⁴ | 0,94 | 39 |
| | Wasser | | 1 | 189 ± 6 | (1,6 ± 0,2) · 10 ⁻⁴ | 0,94 | 41 |
| P680 | Ca-M17-Bouillon | 70 - 95 | 1,21 ± 0,03 | 225 ± 11 | (9,7 ± 4,1) · 10 ⁻⁶ | 0,92 | 52 |
| | Milch | | 1,07 ± 0,01 | 212 ± 6 | (4,6 ± 1,1) · 10 ⁻⁵ | 0,95 | 53 |

ϑ : Temperaturbereich; n : Reaktionsordnung; E_A : Aktivierungsenergie; k_{ref} : Geschwindigkeitskonstante bei der Referenztemperatur T_{ref} von 343 K bzw., 70 °C; r^2 : Korrelationskoeffizient; i : Anzahl der Proben.

Die Aktivierungsenergie gibt ebenso wie der Z-Wert die Temperaturabhängigkeit einer Reaktion wieder. Somit hängt die Inaktivierung von Phage P1532 am geringsten von der Temperatur ab, die von Phage P008 am stärksten. Der Wert der Aktivierungsenergie ist unabhängig vom Suspensionsmedium, was auf einen dominierenden, jeweils gleichen Inaktivierungsmechanismus schließen lässt (der Betrag liegt in der Größenordnung für Proteindenaturierungen). Die Geschwindigkeitskonstante der Inaktivierungsreaktion war bei P1532 am geringsten, wobei sich kaum Unterschiede zwischen den Medien zeigten. Für die

anderen Phagen wurde unterschiedliches Inaktivierungsverhalten in den verschiedenen Medien gefunden. Das Bestimmtheitsmaß r^2 lag in allen Fällen über 0,9, so dass das Modell im Rahmen der experimentellen Genauigkeit geeignet ist, die Messwerte zu beschreiben.

3. Synthese: Minimieren des Phagenrisikos in der Käseherstellung

3.1 Rohmilch und Starterkulturenmedium

Eine der zentralen Fragestellungen war (vgl. **Abbildung 1**): Welchen Schutz bietet die Pasteurisation der Käsereimilch und wie sollte Magermilch, die zur Starterkulturenbereitung genutzt wird, erhitzt werden?

Im Rahmen des Monitorings wurden besonders hitzeresistente Phagen gefunden und zudem übliche Phagentiter für Rohmilch, Molke und andere Milchprodukte bestimmt (**Tabelle 2**). Wird nun die thermische Behandlung so ausgelegt, dass die Phagen ausreichend inaktiviert werden, wird die Prozesssicherheit erhöht.

Die Infektiositätsexperimente zeigten, dass bereits ein Phagentiter von 10^2 pfu/ml ausreichend ist, um eine Fermentationsstörung auszulösen. Geht man von einer maximalen Belastung der Rohmilch von 10^3 pfu/ml aus, so sollte eine thermische Behandlung mit einer Reduktion um 3-log eine ausreichende Sicherheit für Käsereimilch und Kulturenmedium bieten. Zu berechnen sind solche Linien gleichen Effekts mit den formalkinetischen Inaktivierungsparametern (**Tabelle 3**) und **Gleichung 3**.

$$\ln(t) = \frac{E_A}{R} \cdot \left(\frac{1}{T_{ref}} - \frac{1}{T} \right) + \ln(t_{ref}) \quad (3)$$

In **Abbildung 6** sind auf Basis Milch 3-log-Inaktivierungslinien der beiden sehr hitzeresistenten Phagen P1532 und P680 sowie des weit verbreiteten Referenzphagen P008 eingetragen. In **Abbildung 6** befinden sich zusätzlich Linien gleichen Effekts für weitere ausgewählte thermisch bedingte Reaktionen in Milch. Die Punkte auf den Linien stehen jeweils für Temperatur-Zeit-Kombinationen, die den jeweils angegebenen Effekt in Milch bewirken.

Zu entnehmen ist aus **Abbildung 6**, dass die übliche Kurzzeiterhitzung der Rohmilch nicht ausreichend ist, um eine Phageninfektion für den Käseprozess auszuschließen. Die Erhitzungsbedingungen reichen nicht einmal aus, um den häufig vorkommenden P008 ausreichend zu inaktivieren. Daher ist eine strenge Trennung der Fließwege und Tanks von Käsereimilch und Molke aus der Käseherstellung die einzige Möglichkeit, das Phagenrisiko zu minimieren. Damit

werden bereits im Betrieb befindliche Phagen nicht weiter angereichert, und damit kann das Risiko einer Reinfektion minimiert werden.

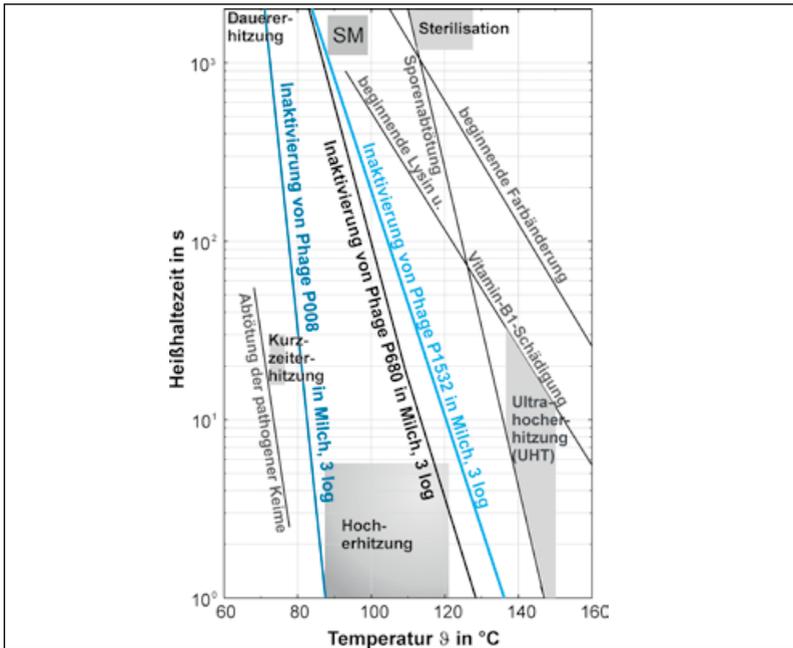


Abb. 6: Diagramm für die Erhitzung von Milch mit Linien gleichen Effekts und 3-log Phageninaktivierung; SM: Erhitzungskombinationen für Starterkulturenmedium (Berechnung für Ausgangsphagentiter: 10^3 pfu/ml⁻¹).

Im Medium, in dem die Starterkultur herangezogen wird, müssen die Phagen jedoch sicher inaktiviert werden. In **Abbildung 6** sind die empirisch festgelegten Bedingungen für die thermische Behandlung des Starterkulturenmediums (SM) eingefügt. Die gewählten Bedingungen sind ausreichend, um die beiden hitzeresistenten Phagen P1532 und P680 um 3-log zu reduzieren. Eine intensivere Wärmebehandlung ist nicht notwendig, aber die Bedingungen sollten auch nicht reduziert werden, um z. B. die Schädigung von für die Bakterien essenziellen Stoffen zu vermindern.

3.2 Molke, Molken-Sahne und Molkenkonzentrat

Wie anhand **Abbildung 1 und 2** gezeigt, wird heute häufig Molken-Sahne oder die Molkenproteinphase, die zur Mikropartikulation bestimmt ist, in die Käse-reimilch zurückgeführt. Daraus leitete sich eine weitere Fragestellung ab: Wie sollte

Molkensahne bzw. die Molkenproteinphase erhitzt werden, um beim Recycling eine Phagen(re)infektion auszuschließen?

Als maximale Belastung kann für Molke von 10^9 pfu/ml ausgegangen werden (**Tabelle 2**). Für die Erstellung des Diagramms in **Abbildung 7** wurde vorausgesetzt: 1. Eine Reduktion der Phagen um 9-log ist ausreichend, um die Prozesssicherheit zu gewährleisten, da erst ab einem Phagentiter von 10^2 pfu/ml Fermentationsstörungen zu befürchten sind (**Abbildung 4**). 2. Die Inaktivierung von Phagen in Molke, Molkenkonzentrat und Molkensahne verläuft ähnlich wie in Milch*.

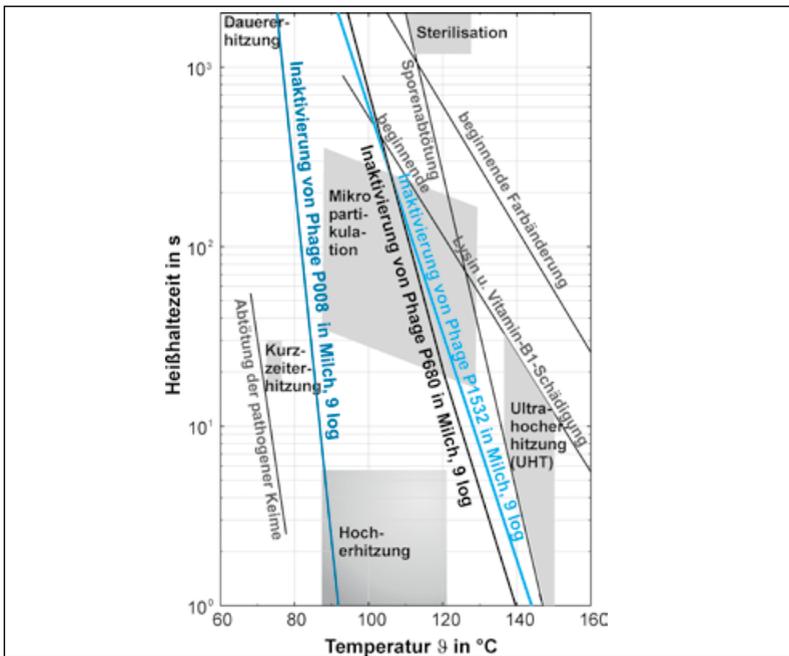


Abb. 7: Diagramm für die Erhitzung von Milch mit Linien gleichen Effekts und 9-log-Phageninaktivierung; Mikropartikulation: grau unterlegt sind die Bedingungen, die für die thermische Scheraggregation von Molke postuliert werden. (Berechnung für Ausgangsphagentiter: 10^9 pfu/ml).

Mit **Gleichung 3** und den Inaktivierungsparametern (**Tabelle 3**) wurden Linien gleichen Effekts für eine 9-log-Reduktion der Phagen P008, P1532 und P680 berechnet und in **Abbildung 7** eingezeichnet. Markiert ist ebenfalls das Gebiet, das nach **Tabelle 1** für die Mikropartikulation der Molkenproteine postuliert

* Der Einfluss des Mediums auf die Phageninaktivierung wurde untersucht. Dabei wurde gegenüber Milch weder ein schützender Effekt durch emulgiertes Milchfett noch durch Molkenproteine gefunden.

wird. Die Erhitzungsbedingungen vor, nach oder während der Mikropartikulation sollten im Fall des Recyclings in die Käseemilch mindestens oberhalb der 9-log-Inaktivierungslinie für den am häufigsten vorkommenden Phagen P008 liegen. Die 9-log-Inaktivierungslinie für P1532 sollte nur bei Nachweis hitzeresistenter Phagen gewählt werden, denn bei einer so intensiven thermischen Behandlung können die technofunktionellen Eigenschaften der zurückgeführten Molkenproteine negativ beeinflusst werden. Eine analoge Vorgehensweise wird für Molkensahne empfohlen.

4. Zusammenfassung

Käsungsprozesse wurden in den letzten Jahrzehnten nicht nur durch eine bessere Ausnutzung der Rohstoffe, z. B. durch Rückführung von Molkensahne und Automation, wirtschaftlicher gestaltet, sondern es gelang auch, neue Technologien zu entwickeln, mit denen die Molkenproteine ganz oder zum Teil in die Käsematrix integriert werden können. Damit wird einerseits die biologische Wertigkeit der Proteine im Käse erhöht, andererseits die Textur von Low-fat-Produkten deutlich verbessert werden. Allerdings besteht ebenso wie bei der Rückführung der Molkensahne das Risiko, dass mit den Molkenbestandteilen Bakteriophagen in die Käseemilch gelangen, die die Fermentation stören, verzögern oder sogar stoppen. Entsprechend waren Ziele des Forschungsprojekts, die Prävalenz von Bakteriophagen in Molkebetrieben zu erfassen, diese zu isolieren und zu identifizieren, besonders hitzeresistente Phagen zu selektieren und auf Basis dieser Ergebnisse Strategien zu erarbeiten, um die Prozesssicherheit zu verbessern.

Im Rahmen eines Monitorings wurden bei allen kleinen und 50 % der größeren Milchunternehmen Phagen in Produkten, Nebenprodukten oder auch Salzbädern nachgewiesen. Durch thermisches Screening wurden hitzeresistente *Lactococcus-lactis*-Phagen selektiert, die überwiegend der 936-Spezies zugeordnet wurden. Als besonders hitzeresistent stellten sich P1532 und P680 heraus, die sogar nach einer Behandlung mit 97 °C für 5 min noch nachweisbar waren. Über umfangreiche Versuche wurden diese hitzeresistenten Phagen weiter charakterisiert, um damit Empfehlungen für die Praxis zu erarbeiten.

Es wurde aus den Ergebnissen abgeleitet, dass durch die Kurzzeiterhitzung von Rohmilch zwar einige Phagen, jedoch weder die hitzeresistenten P1532 und P680, noch der häufig vorkommende P008 ausreichend inaktiviert werden. Die bisher übliche thermische Behandlung des Starterkulturenmediums kann als sicher eingestuft werden, denn die Erhitzungsbedingungen liegen oberhalb der 3-log-Inaktivierungslinie von P1532. Werden Molkensahne oder Molkenkonzentrat in die zur Käseherstellung bestimmte Milch zurückgeführt, so wird eine Erhitzung oberhalb der 9-log-Inaktivierungslinie für P008 empfohlen. Bei Nachweis von hitzeresistenten Phagen muss oberhalb der 9-log-Linie von P1532 erhitzt werden oder auf die Rückführung verzichtet werden.

5. Danksagung

Ein besonderer Dank geht an die Kooperationspartner Prof. K. Heller, Dr. H. Neve, Dr. J. Dietrich (MRI, Standort Kiel) für die hervorragende Zusammenarbeit im Forschungsvorhaben AiF 14339 N. Das Projekt wurde im „Programm zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)“ vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (via AiF) über den Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI) gefördert.

6. Literatur

- [1] Neve, H.; Dietrich, J.; Heller, K.J. (2005): A short note on long-term stability of *Lactococcus lactis* bacteriophages in cheese brine. Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte 57: 191-200.
- [2] Müller-Merbach, M.; Hinrichs, J. (2005): Kinetics of the high pressure inactivation of bacteriophage P008 in milk. Proceedings der Joint 20th AIRAPT - 43rd EHPRG Conference on Science and Technology of High Pressure, Forschungszentrum Karlsruhe.
- [3] Müller-Merbach, M.; Hinrichs, J. (2005): Thermal inactivation of bacteriophages. Encyclopedia of Agricultural, Food and Biological Engineering (DOI:10.1081/E-EAFE-120039249).
- [4] Müller-Merbach, M.; Neve, H.; Hinrichs, J. (2005): Kinetics of the thermal inactivation of the *Lactococcus lactis* bacteriophage P008. Journal of Dairy Research 72: 281- 286.
- [5] Müller-Merbach, M.; Rauscher, T.; Hinrichs, J. (2005): Inactivation of bacteriophages by thermal and high-pressure treatment. International Dairy Journal 15 (6-9): 777-784.
- [6] Müller-Merbach, M.; Hinrichs, J. (2006): Thermische und hydrostatische Inaktivierung von Bakteriophagen. Chemie Ingenieur Technik, Themenheft, Aseptik und Steriltechnik im Pharma- und Lebensmittelbereich, 78 (11), S. 1723-1730 (DOI:10.1002/cite.200600083).
- [7] Müller-Merbach, M.; Kohler, K.; Hinrichs, J. (2007): Environmental factors for phage induced fermentation problems: Replication and adsorption of the lactococcal phage P008 as influenced by temperature and pH. Food Microbiology 24 (7-8): 695-702.
- [8] Müller-Merbach, M.; Peter, K.; Weidendorfer, K.; Hinrichs, J. (2007): Diffusion of bacteriophages in an agar gel and in a fermented milk matrix. Milchwissenschaft – Milk Science International 62 (1): 24-27.

- [9] M. Müller-Merbach (2007): *Lactococcus lactis* Bacteriophages in milk systems: Thermal-hydrostatic inactivation and proliferation by means of propagation and diffusion. Dissertation, Universität Hohenheim.

Dr. Volker Heinz

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik e.V.
(DIL), Quakenbrück



Nicht-thermische Verfahren zur Entkeimung und zur Strukturbeeinflussung von Lebensmitteln

1. Einführung

Die Umwandlung der Struktur- und Funktionseigenschaften von Lebensmitteln durch verfahrenstechnische Maßnahmen ist im Prinzip durch die dabei auftretenden Feldgrößen beschreibbar. Hierbei handelt es sich um Temperatur- und Kraftfelder sowie um elektrische, magnetische oder elektromagnetische Felder bzw. um Überlagerungen verschiedener Feldgrößen.

Verarbeitungsschritte, bei denen der Temperatureffekt im Vergleich zu dem Effekt der anderen Feldgrößen gering ist, werden als nicht-thermische Verfahren bezeichnet. Dabei ist aber durchaus zu beachten, dass auch bei nicht-thermischen Verfahren die Wirksamkeit sehr stark vom Temperaturniveau abhängen kann, bei dem der Prozess durchgeführt wird.

Lebensmittelherstellung kann vielfach als die Vereinigung von Materialeigenschaften und Verfahrenstechnik verstanden werden (**Abbildung 1**). Die gewünschte Struktur und Funktionalität der Produkte wird dabei durch Operationen erreicht, die sich nach deren Hauptzielrichtung (Strukturbildung, Trennen, Stabilisieren und stoffliche Umwandlung) klassifizieren lassen [1]. In den meisten Fällen ist die Verpackung als integraler Bestandteil des Lebensmittels aufzufassen, weshalb der Prozesskomponente Verpackung größte Bedeutung zukommt.

Durch die vermehrte Berücksichtigung nicht-thermischer Technologien, wie z. B. Hochdruck, gepulste elektrische Felder, Stosswellen oder Ultraschall, ist es zu einer ganzen Reihe interessanter Anwendungen gekommen, die sich alle dadurch auszeichnen, dass der gewohnte Pfad der Innovationsgenerierung durch

maschinen- und anlagentechnische Variation weithin bekannter Technologien verlassen wurde.

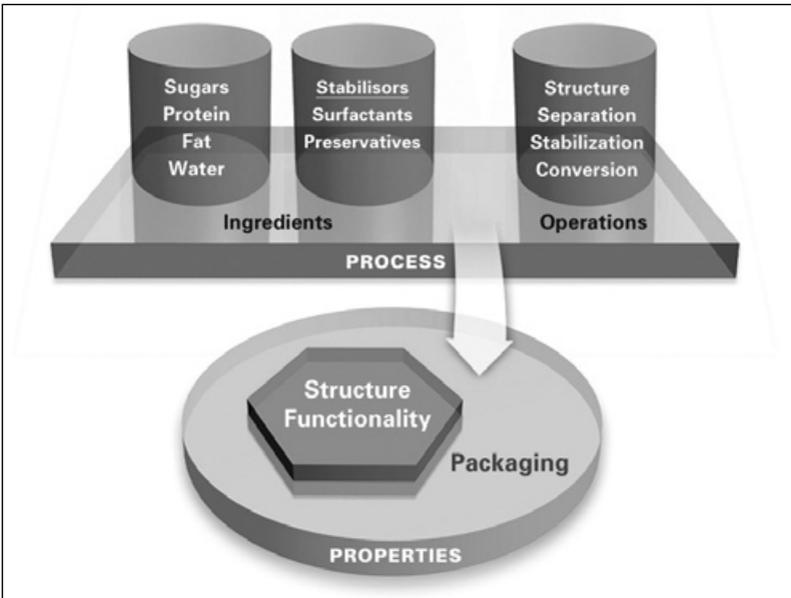


Abb. 1: Vereinigung von Verfahrenstechnik und Materialeigenschaften im Verarbeitungsprozess.

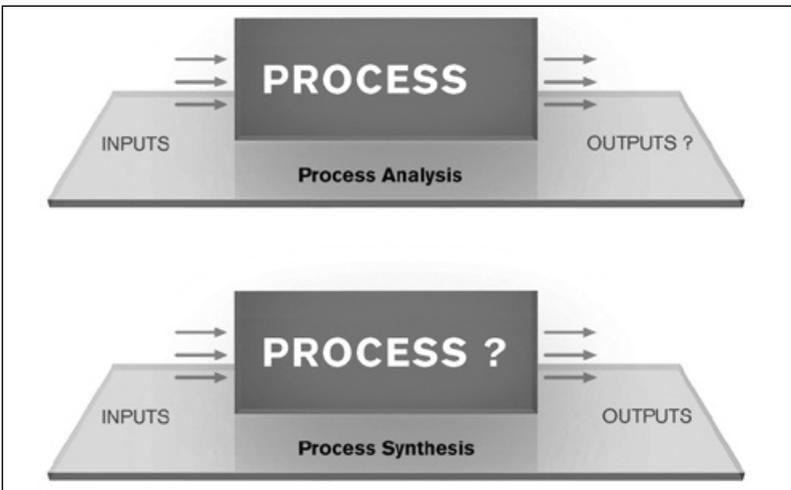


Abb. 2: Prozesssynthese als Schema zur Generierung innovativer Verarbeitungsmethoden.

Die Anwendung hoher hydrostatischer Drücke, die mittlerweile von mehr als 70 Unternehmen zur schonenden Haltbarmachung eingesetzt wird, ist hierfür das beste Beispiel: Hohe Abtötungsraten bei Bakterien, Hefen, Schimmelpilzen und Viren ohne die Induktion der oft unerwünschten thermischen Beeinflussung wertgebender Inhaltsstoffe, wie Vitamine und Aromen, bewirken den weitgehenden Erhalt der typischen (Frische-)Eigenschaften und ermöglichen damit spezifische Marketingstrategien. Der Prozess kann somit als das Resultat der beabsichtigten Umwandlung der Rohstoffe in bestimmte Eigenschaften des Endprodukts verstanden werden (**Abbildung 2**).

2. Hydrostatischer Hochdruck

Hydrostatischer Hochdruck kann im Sinne einer Prozesssynthese auch zur spezifischen Umwandlung bestimmter Inhaltsstoffe, Strukturen oder Funktionalitäten genutzt werden. In erster Linie sind hier die Proteine zu nennen, aber auch Stärken ändern unter geeigneten Prozessbedingungen ihre makroskopischen Eigenschaften. Derartige hochdruckbedingte Veränderungen sind auch abhängig von der Temperatur. Mittels charakteristischer p-T-Diagramme können derartige synergistische Wirkmechanismen für prozesstechnische Anwendungen dargestellt werden.

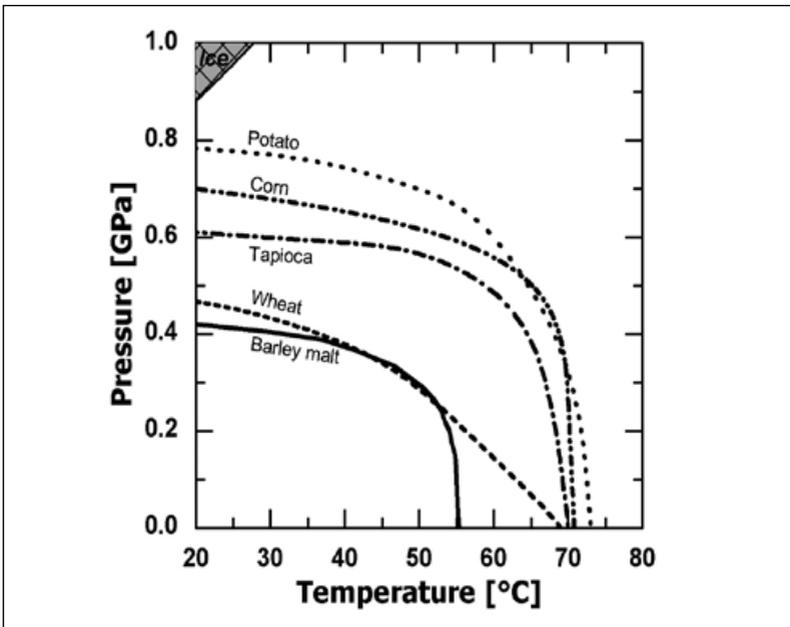


Abb. 3: Druck-Temperatur bedingte Quellung von Stärke [3].

Abbildung 3 zeigt, wie die Erhöhung des Systemdrucks die erforderliche Temperatur zur Einleitung der Stärkequellung beeinflussen kann. Die Linien gleichen Effekts neigen sich mit steigendem Druck zu niedrigeren Temperaturen. Dieses Verhalten ist schon vielfältig für die Auffaltung bzw. die Denaturierung von Proteinen beschrieben worden. Dort allerdings kommt es bei niedrigen Temperaturen wieder zu einer Abnahme der für die Umwandlungsreaktion erforderlichen Drücke (= kalte Denaturierung).

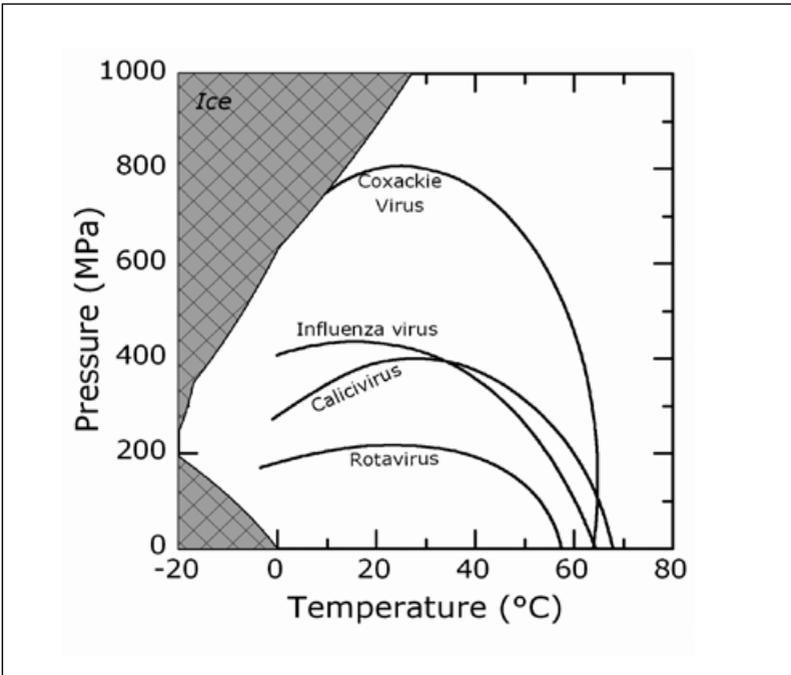


Abb. 4: Druck-Temperatur bedingte Inaktivierung verschiedener Viren – 5 Zehnerpotenzen Reduktion bei 2 Min Behandlungszeit [2].

Interessanterweise findet sich diese Konkavität der Isokinetik-Linien auch bei manchen Bakterien und Viren. Wie aus **Abbildung 4** ersichtlich, ist bereits im Druckbereich unter 400 MPa eine deutliche Inaktivierung sichtbar.

Eine übersichtliche und interaktive Darstellung des Einflusses von Druck und Temperatur auf die Inaktivierung von Mikroorganismen, Viren und Enzymen sowie auf Strukturveränderungen in Lebensmitteln findet sich in der Neptune-p-T Datenbank, die über www.dil-ev.de zugänglich ist.

3. Gepulste elektrische Felder

Gepulste elektrische Felder (PEF) haben die Permeabilisierung der Membran pflanzlicher, tierischer oder mikrobieller Zellen zum Ziel. Je nach Temperaturniveau ist für die Membranpermeabilisierung unterschiedlich viel Energie aufzuwenden. Die Selektivität des Verfahrens kann weiterhin durch die Feldstärke gesteuert werden, woraus sich auch die Grenzgröße der permeabilisierbaren Zellen ergibt.

Weithin bekannt ist, dass in pflanzlichen Geweben mit spezifischen Energieeinträgen von unter 2 kWh/t je nach eingesetzter Trenntechnik eine deutliche Verbesserung der Ausbeute bei Fest-Flüssig-Trennungen, z.B. bei der Apfelsaftherstellung, möglich ist (AiF 179 ZN). In der Matrix Fleisch, die auch als biokapazitives Material mit hoher Zelldichte aufgefasst werden kann, können elektroperorative Effekte für verschiedene prozesstechnische Applikationen ausgenutzt werden [5]. Eine Verbesserung des Stofftransports entlang vorliegender Konzentrationsgradienten kann etwa bei der Kochschinkenherstellung zur Verbesserung der Lakeverteilung und einer Reduktion der Tumblezeit eingesetzt werden. Bei der Herstellung von Rohpökelfleisch ist der Stofftransport von Salz in das Gewebe sowie von Wasser an die Oberfläche geschwindigkeitsbestimmend. Durch eine Vorbehandlung mittels gepulster elektrischer Felder kann eine Beschleunigung der Diffusion und der Abtrocknung erzielt werden. Die Behandlung flüssiger, pumpfähiger Medien, wie Frucht- oder Gemüsemaischen, kann innerhalb von Röhrenreaktoren erfolgen, unzerkleinerte Früchte werden oftmals innerhalb eines Schwemmkanals dem gepulsten elektrischen Feld ausgesetzt. Die kontinuierliche Anwendung des Verfahrens bei Fleischwaren ohne Zugabe von Wasser erfordert die Entwicklung und Anpassung geeigneter Behandlungseinheiten. Diese erfolgt derzeit innerhalb eines vom FEI geförderten IGF-Forschungsvorhabens (AiF 15460 N), eine Prinzipskizze ist in **Abbildung 5** dargestellt.

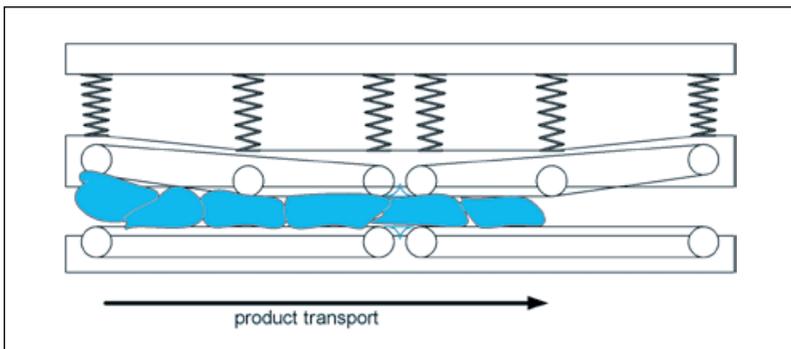


Abb. 5: Prinzipskizze einer Einheit zur kontinuierlichen Behandlung von Fleischwaren mittels PEF.

Die Anwendung gepulster elektrischer Felder erlaubt neben einer Gewebebeeinflussung auch eine Inaktivierung pathogener und produktschädlicher Mikroorganismen mit geringem struktur- und funktionalitätsändernden Effekt auf Proteine. Dies ist bei der Entkeimung proteinreicher Produkte, wie Flüssigei, Emulsionen oder Schlachttierblut, von Interesse. Innerhalb erster Versuche im Vorfeld des IGF-Forschungsvorhabens „Aufarbeitung von Schlachttierblut mit Hilfe gepulster elektrischer Felder (PEF) zur Keimverminderung und nachhaltigem Einsatz für Lebensmittel tierischen Ursprungs“ (AiF 15885 N) konnte nach einer Behandlung bei 30 kV/cm und einem spezifischen Energieeintrag von 100 kJ/kg eine Reduktion der Gesamtkeimzahl von Schweineblut um etwa drei Zehnerpotenzen erreicht werden. Im Vergleich zu einer thermischen Entkeimung tritt keine Gelbildung oder Phasenseparation und nur eine geringe Erhöhung der Viskosität auf.

4. Stosswellen

Die Beeinflussung von Fleisch durch Wechseldrücke hoher Intensität (Ultraschall oder Stosswellen) hat weniger die Membran als Angriffspunkt, sondern die Bindegewebsanteile. Die zartmachende Wirkung schlägt sich bei Rindfleisch in einer deutlich verkürzten Reifezeit nieder, die einerseits unmittelbar aus der mechanischen Beeinflussung, andererseits aus den beschleunigt ablaufenden biochemischen Sekundärreaktionen resultiert. In den USA wurde das Verfahren unter Nutzung von Explosivmaterial zur Stosswellenerzeugung erprobt [4]. Alternativ kann jedoch auch elektrische Energie in Form einer Unterwasserentladung oder explodierenden Drahts zur Erzeugung von Stosswellen eingesetzt werden (**Abbildung 6**). Ein vom FEI gefördertes IGF-Forschungsvorhaben „Anwendung elektrohydraulischer Stosswellen zur Desintegration biologischer Gewebe am Beispiel der Zartmachung von Rindfleisch“ (AiF 15884 N) befindet sich derzeit in der Beantragungphase.

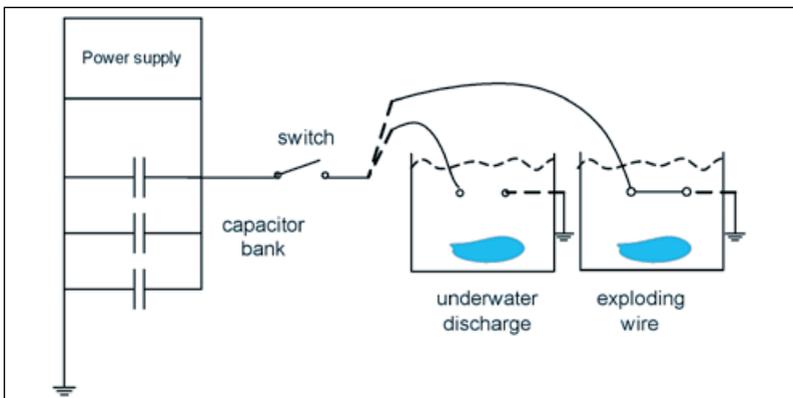


Abb. 6: Erzeugung elektrohydraulischer Stosswellen.

5. Zusammenfassung

Durch die Anwendung nicht-thermischer Verfahren ergeben sich neue Möglichkeiten zur Gestaltung von Strukturen und Funktionalitäten von Stoffsystemen. Wie bei anderen auch sind die eigentlichen Wirkmechanismen meist Überlagerungen physikalischer, (bio-)chemischer und biologischer Prinzipien (**Abbildung 7**).

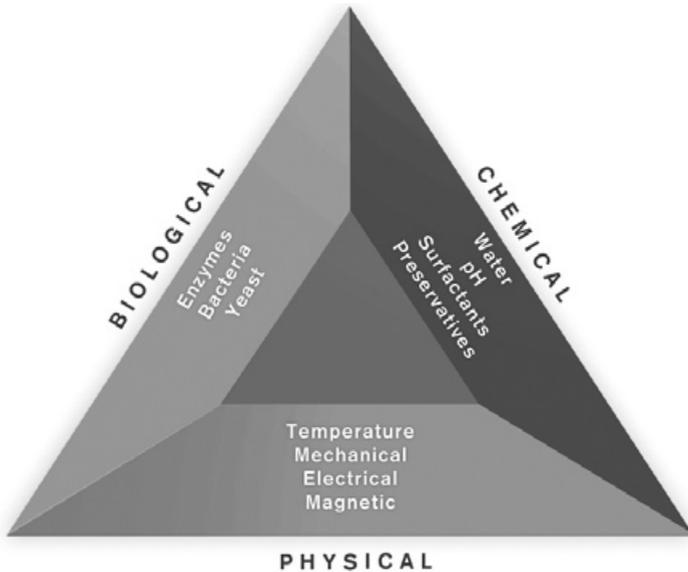


Abb. 7: Grundlegende Prinzipien prozesstechnischer Beeinflussung.

Technisch sind alle vorgestellten Prozesse weit entwickelt. Das heißt, dass für die Anwendung in der Industrie entsprechend skalierbare Apparate und Anlagen zur Verfügung stehen bzw. bereits eingesetzt werden. Die laufenden, vom FEI geförderten Projekte zu nicht-thermischen Verfahren bilden eine wichtige Ergänzung zu den bereits in der Praxis etablierten Verarbeitungsschritten und leisten damit einen Beitrag zur innovativen Neugestaltung von Produktionsprozessen in der deutschen Lebensmittelindustrie.

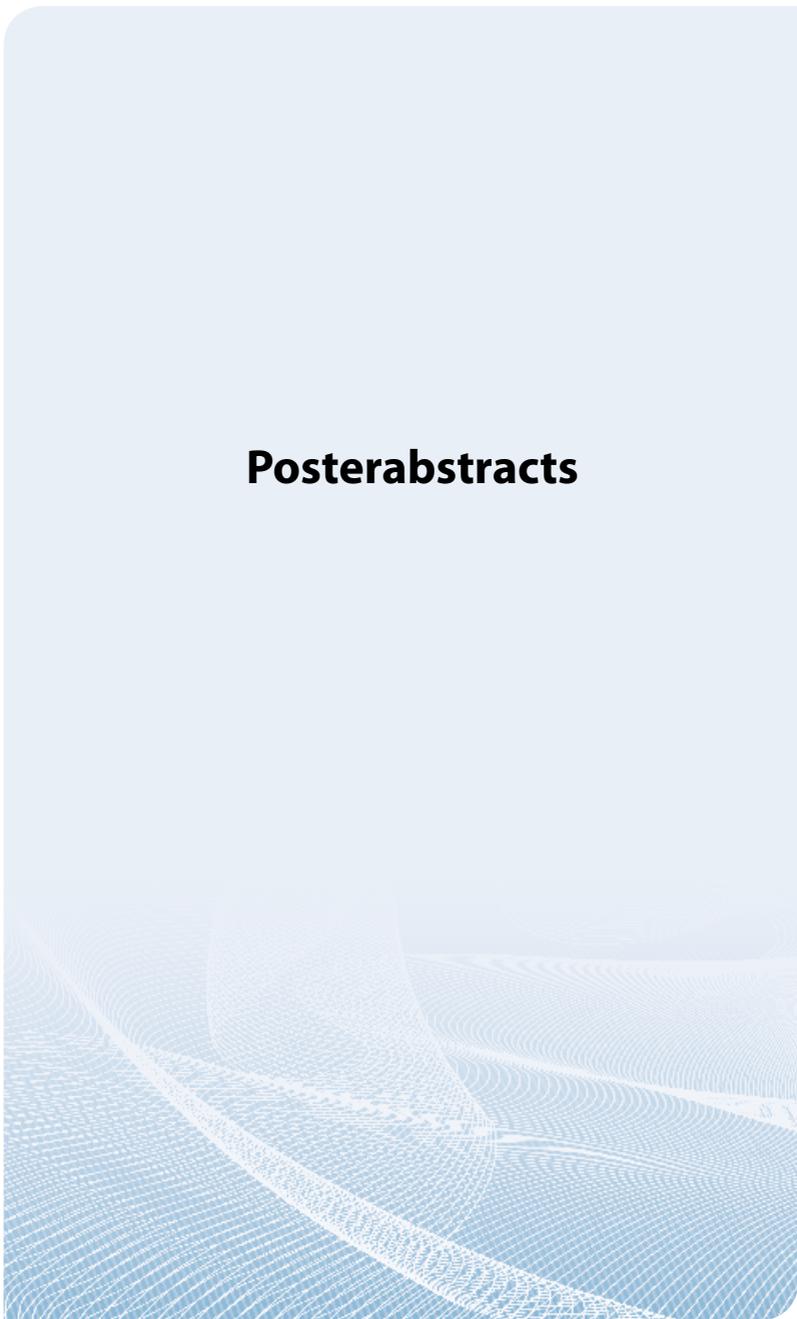
6. Danksagung

Die Forschungsvorhaben (AiF 179 ZN, 15460 N, 15884 N und 15885 N) wurden bzw. werden im „Programm zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)“ vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (via AiF) über den Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI) gefördert.

7. Literatur

- [1] Bruin, S. and T. R. G. Jongen (2003). "Food Process Engineering: The last 25 years and challenges ahead." *Comprehensive Reviews in Food Science and Technology* 2: 42-81.
- [2] Buckow, R. and V. Heinz (2008). "High Pressure Processing - a Database of Kinetic Information." *Chemie Ingenieur Technik* 80 (8): 1091-1095.
- [3] Buckow, R., V. Heinz and D. Knorr (2007). "High pressure phase transition kinetics of maize starch." *Journal of Food Engineering* 81 (2): 469-475.
- [4] Claus, J. R. (2002). "Shock treatment - shockwaves are an effective tool for tenderizing meat." *Meat and Poultry* 48 (12): 61-63.
- [5] Toepfl, S. and V. Heinz (2007). "Application of Pulsed Electric Fields to improve mass transfer in dry cured meat products." *Fleischwirtschaft International* 22 (1): 62-64.

Posterabstracts



Microstructure and melting properties of cheese as influenced by cheese milk processing

Schenkel, P. und Hinrichs, J.

Universität Hohenheim

Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie

Fachgebiet Lebensmittel tierischer Herkunft

Functional properties of cheese play a major role in the application of cheese as a food ingredient. There is a demand for better understanding of the effect of different technologies such as homogenization and microfiltration (MF) on functional properties of cheese. Both technologies alter the manufacturing process as well as the characteristics of the final product due to the changed structure of the cheese matrix. The objective was to investigate the effect of cheese milk processing on microstructure and related functional properties of semi-hard cheese.

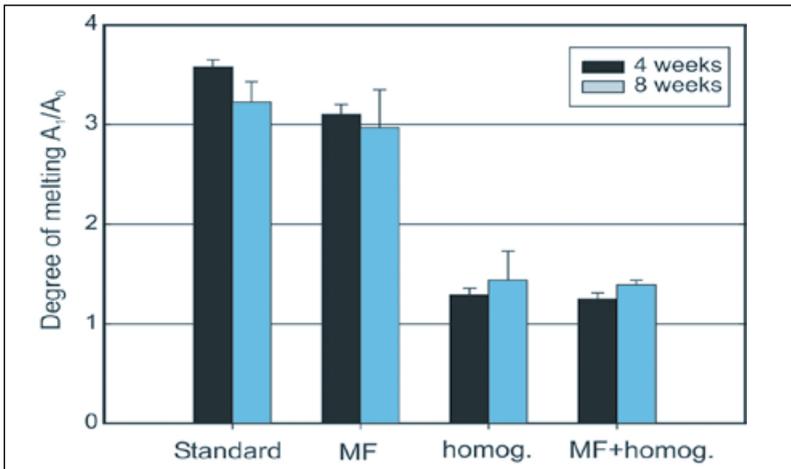


Fig. 1: Meltability of semi-hard cheese made of processed cheese milk after 4 and 8 weeks of ripening.

Milk was pasteurized (74°C/30 s) and standardized to a fat/protein ratio of 0.9. Homogenization was performed at 65°C at a pressure of 20 MPa and for MF concentration up to $i = 1.9$ a ceramic membrane (cut off 0.1 μm) was used. Semi-hard cheeses were produced from 4 batches: untreated cheese milk (Standard), MF concentrated milk ($i = 1.9$), homogenized milk (20 MPa) and MF concentrated and homogenized milk ($i = 1.9$, 20 MPa). The functional properties were assessed after ripening periods of 4 and 8 weeks. Meltability was evaluated using a modified Schreiber test. Cheese browning was measured by means of $L^*a^*b^*$ -values with a Chromameter immediately after the Schreiber test using the molten cheese discs. Proteolysis was characterized by ex-

tracting the water soluble nitrogen (WSN). Free oil formation of heated cheese was measured with a modified fat release test. Microstructure of cheese was analyzed by CLSM.

The meltability was strongly influenced by the applied technologies (**Figure 1**). Thereby the effect of homogenization exceeded the effect of concentration in the reducing effect on flowability which may be due to the altered functionality of the newly formed fat globule membranes during homogenization. Cheese made of homogenized milk showed less oiling off upon heating due to stabilized fat globules. Water soluble nitrogen increased among all batches during ripening. MF concentration retarded the protein breakdown compared to the Standard whereas cheese of solely homogenized milk had similar levels. Browning of heated cheese is a result of a Maillard reaction. Browning, expressed as the brightness of the molten cheese after heating, was highly influenced by homogenization of cheese milk. This effect might be explained by less free water due to higher water binding capacity of the newly formed secondary fat globule membranes during homogenization. These smaller fat globules could be observed in CLSM-graphs forming a denser network of smooth protein strands.

The results demonstrate the effects of homogenization and MF concentration of cheese milk on microstructure of semi-hard cheese and on the related functional properties like melting and oiling off. The research results promise an interesting tool to modulate cheese products aimed for special applications.

Das Forschungsvorhaben (AiF 15584 N) wurde im „Programm zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)“ vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (via AiF) über den Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI) gefördert.

Influence of dairy nano-, micro- and macrostructure on aroma release and perception

Heilig, A. und Hinrichs, J.

Universität Hohenheim

Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie

Fachgebiet Lebensmittel tierischer Herkunft

Aroma components do not only differ in their specific sensorial perception, but also in terms of solubility and reactivity in dairy systems. Dairy systems in turn exhibit different textural properties, depending on the type of processing and the product composition. The aim of project AiF 15158 N, carried out with Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA), is a better understanding of the aroma release and perception in dairy products by investigating the interaction between aroma and dairy components. The obtained results can help to shorten product development cycles by scientifically complementing the still predominant empiric approach to the aromatisation of dairy systems.

The shown results were obtained on dairy systems of pH 6.8 with 4.0 % protein (casein : whey protein-ratio 80 : 20) and 0.0 % fat, which were heated to 65°C for 30 min (whey protein denaturation = 3 %) before aromatisation and acidification to pH 4.3 with glucono-delta-lacton. **Figure 1 A** displays the shares of total protein stabilised by different bonds in the non-acidified (pH 6.8) and acidified (pH 4.3) matrix (SS = disulphide bonds, HY = hydrophobic bonds, CA = calcium bridges, EB = electrostatic bonds). As it is seen, the amount of protein stabilised by HY bonds greatly increases upon acidification.

Concurrently, the partition coefficient $K_{\text{Matrix:Air}}^{40^\circ\text{C}}$, i.e. the retardation of the aroma components ethylhexanoate (ETH), limonen (LIM) and diacetyl (DIA) within the matrix, markedly changes (**Figure 1 B**). $K_{\text{Matrix:Air}}^{40^\circ\text{C}}$ was determined by static headspace measurements using the phase ratio variation (PRV) method. While the hydrophobic aroma components ETH and LIM are retarded more strongly in the acidified, hydrophobic system (pH 4.3), the hydrophilic DIA becomes expelled from this system. These results suggest a process-induced interaction of aroma components and dairy proteins on the level of dairy matrix nanostructure.

The presented analysis of nanostructure is complemented by confocal laser scanning microscopy and oscillative rheology analysis of microstructure, as well as texture profile analysis (TPA) of dairy macrostructure. Retronasal aroma release during consumption (at DFA) is quantified online by breath analysis using Proton Transfer Reaction-Mass Spectrometry (PTR-MS).

Das Forschungsvorhaben (AiF 15158 N) wurde im „Programm zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)“ vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (via AiF) über den Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI) gefördert.

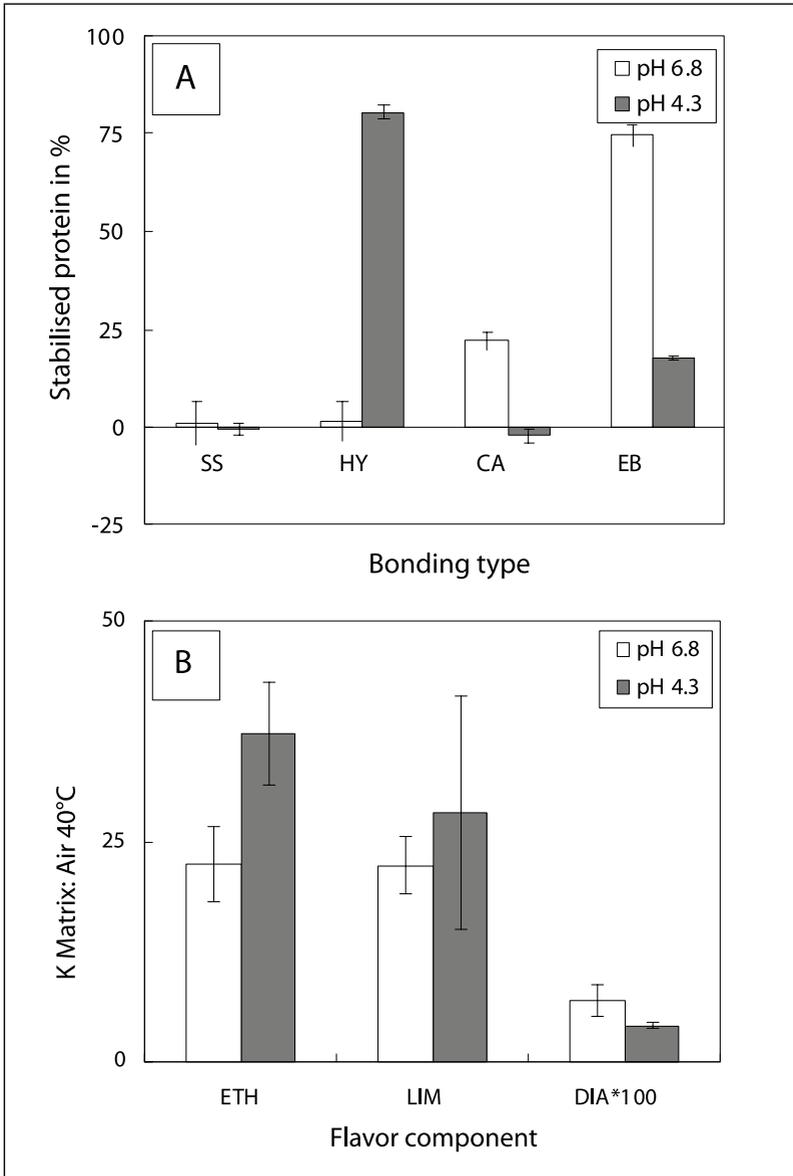


Fig. 1: Meltability of semi-hard cheese made of processed cheese milk after 4 and 8 weeks of ripening.

Recovery of food-grade β -casein from native casein powder

Post, A., Ebert, M. und Hinrichs, J.

Universität Hohenheim

Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie

Fachgebiet Lebensmittel tierischer Herkunft

β -casein (β -CN) is a 209-amino acid protein that is part of the heat-stable, acid-precipitable casein fraction consisting of α_{s1} -, α_{s2} -, β - (+ γ -) and κ -casein in the approximate proportions of 4:1:4:1 in bovine milk. Especially β -CNs can be used in a broad range of food applications due to its relatively low molecular mass, moderate charge, lack of internal covalent crosslinks such as disulphide bonds and flexible structure, which makes it an excellent surface-active agent and polymer stabilizer. Besides, β -CN is highly qualified as raw material for generating several kinds of bioactive peptides.

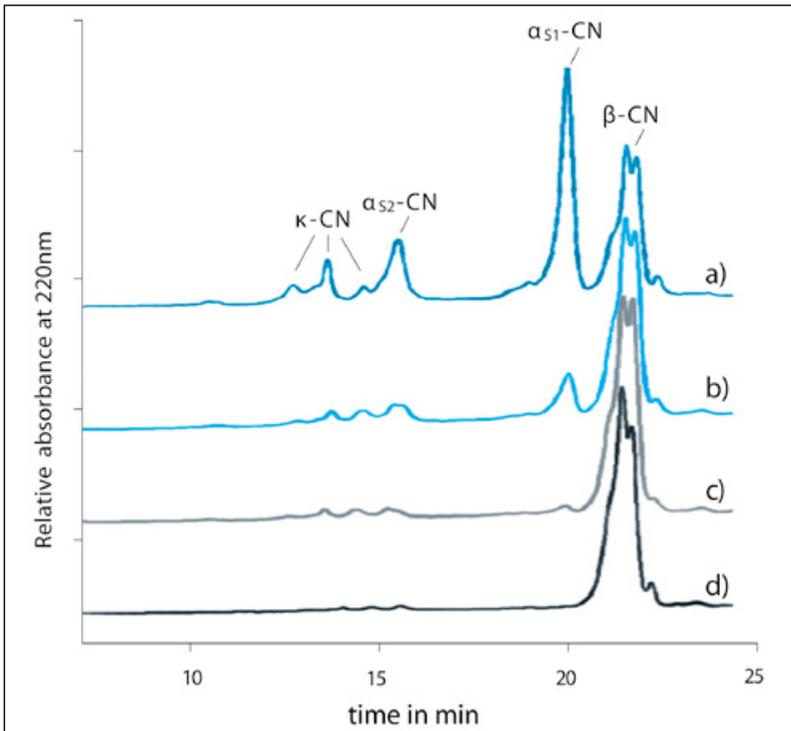


Fig. 1: High performance liquid chromatographic profiles of micellar casein powder (a), β -CN of 95 % purity (d) obtained by lab-scale fractionation and of 77 % (b) and 90 % purity (c) by pilot-scale isolation from micellar casein powder.

Meeting the demand for purified β -CN, this study investigates the isolation of food-grade β -casein from micellar casein on a larger scale by fractionated precipitation in a combined microfiltration and separation process. Micellar casein powder was produced from skim milk by a combination of microfiltration and diafiltration (pore size 0.1 μm) on pilot scale and spray-dried. The powder was dissolved in water to a protein content of 27 g/L at 30°C. The solution was alkalized (pH 11) with sodium hydroxide and the calcium sensitive α _s- and β -caseins were precipitated with 50 mmol/l CaCl_2 . The pH was readjusted to pH 7 and the precipitate was separated by filtration (pore size 80 μm). The precipitate was re-suspended, cooled to 2°C and α _s-casein was selectively precipitated at pH 4.6 with hydrochloric acid. After stirring 120 min, the supernatant, highly enriched with β -casein, was collected by separation, warmed to 35°C. Then it was precipitated at pH 4.6, subjected to microfiltration (pore size 0.3 μm) and freeze-dried. The purity of the fractions was examined using high performance liquid chromatography on a reversed phase analytical column PLRP-S (150 x 4.6 mm) of 300 Å pore diameter and 8 μm particle size (Varian, Inc., Palo Alto, CA, USA). The linear gradient (solvent A containing 1 % (v/v) ACN and 0.1 % TFA in deionized water and solvent B consisting of 1 % (v/v) deionized water and 0.1 % TFA in ACN) started from 28 to 46 % solvent B for 24 min at a flow rate of 0.75 ml/min. The absorbance was recorded at 220 nm and the column temperature maintained at 45°C.

The distribution of the individual caseins in skim milk was not affected by the powder production process. In contrast to other chemical or thermal separation processes no modification of the caseins occurs, the functional characteristics of the protein remain unchanged and it can be considered as native. The selective fractionation of micellar casein powder leads to a highly enriched β -casein of 95 % purity (proportion of β -CN over total CN) on lab-scale. Yield was 15 % (β -CN concentration divided by the β -CN content of the micellar casein powder). Transferring the optimized extraction method from lab-scale to pilot scale, a comparable yield (14 %) and purity (90 %) of the produced food-grade β -casein could be obtained. The β -casein yield could be increased to 24 %, accepting a purity of 77 %.

In conclusion, gram quantities were already obtained by a combined membrane filtration and separation process. However, further investigations are needed to optimize recovery of β -casein without diminishing purity. Besides, other casein sources are to be screened for their suitability as raw material.

Das Forschungsvorhaben (AiF 15158 N) wurde im „Programm zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)“ vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (via AiF) über den Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI) gefördert.

On the Simulation and Evaluation of a Two-Phase Cartilage Cell Bioreactor

Hussein, M. A. und Becker, T.

Universität Hohenheim

Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie

Fachgebiet Prozessanalytik und Getreidetechnologie

Artificially grown cartilage cells have become of extensive need as more and more people develop problems with their knees. Recently designed flow bioreactors for artificially grown cartilage are numerically investigated. Three designs were proposed and considered. The first design consists of a single flow reactor with an oxygen enriched water inlet. The second design consists of a two phase flow field consisting of the nutrition phase and the oxygen phase. The third design is the same as the first but utilizes a porous plug to sustain better flow conditions. The flow field is modeled using the Lattice Boltzmann Method which was further developed to model the species transport of oxygen as well as the cell activity by means of Michaelis-Menten kinetics. The multiphase lattice Boltzmann method is incorporated in case of the second bioreactor which is a two phase flow problem. The oxygen diffusion levels are compared with the experimental results in the reactors. Transport efficiencies are studied; shear stress and pressure distributions are calculated in all three designs with comparison to published human cartilage load measurements. Recommendations are made for further designs based upon current investigations.

Keywords: Lattice Boltzmann Method; Oxygen Concentration; Cartilage Bioreactor; Chemical Kinetics.

Amaranthsauerteige – Nutzen und Potenzial Untersuchungen zur Verwendung ausgewählter Lactobazillen in Amaranthsauerteigen

Jekle, M., Houben, J. A., Mitzscherling, M. und Becker, T.
Universität Hohenheim
Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie
Fachgebiet Prozessanalytik und Getreidetechnologie

Die Verwendung des Pseudocereals Amaranth bei der Backwarenherstellung bringt aufgrund der besonderen ernährungsphysiologischen Zusammensetzung klaren Nutzen für den Verbraucher. Daneben profitieren Zöliakiekranke beim Verzehr von seiner Glutenfreiheit, die jedoch technologisch den Nachteil mit sich bringt, dass Teige aus Amaranth aufgrund des fehlenden Klebergerüsts wenig zur Herstellung von Backwaren mit gasglockerter Krume geeignet sind.

Um dennoch einen backfähigen Teig zu erhalten, bietet sich die bei glutenhaltigen Backwaren erfolgreich zur Verbesserung der Brotqualität eingesetzte Methode der Versäuerung an. Dabei stellt sich die Frage, ob Amaranth zur Fermentation geeignet ist bzw. welche Mikroorganismen in der Lage sind, dazu beizutragen. Im Rahmen des hier vorgestellten Projektes werden die in Vorversuchen als zur Versäuerung von Amaranth geeignet identifizierten Milchsäurebakterien *L. plantarum* und *L. paralimentarius* auf das Säuerungsverhalten und das daraus entstehende Potential auf rheologische Parameter untersucht. Die Sauerteige wurden aus Amaranthvollkornmehl mit einer TA von 200 bei 30 °C fermentiert. Dem ersten Ansatz wurden 10⁷ Lactobazillen pro g Teig zugegeben. Alle 24 h wurde der Sauerteig mit 10 % der vorherigen Führungsstufe propagiert. *L. plantarum* wie auch *L. paralimentarius* zeigen dabei eine starke Versäuerung auf dem Medium Amaranthvollkornmehl über die Zeit. Nach 24 h werden bei Fermentationen beider Kulturen pH-Werte von 3,7 und Säuregrade von 25 °S erreicht. Im Vergleich weist *L. paralimentarius* ein höheres Versäuerungspotenzial als *L. plantarum* auf. Für die rheologischen Untersuchungen wurde bei unfermentierten Amaranthvollkornteigen mit einer zuvor bestimmten Teigfestigkeit von 500 FE bei einem konstantem Trockenmasse-Wasser-Verhältnis in 10 % Schritten Amaranthteig durch reifen Amaranthsauerteig (24 h fermentiert) ersetzt. Die Teigproben wurden im Rheometer einem 10minütigen Kriech-Erholungsversuch (5 min konstante Belastung, 5 min Erholungsphase) bei 30 °C unterzogen. Die dabei erhaltenen Daten verdeutlichen einen Verlust an Festigkeit beim Einsatz beider Starterkulturen. Es kommt zum Abbau von strukturgebenden Inhaltsstoffen. Dieser Vorgang ist bei der Fermentation mit *L. plantarum* ausgeprägter als bei der Fermentation mit *L. paralimentarius*. Beide Fermentationen führen zu einer Verringerung des elastischen Anteils der Teigproben vom Ausgangswert 65 % beim unfermentierten Amaranthteig zu 55 % bei 50%iger *L.-paralimentarius*-Zugabe bzw. zu 54 % bei 50%iger *L.-plantarum*-Zugabe. Somit wurde deutlich, dass durch die Verwendung beider Sauerteigstarterkulturen eine gezielte Beeinflussung des rheologischen Verhaltens möglich ist.

Keywords: Amaranth, Sauerteig, *L. plantarum*, *L. paralimentarius*, Teig rheologie

Das Forschungsvorhaben (AiF 15158 N) wurde im „Programm zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)“ vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (via AiF) über den Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI) gefördert.

Design Considerations of a Porous Plug Cartilage Bioreactor Using Lattice Boltzmann Method

Moaty, A. A., Hussein, M. A. und Becker, T.

Universität Hohenheim

Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie

Fachgebiet Prozessanalytik und Getreidetechnologie

The development of tissue engineered cartilage is rising as a potential treatment for the repair of cartilage defects. The human natural knee cartilage cells live in an environment heavily influenced by mechanical forces. Therefore, when designing a bioreactor it is aimed to simulate the real environment conditions at which the cartilaginous tissue lived in. These conditions can be summarized as nutrition and mechanical loads and it should be offered by the bioreactor design.

Many bioreactors designs was previously numerically simulated and showed that it provides insufficient mechanical loads upon the grown cells. In this reactor design a porous plug was added in order to increase the mechanical loads upon the cells to reach its real values inside the human knee.

The flow field inside the reactor was numerically simulated using the lattice Boltzmann method (LBM). The load distribution upon the cells were estimated and compared with some previously published experimental and numerical results. The performance of the oxygen transport, diffusion and overall cell activity were reported and compared in order to evaluate the design quality.

Keywords: Lattice Boltzmann method; Species transport; Chemical Kinetics; Cartilage Bioreactor; Michaels-Menten kinetics.

Herstellung von blutdrucksenkenden Milchproteinhydrolysaten durch natürliche Milchsäurebakterien

Stressler, T., Eisele, T., Manns, A., Kranz, B. und Fischer, L.

Universität Hohenheim

Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie, Fachgebiet Biotechnologie

Eine zentrale Rolle bei der Regulation des menschlichen Blutdrucks hat das Angiotensin-Konversions-Enzym (ACE, [EC 3.4.15.1]). Da etwa 50 % der deutschen Bevölkerung an Hypertonie (Bluthochdruck) leiden [1], sind bioaktive Peptide mit ACE-inhibierender Wirkung ein interessanter Forschungsschwerpunkt und Lebensmittel, die eine antihypertensive Wirkung aufweisen, finden einen potenziellen Markt vor. ACE-Inhibitoren bewirken durch Hemmung des ACEs eine Blutdrucksenkung und werden daher bei der Behandlung von Hypertonie verwendet [2]. Eine Reduktion des systolischen Blutdrucks um 10 mmHg senkt das Schlaganfallrisiko um 40–50 % [1]. ACE-inhibierende Peptide können, wie verschiedene Studien zeigen, bei der Fermentation von Milch durch Milchsäurebakterien entstehen [3, 4]. Beispielsweise wird durch die regelmäßige Einnahme von Evolus®-Milch (Valio Ltd., Finnland) eine Blutdrucksenkung um 10 mmHg erreicht.

Das Ziel dieses Projekts ist die hydrolytische Herstellung von ACE-inhibierenden Peptiden aus Milchproteinen, wie z.B. β -Casein. Hierzu wird für die Hydrolyse ein partiell aufgereinigtes proteolytisches Enzymsystem von natürlich vorkommenden Milchsäurebakterien (z.B. *Lactobacillus helveticus*) eingesetzt. Durch Zusatz der freigesetzten funktionellen Peptide zu Lebensmitteln können diesen funktionelle Eigenschaften verliehen werden.

Aus dem zellfreien Rohextrakt des *Lactobacillus helveticus* ATCC 15009 konnten proteolytische Enzyme mittels Größenausschlusschromatographie partiell aufgereinigt und durch native PAGE näher charakterisiert werden. Bei der β -Caseinhydrolyse wurden antihypertensiv wirkende Peptide nachgewiesen. Hierbei handelte es sich um die Tripeptide IPP und VPP, sowie die Dipeptide YP und FP, welche mittels Mikro-LC-ESI-MS/MS identifiziert wurden.

Literatur

- [1] Ringelstein, E. B. und Knecht, S. 2006. Deutsches Ärzteblatt. Heft 27: 1906-1912.
- [2] Estler, C.-J. und Schmidt, H. 2007. Pharmakologie und Toxikologie, 6. Auflage, Schattauer, Stuttgart.
- [3] Yamamoto, N., Akino, A. und Takano, T. 1994. Biosci., Biotechnol., Biochem. 58 (4): 776-778.
- [4] Seppo, L., Keröjoki, O., Suomalainen, T. und Korpela, R. 2002. Milchwissenschaft, 57 (3): 124-127.

Kontinuierliche enzymatische Herstellung von Lactulose aus Lactose mit immobilisiertem CelB

Jaindl, K., Schuster-Wolff-Bühning, R., Kranz, B., Lutz-Wahl, S., Hinrichs, J. und Fischer, L.
Universität Hohenheim
Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie

Das Disaccharid Lactulose (4-O- β -D-galactopyranosyl-D-fructose) wird wegen seiner präbiotischen Wirkung bereits heute Lebensmitteln, wie Säuglingsnahrung (Japan) oder Joghurt (Japan), zugesetzt. Die industrielle Lactulose-Produktion erfolgt zurzeit ausschließlich über die chemisch-thermische Isomerisierung von Lactose [1]. Ein neues Herstellungsverfahren ist die enzymatische Transgalactosylierung mit Lactose und Fructose zu Lactulose [2]. Die β -Glycosidase aus *Pyrococcus furiosus* (CelB) (EC 3.2.1.21) zeigte bereits im Batch-Prozess ein hohes Potential für die Synthese von Lactulose in biochemischer Lösung [3].

Das Ziel dieses Projektes ist die Entwicklung eines kontinuierlichen Verfahrens zur Lactuloseherstellung in einer Lebensmittelmatrix. Hierfür wurde CelB kovalent auf einen oxyranfunktionalisierten Träger immobilisiert. Die Kopplungsausbeute betrug 44 %. Das Immobilisat zeigte eine höhere Affinität für Lactose bzw. Lactulose als das freie CelB.

Die kontinuierliche Umsetzung von Lactose und Fructose zu Lactulose erfolgte mit dem immobilisierten CelB in einem Fluidized Bed Reaktor. Mit diesem Reaktortyp ist ein Konzentrationsgradient der Edukte/Produkte im Reaktor vorliegend und die Produktinhibierung des Biokatalysators wird bei gleicher Verweilzeit scheinbar reduziert. Die Lactulosesynthese erfolgte in einer proteinarmen Molkelösung unter Zugabe von Fructose. Die Lactuloseausbeute betrug 21%, der Lactosegehalt reduzierte sich um 74 %.

Literatur

- [1] Zokaee, F. et al. (2002), *Process Biochem.* 37, 629-635.
- [2] Mayer, J. (2006), Dissertation, Universität Hohenheim.
- [3] Mayer, J. et al. (2004), *J. Agric. Food Chem.* 52, 6983-6990.

Dieses Vorhaben (AiF 14787 N) wird im „Programm zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)“ vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (via AiF) über den Forschungsbereich der Ernährungsindustrie e.V. (FEI) gefördert.

Enzymatische Hydrolyse von Milchproteinen

Schopp, S., Lutz-Wahl, S. und Fischer, L.

Universität Hohenheim

Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie, Fachgebiet Biotechnologie

In lebenden Organismen wirken endogene Peptide oft als Hormone und Neurotransmitter. Durch Peptid-Rezeptor-Wechselbeziehungen und Signalkaskaden wirken sie u.a. auf die Regulierung von Metabolismen, Einstellung des Blutdrucks und die Beeinflussung des Körperwachstums.

In den letzten Jahrzehnten wurde festgestellt, dass bioaktive Peptide auch aus Lebensmittelproteinen entstehen können. Diverse Lebensmittelproteine mit Sequenzbereichen, die verschiedenen bioaktiven Peptiden zugeordnet werden können, wurden bereits aufgezeigt.

Proteine aus Milch und Proteine aus fermentierten Milcherzeugnissen sind besonders geeignete Vorstufen für bioaktive Peptide und wurden umfangreich untersucht. Funktionelle Peptide können durch Hydrolyse der entsprechenden Proteine mit Proteasen hergestellt werden. Diese bioaktiven Peptide zeigen unterschiedliche Eigenschaften, wie ACE-hemmende, opiumähnliche, antithrombotische, cholesterinsenkende, antioxidative oder antibakterielle Wirkungen [1].

Für die Entwicklung von Peptid-Aufreinigungsmethoden für die Herstellung einer größeren Menge eines Peptids wurde die Hydrolyse von Casein mit einem technischen Protease-Präparat durchgeführt. Hierfür wurde ein Caseinpulver, welches alle Caseinfraktionen beinhaltet, für 47 h hydrolysiert. Nach Abtrennung der Peptide von nicht umgesetzten Casein und Enzym wurde das Hydrolysat mittels HPLC analysiert. Aus dem HPLC-Chromatogramm wurden 8 Peaks bzw. die jeweiligen Peptide zur Isolierung ausgewählt. Diese konnten über Ionenaustauschchromatographie aufgereinigt werden. Die isolierten Peptide wurden über MS/MS analysiert.

Literatur

- [1] Meisel, H. and Schlimme, E. (1996) *Milchw. Forsch.* **48**: 343-357.

Das Forschungsvorhaben (AiF 14787 N) wurde im „Programm zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)“ vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (via AiF) über den Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI) gefördert.

Involvement of oxidative injury in the enhancement of the anti-tumour effects of ALA-based photodynamic therapy by hyperthermia

Frank, J.¹, Kelleher, D.², Lambert, C.¹, Thews, O.², Vaupel, P.² und Biesalski, H. K.¹

¹Universität Hohenheim, Institut für Biologische Chemie und Ernährungswissenschaft

²Universität Mainz, Institut für Physiologie und Pathophysiologie

Oxidative stress-related changes in tumours upon localized hyperthermia (HT), 5-aminolevulinic acid-based photodynamic therapy (ALA-PDT) and their combination were examined following the observation that anti tumour effects of ALA-PDT were significantly enhanced upon simultaneous application of HT. In comparison to HT alone, an increase in the number of cells undergoing apoptosis was seen with ALA-PDT and ALA-PDT + HT (TUNEL assay, DNA fragmentation). Increased caspase-3 and -8 activities were found after HT, ALA-PDT, or ALA-PDT + HT. Immunohistological detection of protein nitration was used to localize reactive nitrogen-related damage. Increased peroxynitrite formation was most prominent after ALA-PDT + HT. Expression of the stress protein heme-oxygenase (HO-1) decreased immediately after HT, ALA-PDT, or ALA-PDT + HT. The highest downregulation of HO-1 protein expression was found in tumours treated with ALA-PDT + HT. Furthermore, the activity of the matrix metalloproteinase MMP-9 decreased 18 h after treatment solely in the ALA-PDT and ALA-PDT + HT groups. MMPs were examined since they are capable of degrading components of the extracellular matrix and have been associated with tumour invasion and progression.

Status of fat soluble vitamins in patients with short bowel syndrome

Immel, L.¹, Biesalski, H. K.¹, Back, E.¹ und Gregor, M.²

¹Universität Hohenheim, Institut für Biologische Chemie und Ernährungswissenschaft

²Universitätsklinikum Tübingen, Innere Medizin, Gastroenterologie, Hepatologie, Infektiologie

Short bowel syndrome (SBS) is a rare disease often resulting in fat maldigestion and deficiency of fat soluble vitamins due to reduced absorptive surface, loss of bile acids caused by ileum resections and bacterial overgrowth. We have a vitamin supplement at our disposal that contains several fat soluble vitamins as pH-stable micelles, so-called solubilisates (AQUANOVA®) that do not require the normal course of fat digestion, thus they can be absorbed immediately and independently from bile acids.

In a monocentric controlled randomized double blind pilot study we investigated:

1. the status of fat soluble vitamins in SBS patients in relation to their remaining small bowel length and 2. whether solubilized fat soluble vitamins (verum) or common fat soluble vitamins (positive control) can improve the plasma vitamin concentrations for retinol, alpha-tocopherol and beta-carotene in short bowel patients in a period of 4 weeks. All patients received a daily dose of 1.000 mg retinol equivalents, 100 mg tocopherol equivalents and 1,6 mg beta-carotene.

18 short bowel patients with a median small bowel length of 190 cm (100-400 cm) were recruited by the University hospital of Tuebingen (F/ M = 9/ 9), 16 completed the trial. Plasma and tissue (buccal mucosa cells, BMC) concentrations of retinol, alpha-tocopherol and beta-carotene were analyzed using a HPLC-method established at the institute.

Patients with less than 200 cm remaining small bowel exhibited lower vitamin concentrations in plasma and tissue compared to patients with longer small bowel. We observed increases in plasma and tissue concentrations of the applied vitamins in both intervention groups. The median increase of alpha-tocopherol in plasma was significantly higher in the verum group compared to the positive control group ($p=0.02$). The median increases of beta-carotene and retinol in plasma were also higher in the verum than in the positive control group, but not significantly. In BMC similar trends were analyzed except for retinol concentrations, which were slightly decreasing in both intervention groups.

The effect of supplementation with micellized fat soluble vitamins in SBS patients was superior to conventional fat soluble vitamins, although both forms were capable of increasing the plasma and tissue concentrations. This proves that the remaining resorptive surface of SBS patients has the ability to absorb fat soluble vitamins but this ability depends on the remaining bowel length. The application of micellized vitamins in nutritional therapy of SBS patients seems to be very promising.

Ascorbic acid treatment leads to a decrease in NO levels in UV-irradiated human microvascular endothelial cells (HMEC-1)

Rodemeister, S., Wurster, J., Schilling, D. und Nohr, D.
Universität Hohenheim
Institut für Biologische Chemie und Ernährungswissenschaft

In several cell types UV light induces the synthesis of inducible nitric oxide synthase (iNOS) by activating a couple of transcription factors, first of all AP-1 and NF- κ B. In the presence of molecular oxygen and other cofactors, iNOS converts the proteinogenic amino acid L-arginine to L-citrulline. A further product of this reaction is the free radical nitric oxide (NO), which reacts with reactive oxygen species (ROS) to yield reactive nitrogen species (RNS). RNS trigger nitrosative damage on proteins, lipids and even DNA and thus can lead to cellular dysfunction and death. Ascorbic acid (AA), as the main water-soluble antioxidant vitamin can limit the formation of ROS. Thus, also a subsequent reduced creation of RNS and a decrease of ROS-iNOS-mediated NO production should be the consequence. Furthermore the NO concentration should be reduced by a direct interaction of the free radical NO with AA as a scavenger.

Human microvascular endothelial cells (HMEC-1) were used as a model system for simulating UV-induced oxidative stress, e.g. like sunburn in the skin. Cells were supplemented with AA in two concentrations (50 and 100 μ M) and subsequently irradiated with UV-A (25 J/cm²) to investigate if this preventive supplementation can attenuate the increased NO expression in only UV-irradiated cells. NO concentration was visualized using the fluorescent probe DAF-2 DA on a life cell imaging system with monochromator and specific filter sets. Quantification was done using TILL-Vision software.

While NO concentrations – as expected – increased in UV-irradiated cells, the preventive supplementation with AA dose-dependently attenuated this increase. In addition, AA supplementation without subsequent irradiation led to decreased NO levels in the cells, indicating a direct interaction independent from ROS.

In conclusion, an adequate supply of ascorbic acid seems to protect endothelial cells against oxidative and nitrosative stress and its consequences at least in vitro. Maybe, the known effects of high-dosis AA infusion in burn patients to reduce water loss can be explained by comparable pathways.

Verbesserte Eigelbfunktionalität durch Phospholipid-Modifikation mit Phospholipasen A₂ und D

Buxmann, W., Franke, K. und Bindrich, U.

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik e.V. (DIL), Quakenbrück

Einleitung

Phospholipide bzw. phospholipidreiche Lebensmittel werden aufgrund ihrer Grenzflächenaktivität in der Lebensmittelindustrie häufig eingesetzt. So ist Eigelb mit einem Phospholipidgehalt von ca. 10 % ein wichtiger natürlicher Emulgator. Typische Lebensmittelemlusionen, die Eigelb enthalten, sind Sauce Hollandaise oder Mayonnaise. Erhitzt man allerdings eine eigelbstabilisierte Emulsion auf über 80 °C, so bricht diese, was eine industrielle Haltbarmachung, z.B. mittels UHT, unmöglich macht. Eine Möglichkeit zur gezielten Einstellung der technologischen Eigenschaften von Eigelb bezüglich Hitzestabilität ist die Behandlung mit Phospholipase vom Typ A₂ (PLA₂). Diese führt zur Abspaltung der Fettsäure an der sn-2-Position des Glyceringerüsts des Phospholipidmoleküls, so dass die entsprechenden Lysophospholipide erhalten werden, die veränderte Wechselwirkungen mit den Lipoproteinen des Eigelbs aufweisen. Eine enzymatische Modifizierung der Phospholipide ist aber auch durch die Phospholipase D (PLD) erreichbar [1]. Dieses Enzym katalysiert die Hydrolyse der Phosphodiester-Bindung, wobei die sogenannte Kopfgruppe, z.B. das Cholin bei Phosphatidylcholin, abgespalten wird. Es entsteht die Phosphatidsäure (PA) mit gegenüber den Ausgangsphospholipiden veränderten Eigenschaften. Bisher eingesetzt wird diese Modifizierung nur für die gezielte Veränderung der Kopfgruppe, vorwiegend unter medizinischen Gesichtspunkten [2].

Das Ziel dieser Studie bestand in der vergleichenden Charakterisierung sowohl der Hydrolysevorgänge während der Behandlung des Eigelbs mit den Phospholipasen A₂ und D als auch der Auswirkungen auf dessen Emulgiereigenschaften.

Ergebnisse

Hydrolyseverlauf

Die Charakterisierung des Hydrolyseverlaufs ermöglicht es, den jeweiligen Hydrolysegrad des Eigelbs in Abhängigkeit von Zeit, Temperatur und Enzymdosierung exakt zu definieren, so dass auf diese Weise die entsprechenden Prozesse besser kontrolliert werden können.

Zunächst konnte nachgewiesen werden, dass während der Behandlung des Eigelbs mit PLA₂ sowohl Phosphatidylcholin (PC) als auch Phosphatidylethanolamin (PE) relativ schnell zu den Lyso-Verbindungen (LPC und LPE) abgebaut werden. Bereits nach 4 h wird ein Hydrolysegrad von etwa 90 % erreicht (**Abbildung 1**). Die Umwandlung von PC und PE mittels PLD konnte anhand der Abnahme dieser Verbindungen im Eigelb gezeigt werden (**Abbildung 2**). Nach 4 h sind nur noch ca. 50 % der ursprünglichen Menge vorhanden. Ein Hydrolysegrad von 85 % wurde nach 8 h erreicht. Parallel zur Abnahme der Gehalte an PC und PE steigt die Konzentration an PA an. Allerdings war

der messbare Gehalt dieser Substanz unterhalb dessen, was sich allein aus dem Abbau von Phosphatidylcholin ergeben sollte. Eine Erklärung dafür könnte die Bildung anderer Phospholipide durch die Transferaseaktivität dieser Phospholipase sein.

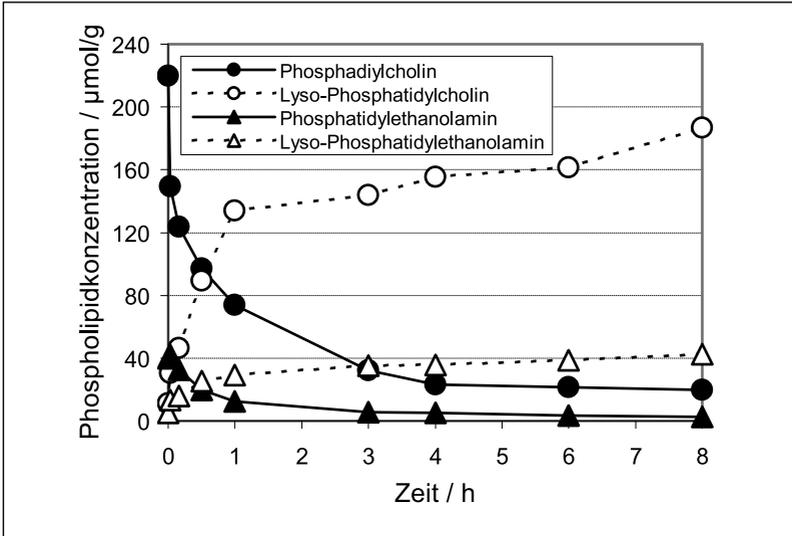


Abb.: 1. Gehalte an Phospholipiden in Eigelb bei Behandlung mit PLA₂.

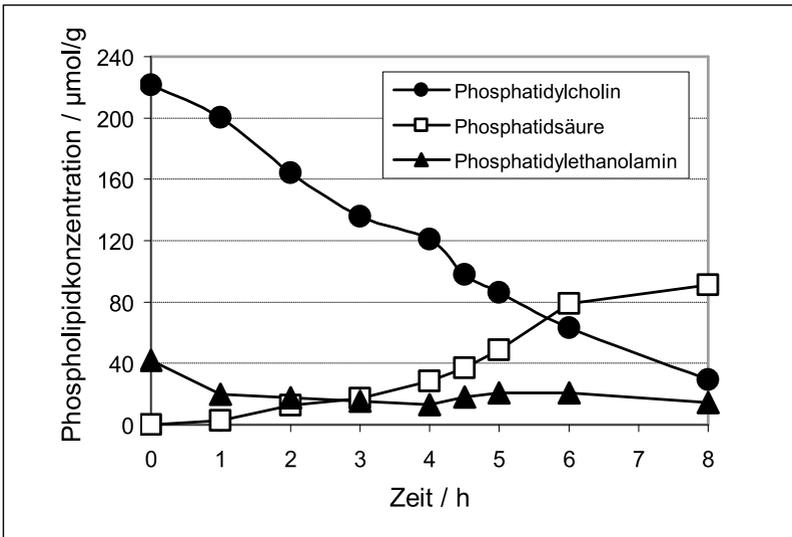


Abb. 2: Gehalte an Phospholipiden in Eigelb bei Behandlung mit PLD.

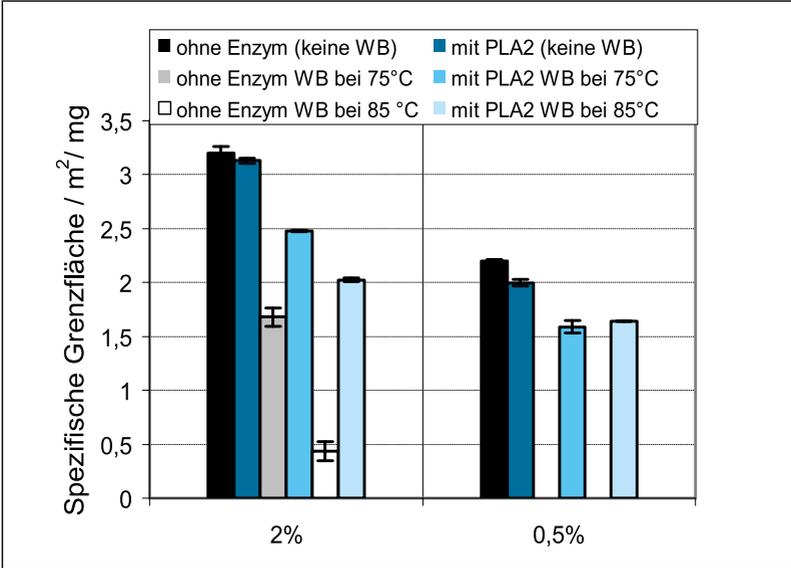


Abb.: 3. Spezifische Grenzfläche in Abhängigkeit von Eigelbgehalt in der Emulsion mit/ohne PLA₂-Behandlung und mit/ohne Wärmebehandlung (WB).

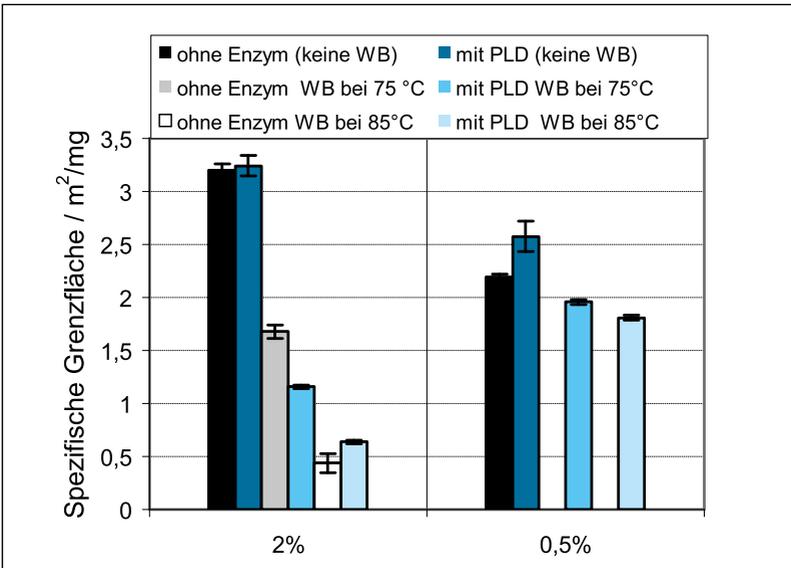


Abb. 4.: Spezifische Grenzfläche in Abhängigkeit von Eigelbgehalt in der Emulsion mit/ohne PLD-Behandlung und mit/ohne Wärmebehandlung (WB).

Emulgierereigenschaften

Durch die Behandlung des Eigelbs sowohl mit PLA₂ als auch mit PLD wird die Hit-zestabilität der daraus hergestellten O/W-Emulsionen deutlich erhöht (**Abbildung 3 und 4**). Das zeigt sich in der besseren Erhaltung der Öltropfengröße, die anhand der spezifischen Grenzfläche charakterisiert wird, nach der Wärmebehandlung bei 75 bzw. 85 °C. Dabei bedeutet eine große spezifische Grenzfläche eine geringe Tropfen-größe und umgekehrt.

Bei Emulsionen hergestellt mit nicht modifiziertem Eigelb und einer geringen Zusatzmenge von 0,5 % Protein in der wässrigen Phase kommt es bereits bei 75 °C zur Zerstörung der Struktur, so dass entsprechend keine spezifische Grenzfläche mehr messbar ist.

Besonders interessant ist, dass das mit PLD behandelte Eigelb in Emulsionen mit nied-rigerem Proteingehalt eine deutlich höhere Emulgieraktivität gegenüber dem Einsatz eines unbehandelten Eigelbs aufwies. Diese verbesserte Emulgieraktivität zeigt sich in der größeren spezifischen Grenzfläche bzw. kleineren Tropfen bei gleichen Her-stellungsbedingungen der Emulsion. Eine solche Verbesserung war bei den mit der Phospholipase A₂ behandelten Eigelbprodukten nicht nachweisbar.

Literatur

- [1] De Maria, L.; Vind, J.; Oxenboll, K.M.; Svendsen, A.; Patkar, S. (2007) Phospholipa-ses and their industrial applications, *Applied Microbiology and Biotechnology* 74 (2) 290-300.
- [2] Dippe, M.; Mrestani-Klaus, C.; Schierhorn, A.; Ulbrich-Hofmann, R. (2008) Phos-pholipase D-catalyzed synthesis of new phospholipids with polar head groups, *Chemistry and Physics of Lipids* 152 (2) 71-77.

Das Forschungsvorhaben (AiF 14633 N) wurde im „Programm zur Förderung der Industriellen Gemein-schaftsforschung (IGF)“ vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (via AiF) über den Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI) gefördert.

Einsatz gepulster elektrischer Felder zur Verbesserung von Massentransportprozessen innerhalb fester biologischer Produkte am Beispiel der Behandlung von Rohpökelfwaren

Töpfl, S., Schmidt, B. und Heinz, V.

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik e.V. (DIL), Quakenbrück

Einführung

Bei der Herstellung von Lebensmitteln stellen Massentransportprozesse oft einen geschwindigkeitsbestimmenden Schritt dar. Zur Verbesserung der Gewinnung intrazellulärer Inhaltsstoffe und der Trocknung pflanzlicher und tierischer Produkte werden vielfach mechanische, enzymatische oder thermische Verfahren eingesetzt. Alternativ kann eine Anwendung gepulster elektrischer Felder (PEF – pulsed electric fields) zur Erzielung eines Zellaufschlusses erfolgen. Das Verfahren wurde bereits in den 1960er Jahren zur Behandlung biologischer Materialien vorgeschlagen [1, 2]. Im Bereich der Fruchtsaftproduktion konnte eine Erhöhung der Ausbeute nach einer Anwendung gepulster elektrischer Felder im Labormaßstab gezeigt werden [3, 4]. Innerhalb eines FEI-geförderten Forschungsvorhabens sollte die Eignung der Technologie in größerem Maßstab aufgezeigt werden (AiF 179 ZN) [5]. Im Jahr 2006 wurde ein erster industrieller Prototyp zur Erzielung eines Zellaufschlusses bei Fruchtmaischen in einem Fruchtsaftbetrieb in Deutschland installiert [6]. Der überwiegende Anteil der im Schrifttum beschriebenen Arbeiten befasst sich mit einer Anwendung des Verfahrens auf flüssige, förderfähige Medien. Eine Behandlung fester Produkte (Kartoffeln, Zuckerrüben, Fleischwaren [7-9]) wurde nur in kleinerem Umfang beschrieben. Diese erfolgt meist innerhalb von Wasserbädern oder Schwemmkanälen, weist jedoch einige verfahrenstechnische Nachteile auf. Neben Verlusten wertgebender Inhaltsstoffe können insbesondere bei mikrobiologisch sensiblen Produkten, wie Fleischwaren, Risiken einer Kontamination, Anreicherung und Verschleppung von Mikroorganismen durch das Übertragungsmedium auftreten.

Die Herstellung von Rohpökelfwaren untergliedert sich im Wesentlichen in die Arbeitsschritte Pökeln, Brennen, Trocknen/Reifen und ggf. Räuchern. Die Pökelfahren kann man in Trocken- und Nasspökelfung unterteilen, wobei letztere aufgrund der stärkeren Belastung der betrieblichen Abwässer (Kochsalz) im industriellen Bereich zunehmend weniger genutzt wird. Die Diffusion der Pökelsalze während des Pökelfns bzw. Brennens in den Kern des Schinkens (Pökelfbereitschaft) und die Diffusion des Wassers von innen nach außen (Wasserabgabebereitschaft) während der Trocknung/Reifung stellen die wesentlichen geschwindigkeitslimitierenden Faktoren bei der Herstellung von Rohschinken dar. Je nach angewandtem Klima-Rauchverfahren und gewünschtem Abtrocknungsgrad werden große Anlagenkapazitäten sowie ein hoher Energie- und Zeitaufwand benötigt. Die Nutzbarmachung eines schnellen und energieeffizienten Zellaufschlussverfahrens könnte zu einer Beschleunigung der Diffusionsvorgänge und wirtschaftlichen und technologischen Vorteilen führen.

Material und Methoden

Es wurde eine diskontinuierliche Behandlungseinheit mit den Abmessungen 500 x 300 x 150 mm zur Behandlung von etwa 25 kg Fleisch realisiert. Diese besteht aus zwei Edelstahl-Elektroden mit einem variablen Elektrodenabstand von 8 bis 15 cm. Es wurde ein Pulsgenerator mit einer maximalen Spannung von 40 kV und einer mittleren Leistung von 8 kJ/s bei einer Wiederholrate von 1 bis 20 Hz eingesetzt. Dieser verfügt über einen Energiespeicher mit einer Kapazität von 1 μ F. Die Energie je Puls war von der Ladespannung abhängig und betrug etwa bei 24 kV 288 J. Um einen Energieeintrag von 10 kJ/kg bei einer Füllung der Behandlungszelle mit 20 kg Fleisch zu erreichen, war eine Pulsanzahl von 700 erforderlich. Die Behandlungszeit betrug 35 s bei einer Wiederholrate von 20 Hz, etwa 60 s wurden für das Beschicken und Entleeren der Behandlungseinheit benötigt, je Stunde kann damit die Behandlung von 38 Zyklen oder etwa 750 kg erreicht werden.

Ergebnisse und Diskussion

Einfluss auf die Gewebestruktur

Es wurde eine Behandlung von Schweineschulter mit unterschiedlicher Intensität durchgeführt. Zur Charakterisierung des Ausmaßes der Zellerstörung kann bei pflanzlichen Geweben eine Impedanzmessung herangezogen werden [10], dies führte jedoch bei Muskelgewebe, vermutlich aufgrund der hohen Variabilität der Rohwareneigenschaften, nicht zu reproduzierbaren Ergebnissen. Unter Nutzung eines Leitfähigkeitsmessgeräts LF Star (Matthäus, Pöttmess, D) konnte ein Anstieg der Leitfähigkeit des Gewebes nach einer Behandlung mittels gepulster elektrischer Felder um etwa 1 bis 2,5 mS/cm beobachtet werden (**Abbildung 1**). Die Leitfähigkeit der unbehandelten Proben lag in einem Bereich von 14,03 bis 16,75 mS/cm. Bei jeder Probe wurde die Leitfähigkeit an drei unterschiedlichen Positionen vor und nach der Behandlung bestimmt. Bei einer Erhöhung der Behandlungsintensität wurde eine Zunahme der Leitfähigkeit festgestellt. Nach einer Behandlung mit einem spezifischen Energieeintrag von 10 kJ/kg wurde eine Erhöhung der Leitfähigkeit um 2,5 mS/cm beobachtet, die einen Anstieg der Permeabilität des Gewebes und eine freiere Beweglichkeit von Ionen innerhalb des Gewebes vermuten lässt. Im Anschluss wurde der Garverlust unbehandelter und behandelter Proben durch Erhitzen bis zu einer Kerntemperatur von 64 °C ermittelt. Es zeigte sich eine Zunahme des Garverlusts bei Erhöhung der Behandlungsintensität.

Wasserabgabe in Rohschinken

Der Einfluss einer Behandlung mittels gepulster elektrischer Felder auf die Wasserabgabe in Schweineschulter wurde untersucht. Nach einer Behandlung wurde eine Pökellung mittels Aufbringen von 8 % Nitritpökelsalz auf die Produktoberfläche oder die Injektion von 10 % gesättigter Salzlake unter Nutzung eines Pökelinjektors IR 56 (Rühle, Grafenhausen, D) durchgeführt. Anschließend erfolgte eine Trocknung innerhalb eines Klimaschranks WK1 180/40 (Weiss Umwelttechnik, D) bei 8 °C Lufttemperatur und einer relativen Luftfeuchte von 95 %. Wie in **Abbildung 2** gezeigt, wurde eine

Beschleunigung der Wasserabgabe nach einer Behandlung bei 3 kV/cm und einem spezifischen Energieeintrag von 5 kJ/kg erzielt. Zur Minimierung des Einflusses der Rohwarenvariabilität wurde die Trocknung der Kontrollproben in Dreifachbestimmung durchgeführt. Ein Handsalzen in Verbindung mit einer Anwendung gepulster elektrischer Felder bei 4 kV/cm und 20 kJ/kg führte zur Proteindenaturierung und Bildung eines Trockenrandes an der Oberfläche, der möglicherweise inhibierend auf die Wasserabgabe wirkte. Dies kann durch eine zu hohe Behandlungsintensität oder die eingesetzten Trocknungsbedingungen bedingt sein, da die Luftgeschwindigkeit mit etwa 4 m/s deutlich höher als üblich, jedoch innerhalb des Klimaschranks nicht variabel war. Nach einem Salzauftrag auf der Oberfläche der Fleischteile treten zwei Massentransportvorgänge auf, die Diffusion von Wasser aus dem Inneren sowie aufgrund des Konzentrationsgradienten eine Salzdifusion in das Innere des Produkts. Durch eine Vorbehandlung mittels gepulsten elektrischen Feldern könnte die Aufnahme von Pökelsalz beschleunigt werden. Nach einer Behandlung von Fisch wurde etwa eine schnellere Diffusion von Marinade in das Gewebe beobachtet [12]. Auch eine Anwendung bei Knochenschinken mit einer Feldstärke von 3 kV/cm und einem spezifischen Energieeintrag von 5 kJ/kg zeigte eine beschleunigte Diffusion von Salz und Nitrit in das Innere.

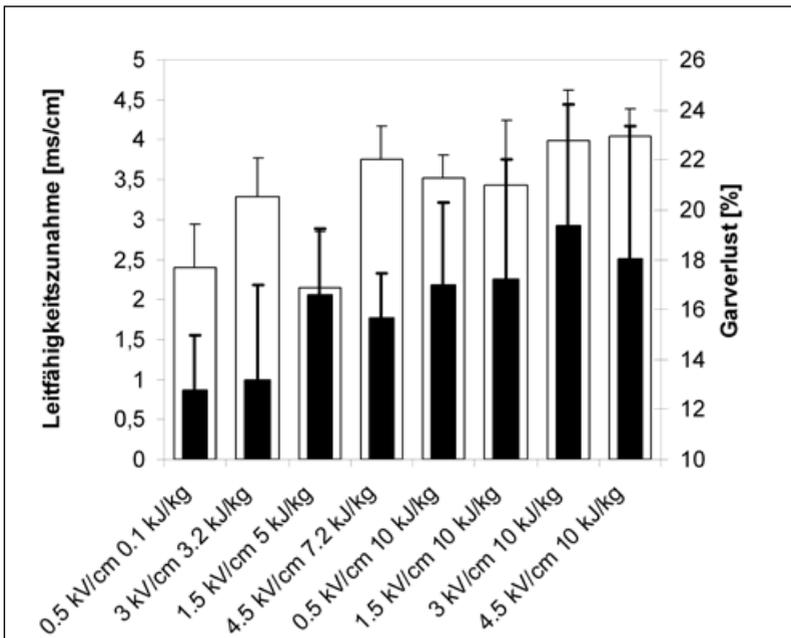


Abb. 1: Zunahme der Leitfähigkeit (schwarze Balken) und des Garverlustes (weisse Balken) in Schweineschulter nach einer Behandlung mittels gepulster elektrischer Felder. Die Leitfähigkeit wurde an 3 Positionen jeweils vor und nach einer Behandlung ermittelt. Der Garverlust wurde durch Erhitzen bis zu einer Kerntemperatur von 64 °C bewertet, der durchschnittliche Garverlust unbehandelter Proben lag bei 15,6 %.

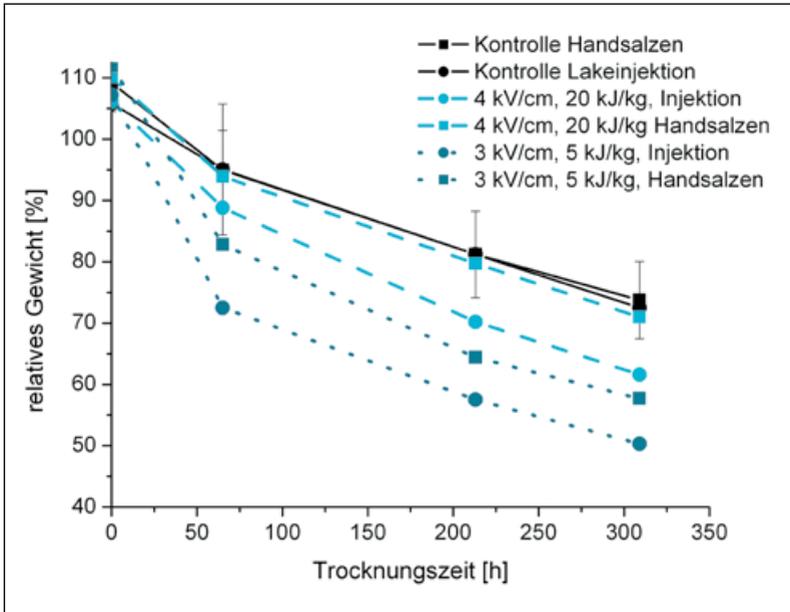


Abb. 2: Abtrocknung von Schweineschulter nach Handsalzen (etwa 8 Gew.-% auf der Oberfläche) und Injektion gesättigter Lake (etwa 10 Gew.-%) nach einer Vorbehandlung mittels gepulster elektrischer Felder. Die Trocknung erfolgte bei 8 °C und einer relativen Luftfeuchte von 95 %.

Praktische Relevanz und Anlagenvfügbarkeit

Im Jahr 2005 wurden etwa 108.000 t Rohschinken und 470.000 t Rohwurst in Deutschland erzeugt (ZMP), deren Herstellung einen hohen Aufwand für klimatisierte Reife- und Lagerräume bedingt. Zur Beschleunigung der Massentransportvorgänge wird teilweise ein energie- und zeitaufwändiges Gefrieren/Tauen eingesetzt. Im Vergleich dazu erfolgt die Behandlung mittels gepulster elektrischer Felder mit einem Zeitbedarf im Bereich von Sekunden und einem Energieeintrag von etwa 10 kJ/kg. Dies entspricht einem Energiebedarf von etwa 3 kWh pro Tonne zu behandelndes Gut bzw. Energiekosten im Bereich von 0,30 – 0,40 Euro/t. Die eingesetzte Energie führt durch Dissipation zu einer Erwärmung des Produktes, diese beträgt etwa 2 bis 3 °C, und ist damit für die meisten Produktgruppen akzeptabel. Zur Vorbehandlung pflanzlicher Materialien konnten zahlreiche Anwendungsfelder im Labor- und technischem Maßstab aufgezeigt werden, auch eine industrielle Nutzung des Verfahrens konnte umgesetzt werden [4]. Im Rahmen des FEI-geförderten Forschungsvorhabens (AiF 15460 N) wird derzeit am DIL in Kooperation mit der Hochschule Ostwestfalen-Lippe (Prof. A. Stiebing) der Einfluss unterschiedlicher Rohwaren- und Betriebsparameter untersucht. Im Rahmen dieses Projektes soll eine kontinuierliche Behandlungseinheit zur Anwendung des Verfahrens bei Fleischstücken realisiert werden.

Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Anwendung gepulster elektrischer Felder bietet eine Möglichkeit zur Beschleunigung von Massentransportvorgängen innerhalb biologischer Gewebe. Neben einer Verbesserung der Beweglichkeit von Wasser ist mit einer Beschleunigung der Diffusion von Pökelsalz innerhalb des Gewebes zu rechnen. Damit bietet sich eine Möglichkeit, dieses energieeffiziente Verfahren als schnelle und kostengünstige Alternative zu einer Vorbehandlung mittels Gefrieren/Tauen einzusetzen. Im Rahmen weiterer Forschungsaktivitäten werden derzeit die Einsatzmöglichkeiten bei Rohpökelfwaren, die Einflüsse der Prozess- und Produktparameter sowie die Auswirkungen auf die Produkteigenschaften untersucht.

Literatur

- [1] Doevenspeck, H. Verfahren und Vorrichtung zur Gewinnung der einzelnen Phasen aus dispersen Systemen. 1960: Germany.
- [2] Knorr, D., et al. Food application of high electric field pulses. *Trends in Food Science and Technology*, 1994. **5**: p. 71-75.
- [3] Flaumenbaum, B.L. Electrical treatment of fruits and vegetables before juice extraction. *Trudy OTIKP*, 1949. **3**: p. 15-20.
- [4] Toepfl, S., V. Heinz, and D. Knorr. Applications of pulsed electric field technology for the food industry, in: *Pulsed electric field technology for the food industry*, J. Raso and V. Heinz, Editors. 2006, Springer: Berlin. p. 197-221.
- [5] Schilling, S., et al. Effects of Pulsed Electric Field Treatment of Apple Mash on Juice Yield and Quality Attributes of Apple Juices. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2007. **8** (1): p. 127-134.
- [6] Kern, M. Installation of an industrial scale PEF equipment. 2006.
- [7] Lebovka, N.I., N.V. Shynkaryk, and E. Vorobiev. Pulsed electric field enhanced drying of potato tissue. *Journal of Food Engineering*, 2006: p. in press.
- [8] Witte, G. Bericht aus der Rübenkampagne 2001 - VDZ Zweigverein Süd. *Zuckerindustrie*, 2002. **127**: p. 350-361.
- [9] Toepfl, S., et al. Pulsed Electric Field Processing of Meat. in *Food Factory of the Future 3*. 2006. Gothenburg, Sweden.
- [10] Angersbach, A., V. Heinz, and D. Knorr. Electrophysiological model of intact and processed plant tissues: cell disintegration criteria. *Biotechnol.Prog.*, 1999. **15**: p. 753-762.
- [11] Banon, S., et al. Pre-cure freezing affects proteolysis in dry-cured hams. *Meat Science*, 1999. **51**: p. 11-16.
- [12] Hafsteinsson, H., et al. High electric field pulses: food safety; quality; and critical parameters. 2000. p. Technological Institute of Iceland (IceTec project report).

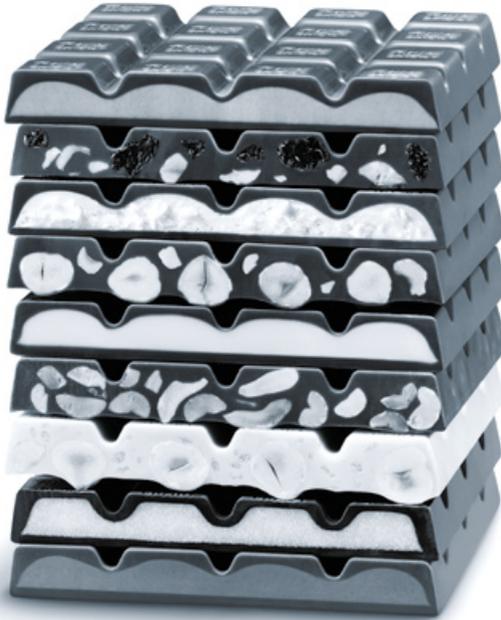
Die Forschungsvorhaben (AiF 179 ZN und AiF 15460 N) wurden bzw. werden im „Programm zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)“ vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (via AiF) über den Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI) gefördert.

Betriebsbesichtigung



Betriebsbesichtigung

Auf großes Interesse stieß die Betriebsbesichtigung, zu der die Firma **Ritter Sport** die Teilnehmer der 66. FEI-Jahrestagung eingeladen hatte. Mehr als 30 Interessierte nutzten die Gelegenheit, einmal einen Blick hinter die Kulissen des Schokoladenquadrats aus Waldenbuch zu werfen.



In seinem deutschen Heimatmarkt weist das unter der Marke „Ritter Sport“ nahezu überall erhältliche Tafelschokoladenquadrat einen Bekanntheitsgrad von annähernd 100 % auf. Dem Hersteller, der Alfred Ritter GmbH & Co. KG gelang es, durch eine jahrzehntelange, sukzessive Aufbauarbeit ein einzigartiges Markenprofil im Bewusstsein der Verbraucher zu schaffen.

Dazu beigetragen haben, neben der stetigen Fokussierung auf Qualität, eine hohe Innovationsfreude, nachhaltige Maßnahmen im Bereich des betrieblichen und produktbezogenen Umweltschutzes und nicht zuletzt ein einzigartiges Format.

Die Quadratform wurde bereits im Jahre 1932 aus der Taufe gehoben: die Frau des Firmengründers Alfred Ritter, Clara Ritter, hatte angeregt, „eine Schokola-

dentafel herzustellen, die dasselbe Gewicht aufweist wie eine Langtafel, jedoch in die Jackentasche passt, ohne zu brechen.“



Alfred-Ritter-Schokoladenfabrik in Waldenbuch

Die Geschichte von Ritter Sport beginnt mit der Ehe des Konditors Alfred Eugen Ritter und Clara Göttle, Inhaberin eines Süßwarengeschäfts. Zusammen gründen sie 1912 die Schokoladenfabrik Alfred Ritter Cannstadt.

Mit dem Überschreiten der Schwelle vom handwerklichen zum industriellen Betrieb wird die Produktionsstätte in Cannstadt zu klein. 1930 zieht die Firma in den heutigen Produktionsstandort nach Waldenbuch um.



Heute beschäftigt das Unternehmen rund 800 Mitarbeiter bei einem Jahresumsatz von 290 Mio. Euro. Ritter Sport-Schokolade wird in 80 Länder der Welt vertrieben und hat in Deutschland eine gestützte Bekanntheit von 98 %.

Bilder von der Jahrestagung



Traditionsreiche Kulisse: Die Universität Hohenheim war Gastgeber für die 66. FEI-Jahrestagung.



Großzügiges Entrée und viel Raum für die Posterausstellung zur 66. FEI-Jahrestagung.



Die Referenten der 66. FEI-Jahrestagung (v. l. n. r.): Prof. J. Hinrichs, Prof. R. Ulber, Prof. P. Schieberle, Prof. S. Scherer, Dr. V. Heinz, Prof. R. Carle.



Ein Blick ins Plenum während der Veranstaltung.



Marathonsitzung: Über 16 neue Forschungsanträge hatte der Wissenschaftliche Ausschuss zu beraten.



Der Moderator der 66. FEI-Jahrestagung: Prof. P. Schieberle (DFA, Garching).



Forschung für nachhaltige Lebensmittelproduktion: Prof. R. Carle (Uni Hohenheim) bei seinem Vortrag.



Für herausragende Verdienste um die industrielle Gemeinschaftsforschung ausgezeichnet: Dr. Heinz Jodlbauer erhält die Hans-Dieter-Belitz-Medaille von Dr. Jürgen Kohnke (FEI-Vorsitzender).



Dr. G. Böcker (Ernst Böcker GmbH & Co. KG), Minden) im Gespräch mit dem Preisträger Dr. Heinz Jodlbauer.



Zeit zum Gedankenaustausch in der Kaffeepause: Dipl.-Chem. H.-J. Denzler (BIOLAC GmbH & Co. KG) und Dipl.-Ing. K. Eismann (Kraft Foods Deutschland).



Austausch unter Forschern: Prof. U. Fischer (DLR Rheinpfalz, Neustadt) und Prof. P. Winterhalter (TU Braunschweig).



Prof. L. Fischer (Uni Hohenheim) begrüßt die Teilnehmer zur Institutsbesichtigung.



Besichtigung des Fachgebiets Getreidetechnologie an der Universität Hohenheim.



Tagungsteilnehmer verschaffen sich Einblick in die praxisorientierten Arbeitsmöglichkeiten des Instituts für Lebensmittelwissenschaften und Biotechnologie.



Ein Blick auf die Ausstattung des Technikums für Getreidetechnologie.



Anschauungsunterricht bei Prof. W. Schwack vom Institut für Lebensmittelchemie und analytische Chemie.



Auftakt zum geselligen Teil der Veranstaltung: Dr. Jürgen Kohnke (FEI-Vorsitzender) bei seiner Begrüßungsrede.



Haben gut Lachen nach einer gelungenen Tagung: Dr. V. Häusser (FEI-Geschäftsführer) (l.) und Dr. J. Kohnke (FEI-Vorsitzender) (r.) mit Dr. P. Golz (VDMA Fachverband Nahrungsmittel- u. Verpackungsmaschinen, Frankfurt).



Wirtschaft trifft Forschung: Dr. S. Palzer (Nestlé, Lausanne) und Prof. J. Hinrichs (Uni Hohenheim).



Dipl.-Ing. H. M. Dechent (Eckes Granini Group GmbH, Nieder-Olm) im Gespräch mit Prof. U. Fischer (DLR Rheinpfalz, Neustadt).



Einstimmung auf einen schönen Abend: Dr. K. Buhr (TU München), Prof. H. Schmidt und Prof. T. Becker (beide Universität Hohenheim).

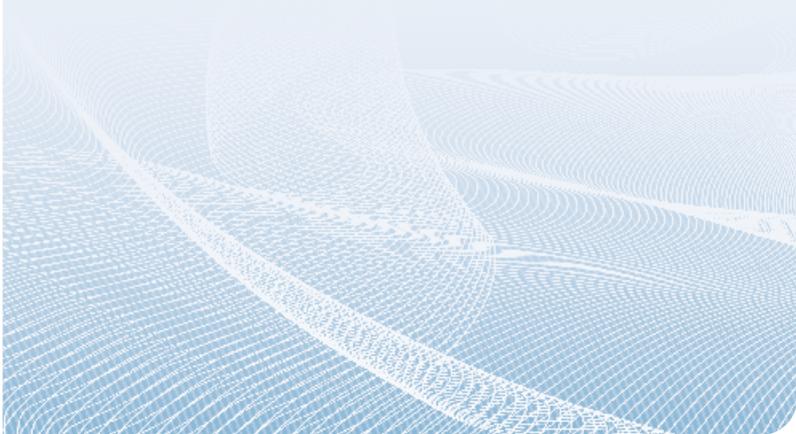


Brauexperten unter sich: Prof. F.-J. Methner (TU Berlin) und Dipl.-Kfm. E. Weinmann (Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei, Berlin).



Stilvolles Ambiente: Abendessen im Foyer von Schloss Hohenheim.

FEI-Projekte 2008/2009



Anwenderbereich Getreide und Getreideerzeugnisse (Stärke, modifizierte Stärke, Backwaren, Backmittel, Knabberartikel, Teigwaren)

Minimierung des Einsatzes von Kochsalz in der Brotrezeptur unter Beibehaltung der Backeigenschaften und der Geschmacksqualität

AiF N 10604/08 (in Vorbereitung)

Universität Hohenheim,
Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,
FG Prozessanalytik und Getreidetechnologie
Prof. Dr. T. Becker/Dr. M. Mitzscherling

Hans-Dieter-Belitz-Institut für Mehl- und Eiweißforschung (hdbi), Garching
Prof. Dr. Dr. P. Schieberle/Prof. Dr. P. Köhler

Einfluss von Textur, Herstellungsbedingungen und Brotalter auf die Verfügbarkeit wichtiger Brotaromastoffe unter Verzehrsbedingungen

AiF N 9518/08 (in Vorbereitung)

Universität Hohenheim,
Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,
FG Prozessanalytik und Getreidetechnologie
Prof. Dr. T. Becker/Dr. M. Mitzscherling

Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA), Garching
Prof. Dr. Dr. P. Schieberle/Dr. K. Buhr

Funktionalisierung von Getreidemahlprodukten aus Weizen durch Anwendung von Hochdruck

AiF N 9512/08 (in Vorbereitung)

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück
Dr. V. Heinz/Dr. U. Bindrich/Dr. H. Wackerbarth

ttz Bremerhaven, Bremerhavener Institut für Lebensmitteltechnologie und Bioverfahrenstechnik (BILB) - EIBT
Prof. Dr. K. Lösche/Dipl.-Ing. D. Sikken

Qualitätsbewertung von Hartweizen, Hartweizengrieß und Hartweizenprodukten durch die Auswertung digitaler Bilder

AiF 15832 N, 2008-2010

Universität Hohenheim,
Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,
FG Prozessanalytik und Getreidetechnologie
Prof. Dr. T. Becker/Dr. M. Mitzscherling

Aromastoff-Optimierung in Vorteigen zur Steuerung des Aromas von Backwaren

AiF 15762 N, 2008-2010

Hans-Dieter-Belitz-Institut für Mehl- und Eiweißforschung (hdbi), Garching
Prof. Dr. Dr. P. Schieberle

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,
Department für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften,
Lehrstuhl für Technische Mikrobiologie, Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. R. F. Vogel

Entwicklung eines intelligenten Backofens (IBO) zum optimierten Backen in industriellen Backöfen mittels digitaler Bildauswertung und erfahrungsbasierter Fuzzyregelung

AiF 15659 N, 2008-2010

Universität Hohenheim,
Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,
FG Prozessanalytik und Getreidetechnologie
Prof. Dr. T. Becker/Dr. M. Mitzscherling

Universität Hannover, Institut für Technische Chemie
Prof. Dr. T. Scheper/Prof. Dr. B. Hitzmann

Entwicklung von Methoden zur Bestimmung von Weizenanteilen in Dinkelprodukten

AiF 15619 N, 2008-2010

Hans-Dieter-Belitz-Institut für Mehl- und Eiweißforschung (hdbi), Garching
Prof. Dr. Dr. P. Schieberle/Prof. Dr. P. Köhler/Dr. H. Wieser

Universität Hamburg, Department Chemie, Institut für Lebensmittelchemie
Prof. Dr. M. Fischer/Dr. A. Paschke/Dr. I. Haase

Neuartige Prozessführung zum Trocknen von Teigwaren zur Steigerung der Prozesseffizienz und Produktqualität

AiF 284 ZN, 2008-2010

Universität Erlangen-Nürnberg,
Department für Chemie- und Bioingenieurwesen,
Lehrstuhl für Strömungsmechanik
Prof. Dr. A. Delgado/Dr. R. Benning

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück
Dr. V. Heinz/Dr. U. Bindrich

Entwicklung eines Niedertemperatur-Vakuumtrocknungsverfahrens zur Herstellung von Starterkulturen

AiF 15616 N, 2008-2010

Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung, Abt. Technologie, Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. U. Kulozik/Dr. P. Först

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW, Department für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften, Lehrstuhl für Technische Mikrobiologie, Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. R. F. Vogel

Untersuchungen zu präbiotischen Eigenschaften und zum chemopräventiven Potential von Backwaren und ballaststoffangereicherten Backwaren

AiF 15513 BG, 2008-2010

Max-Rubner-Institut (MRI), Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel, Institut für Sicherheit und Qualität bei Getreide, Detmold
Prof. Dr. M. G. Lindhauer

Universität Jena, Institut für Ernährungswissenschaften, Lehrstuhl für Ernährungstoxikologie
PD Dr. M. Gleis

Verbesserung der technologischen Eigenschaften von Roggenteigen und -backwaren mit Transglutaminase und Peptidasen

AiF 15457 N, 2008-2009

Universität Hohenheim, Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie, FG Prozessanalytik und Getreidetechnologie
Prof. Dr. T. Becker/Dr. M. Mitzscherling

Hans-Dieter-Belitz-Institut für Mehl- und Eiweißforschung (hdbi), Garching
Prof. Dr. Dr. P. Schieberle/Prof. Dr. P. Köhler

Modifizierung der technofunktionellen Eigenschaften von Weizenkleber durch Hochdruckbehandlung in Gegenwart von Zusätzen

AiF 15456 N, 2008-2009

Hans-Dieter-Belitz-Institut für Mehl- und Eiweißforschung (hdbi), Garching
Prof. Dr. Dr. P. Schieberle/Prof. Dr. P. Köhler

Speisepilze als neue Quelle für Oxidoreduktasen zur Backwarenherstellung

AiF 15305 N, 2007-2009

Universität Hannover, Institut für Lebensmittelchemie
Prof. Dr. Dr. R. G. Berger/Dr. U. Krings

Hans-Dieter-Belitz-Institut für Mehl- und Eiweißforschung (hdbi), Garching
Prof. Dr. Dr. P. Schieberle/Prof. Dr. P. Köhler

Untersuchungen zum Vorkommen, zur Stabilität und zum thermischen Abbau von Mutterkornalkaloiden in Roggen und Roggenprodukten

AiF 15280 N, 2007-2009
Universität Münster, Institut für Lebensmittelchemie
Prof. Dr. H.-U. Humpf

Backwaren hergestellt mit Sauerteigen aus Amarant, Buchweizen und Sorghum unter Verwendung universell einsetzbarer und mikrobiologisch stabiler Sauer-teigstarter

AiF 15188 N, 2007-2009
Universität Hohenheim,
Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,
FG Prozessanalytik und Getreidetechnologie
Prof. Dr. T. Becker/Dr. M. Mitzscherling

Universität Hohenheim,
Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,
FG Lebensmittelmikrobiologie
Prof. Dr. H. Schmidt/Dr. A. Weiss

**Untersuchungen zur Bestimmung und Reduzierung des allergenen Potenzials in enzymhaltigen Stäuben von pulverförmigen Schüttgütern für das Backge-
werbe**

AiF 14785 BG, 2006-2008
Institut für Lebensmittel- und Umweltforschung (ILU), Nuthetal
Dipl.-Ing. P. Kretschmer/Dr. H. Kaiser

Universität Bochum, BGFA - Forschungsinstitut für Arbeitsmedizin der Deut-
schen Gesetzlichen Unfallversicherung
Prof. Dr. T. Brüning/Dr. I. Sander

Entwicklung und Anwendung neuer Verfahrensabläufe in Produktionsanlagen für Kartoffel- und Getreideerzeugnisse mit reduzierten Gehalten an Acrylamid und dessen Folgeprodukten

AiF 209 ZBG, 2006-2008
Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück
Dr. V. Heinz/Dr. K. Franke

Institut für Lebensmittel- und Umweltforschung (ILU), Nuthetal
Dipl.-Ing. P. Kretschmer/Dr. H. Kaiser

Technische Universität Kaiserslautern, Fachbereich Chemie,
Fachrichtung Lebensmittelchemie und Toxikologie
Prof. Dr. G. Eisenbrand

Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA), Garching
Prof. Dr. Dr. P. Schieberle/Prof. Dr. P. Köhler

Optimierung der Kleberqualität in Weizenteigen mit Sauerteiganteil

AiF 14492 N, 2005-2007

Hans-Dieter-Belitz-Institut für Mehl- und Eiweißforschung (hdbi), Garching
Prof. Dr. Dr. P. Schieberle/Dr. H. Wieser

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,
Department für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften,
Lehrstuhl für Technische Mikrobiologie, Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. R. F. Vogel

Optimierung des Nähr- und Genusswertes von Brot durch Zusatz von gekeimtem Weizen unter Berücksichtigung der Teig- und Backqualität

AiF 14360 N, 2005-2007

Hans-Dieter-Belitz-Institut für Mehl- und Eiweißforschung (hdbi), Garching
Prof. Dr. Dr. P. Schieberle

Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA), Garching
Prof. Dr. Dr. P. Schieberle/PD Dr. V. Somoza

Vergleichende Untersuchungen über die Wirksamkeit von Glycolipiden bei Backwaren

AiF 14337 N, 2005-2007

Hans-Dieter-Belitz-Institut für Mehl- und Eiweißforschung (hdbi), Garching
Prof. Dr. Dr. P. Schieberle/Prof. Dr. P. Köhler

Anwenderbereich Obst, Gemüse, Hülsenfrüchte, Kartoffeln

Entwicklung mikroverkapselter Polyphenolextrakte aus pflanzlichen Reststoffen zur Nutzung als Lebensmitteladditive

AiF N 9519/08 (in Vorbereitung)

Universität Bonn, Institut für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften
FG Lebensmitteltechnologie und -mikrobiologie
Prof. Dr. B. Kunz/Dipl.-oec.troph. N. Schulze

Universität Bonn, Institut für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften
FG Humanernährung
Prof. Dr. P. Stehle/Dr. S. Lesser

Biofunktionale Wirkstoffe aus Multikapselsystemen: Einsatz mikrostrukturierter Träger zur Untersuchung molekularer Wechselwirkungen und zur Steuerung der Freisetzungsmechanismen von sekundären Pflanzeninhaltsstoffen und deren Auswirkung auf krebspräventive Signalparameter (am Beispiel ausgewählter Inhaltsstoffe der Wildheidelbeere)

DFG/AiF-Cluster 1

- AiF 15614 N „Biologische Wirksamkeit von Blaubeer-Anthocyanen“
- AiF 15613 N „Verkapselung von Anthocyanen durch Sprühverfahren“
- AiF 15612 N „Mikrostrukturierte multidisperse Hüllkapseln“
- AiF 15611 N „Milchproteinhydrogele“
- AiF 15610 N „Prozessinduzierte Ausbeutesteigerung“

Biologische Wirksamkeit von Blaubeer-Anthocyanen im Vergleich zu mikro-/nano-verkapselten Anthocyan-Präparaten: Modulation von intestinaler Verfügbarkeit, Fermentation, antioxidativer Wirksamkeit und Wirkungen auf die DNA-Integrität

AiF 15614 N, 2008-2010

Technische Universität Kaiserslautern, Fachbereich Chemie,
Fachrichtung Lebensmittelchemie und Toxikologie
Prof. Dr. E. Richling/Dr. M. Baum

Universität Karlsruhe (TH), Institut für Angewandte Biowissenschaften,
Abt. für Lebensmitteltoxikologie
Prof. Dr. D. Marko

Mikroverkapselung von Anthocyanen durch Sprühverfahren unter Ausnutzung von stabilisierenden Effekten der natürlichen Zellsaftvakuole und Interaktionen von Inhaltsstoffen

AiF 15613 N, 2008-2011

Universität Kiel, Institut für Humanernährung und Lebensmittelkunde,
Abteilung Lebensmitteltechnologie
Prof. Dr. K. Schwarz

Mikrostrukturierte multidisperse Hüllkapseln als Träger bioaktiver Substanzen: Untersuchungen zum Einfluss von molekularen Wechselwirkungen und Diffusionsbarrieren auf die Stabilität und die Freisetzung von Inhaltsstoffen aus der Wildheidelbeere

AiF 15612 N, 2008-2011

Universität Karlsruhe (TH), Institut für Bio- und Lebensmitteltechnik,
Bereich I: Lebensmittelverfahrenstechnik
Prof. Dr. H. P. Schuchmann/Dipl.-Ing. K. Frank

Milchproteinhydrogele als Trägerstoffe für bioaktive Substanzen: wasserunlösliche Mikrokapselsysteme zur Stabilisierung und kontrollierten Freisetzung von bioaktiven Inhaltsstoffen aus der Heidelbeere

AiF 15611 N, 2008-2011

Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung, Abt. Technologie, Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. U. Kulozik/Dr. P. Först/Dipl.-Ing. T. Heidebach

Prozessinduzierte Ausbeutesteigerung von wertgebenden sekundären Pflanzeninhaltsstoffen aus Blaubeeren und Vergleich ihrer Stabilität in Multikapselsystemen gegenüber konventionellen Produkten

AiF 15610 N, 2008-2010

Technische Universität Braunschweig, Institut für Lebensmittelchemie
Prof. Dr. P. Winterhalter/Dr. G. Jerz

Technische Universität Berlin, Institut für Lebensmitteltechnologie und Lebensmittelchemie, FG Lebensmittelbiotechnologie und -prozess Technik
Prof. Dr. D. Knorr/Dipl.-Ing. H. Jäger

Einfluss der Verarbeitung auf wertgebende Aroma- und Geschmacksstoffe in Tomatenprodukten

AiF 15048 N, 2007-2009

Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA), Garching
Prof. Dr. Dr. P. Schieberle

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW, Department für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften, Lehrstuhl für Lebensmittelchemie und Molekulare Sensorik, Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. T. Hofmann

Sensorisch verbesserte, technofunktionelle Proteinpräparate aus Leguminosenmehlen durch Fermentation mit Milchsäurebakterien

AiF 15045 N, 2007-2009

Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung (IVV), Freising
Prof. Dr. H.-C. Langowski/Dipl.-Ing. J. Bez

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW, Department für Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und Biogene Rohstoffe, Lehrstuhl für Technologie der Brauerei I, Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. W. Back/Dipl.-Ing. I. Bohak

Universität Hannover, Institut für Lebensmittelchemie
Prof. Dr. Dr. R. G. Berger

Bestimmung des Fruchtgehaltes fruchthaltiger Erzeugnisse

AiF 14361 N, 2005-2007

Universität Hohenheim,
Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,
FG Lebensmittel pflanzlicher Herkunft
Prof. Dr. Dr. R. Carle/PD Dr. A. Schieber

Anwenderbereich Kaffee, Kaffeemittel, Kakao, Tee

Einfluss der Vorbehandlung und der Röstung auf Bitterstoffe in Kaffeegetränken

AiF 15752 N, 2008-2010

Technische Universität München,
Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW, Department für Ernährungs-
und Lebensmittelwissenschaften, Lehrstuhl für Lebensmittelchemie und
Molekulare Sensorik, Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. T. Hofmann/Dr. O. Frank

Technische Universität Hamburg-Harburg,
Institut für Thermische Verfahrenstechnik, AG Wärme- und Stofftransport
Prof. Dr. R. Eggers

Beeinflussung der Produkteigenschaften von Instantkaffee durch gezielte Imprägnierung von Flüssigkaffee mit Inertgas vor der Sprühtrocknung

AiF 15618 N, 2008-2010

Technische Universität Hamburg-Harburg,
Institut für Thermische Verfahrenstechnik,
AG Wärme- und Stofftransport
Prof. Dr. R. Eggers

Flavonoide in ausgewählten Kräutertees – Bestimmung, Nutrikinetik, Veränderungen bei Extraktion und Lagerung

AiF 15303 N, 2007-2009

Technische Universität Braunschweig, Institut für Lebensmittelchemie
Prof. Dr. P. Winterhalter/Prof. Dr. U. Engelhardt

Universität Hannover,
Institut für Lebensmittelwissenschaft und Ökotrophologie,
Abt. Ernährungsphysiologie und Humanernährung
Prof. Dr. A. Hahn/Dr. A. Kiene

Optimierung der Trocknung von Arabica-Kaffees in Hinblick auf die Aromaqualität des Kaffeegetränks

AiF 14950 N, 2006-2009

Technische Universität Braunschweig, Institut für Pflanzenbiologie,
Arbeitsbereich Angewandte Pflanzenbiologie
Prof. Dr. D. Selmar

Technische Universität Hamburg-Harburg,
Institut für Thermische Verfahrenstechnik,
AG Wärme- und Stofftransport
Prof. Dr. R. Eggers

Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA), Garching
Prof. Dr. Dr. P. Schieberle

Charakterisierung chemischer Indikatoren in Rohkakao unterschiedlicher Fermentationsstadien

AiF 14491 N, 2005-2007

Universität Hamburg, Department Biologie,
Biozentrum Klein Flottbek und Botanischer Garten,
Abt. Pflanzenökologie und Nutzpflanzenbiologie
Prof. Dr. R. Lieberei

Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA), Garching
Prof. Dr. Dr. P. Schieberle/Dr. M. Steinhaus

Trockensubstanzerhöhung von Flüssigkaffee vor der Sprühtrocknung durch viskositätsmindernde Inertgasbehandlung

AiF 14086 N, 2005-2007

Technische Universität Hamburg-Harburg,
Institut für Thermische Verfahrenstechnik,
AG Wärme- und Stofftransport
Prof. Dr. R. Eggers

Untersuchung der mikrobiellen Abbaubarkeit höhermolekularer Kaffeemelanoide

AiF 14085 BG, 2004-2007

Universität Hamburg, Institut für Biochemie und Lebensmittelchemie,
Abt. Lebensmittelchemie
Prof. Dr. Dr. H. Steinhart/Prof. Dr. M. Bunzel

Deutsches Institut für Ernährungsforschung (DIFE), Nuthetal
Abt. Gastrointestinale Mikrobiologie
Prof. Dr. Dr. H.-G. Joost/Prof. Dr. M. Blaut

Charakterisierung von Stimulanzen der Magensäuresekretion und von magenprotektiven Verbindungen in Kaffee und ihre Beeinflussung durch Röstparameter sowie der Vorbehandlung des Rohkaffees

AiF 14042 N, 2004-2006

Universität Münster, Institut für Lebensmittelchemie
Prof. Dr. T. Hofmann

Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA), Garching
Prof. Dr. Dr. P. Schieberle/PD Dr. V. Somoza

Anwenderbereich Zucker, Zuckertechnologie, Süßstoffe

Ursachen der Verringerung des Markgehaltes von Zuckerrüben und Auswirkung auf Menge und Qualität der Schnitzelerzeugung

AiF 14789 N, 2006-2008

Institut für Zuckerrübenforschung (IfZ), Göttingen
Prof. Dr. B. Märländer/Dr. C. Hoffmann

Anwenderbereich Süßwaren, Kakao, Speiseeis, Honig

Identifizierung von Markersubstanzen zur Charakterisierung von Sortenhonigen

AiF BG 9516/08 (in Vorbereitung)

Institut für Innovationen im Lebensmittel- und Umweltbereich, Bremen
Dr. C. Lüllmann

Technische Universität Dresden, Institut für Lebensmittelchemie,
Professur für Spezielle Lebensmittelchemie/Lebensmittelproduktion
Prof. Dr. K. Speer

Reinheitskontrolle von Marzipan mittels molekularbiologischer Methoden

AiF 15304 N, 2007-2009

Universität Hamburg,
Department Chemie, Institut für Lebensmittelchemie
Prof. Dr. M. Fischer/Dr. I. Haase

Untersuchungen zur Wirkung von grenzflächenaktiven Substanzen in konzentrierten, lipophilen Süßwarensuspensionen am Beispiel von Schokoladenmasse

AiF 15217 N, 2007-2009

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück
Dr. V. Heinz/Dr. K. Franke

Verbesserung der Lagerstabilität von Schokoladenprodukten mit wässrigen, nichtalkoholischen Füllungen auf der Basis von O/W-Emulsionen

AiF 14947 N, 2006-2008

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück
Dr. V. Heinz/Dr. U. Bindrich/Dr. K. Franke

Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung (IVV), Freising
Prof. Dr. H.-C. Langowski/Dr. Dr. G. Ziegleder

Auswirkungen einer Filtration auf die Zusammensetzung von Honig in Hinblick auf einen sicheren Verfälschungsnachweis

AiF 14450 BG, 2005-2007

Institut für Innovationen im Lebensmittel- und Umweltbereich, Bremen
Dr. C. Lüllmann

Technische Universität Dresden, Institut für Lebensmittelchemie,
Professur für Spezielle Lebensmittelchemie/Lebensmittelproduktion
Prof. Dr. K. Speer

Herstellung von Sonnenblumen-Proteinpräparaten mit verminderten Polyphenolgehalten aus Ölgewinnungsrückständen zur Anwendung in Lebensmitteln

AiF 14449 N, 2005-2007

Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung (IVV), Freising
Prof. Dr. H.-C. Langowski/Dipl.-Ing. U. Knauf

Universität Hohenheim,
Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,
FG Lebensmittel pflanzlicher Herkunft
Prof. Dr. Dr. R. Carle/Dr. S. Neidhart

Entwicklung molekularbiologischer Methoden zur Ermittlung qualitätsbestimmender Parameter in Kakao und Schokoladen auf Basis der PCR

AiF 14387 N, 2005-2007

Technische Universität München, Department Chemie,
Lehrstuhl für Organische Chemie und Biochemie
Prof. Dr. Dr. A. Bacher/PD Dr. M. Fischer

Universität Hamburg, Institut für Biochemie und Lebensmittelchemie,
Abt. Lebensmittelchemie
Prof. Dr. M. Fischer/Dr. I. Haase

Erfassung und Management von unbeabsichtigten Einträgen von allergenen Lebensmitteln am Beispiel Feiner Backwaren

AiF 14362 N, 2005-2007
Bundesamt für Sera und Impfstoffe, Langen
Paul-Ehrlich-Institut, Abt. Allergologie
Prof. Dr. S. Vieths

Anwenderbereich Fisch, Fleisch

Modellbasierte Optimierungsstrategien zur automatisierten Hochdruckhaltbarmachung von Lebensmitteln am Beispiel von Fleischerzeugnissen

AiF ZN 9430/08 (in Vorbereitung)
Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück
Dr. V. Heinz/Dr. S. Töpfl
Universität Erlangen-Nürnberg,
Department für Chemie- und Bioingenieurwesen,
Lehrstuhl für Strömungsmechanik
Prof. Dr. A. Delgado/Dipl.-Ing. C. Rauh

Aufarbeitung von Schlacht tierblut mit Hilfe gepulster elektrischer Felder (PEF) zur Keimverminderung und nachhaltigem Einsatz für Lebensmittel tierischen Ursprungs

AiF 15885 N, 2008-2010
Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück
Dr. V. Heinz/Dr. S. Töpfl
Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover,
Zentrum für Lebensmittelwissenschaften,
Institut für Lebensmittelqualität und -sicherheit
Prof. Dr. G. Klein/PD Dr. B. Nowak/Dr. T. von Müffling

Anwendung elektrohydraulischer Stoßwellen zur Desintegration biologischer Gewebe am Beispiel der Zartmachung von Rindfleisch

AiF 15884 N, 2008-2010
Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück
Dr. V. Heinz/Dr. S. Töpfl
Max-Rubner-Institut (MRI),
Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel,
AG Analytik, Kulmbach
Dr. F. Schwägele

Wirkung von Nitrit auf Gram positive Infektionserreger in Rohwurstherzeugnissen

AiF 15835 N, 2008-2010

Max-Rubner-Institut (MRI),
Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel,
Institut für Mikrobiologie und Biotechnologie, Kulmbach
Prof. Dr. Dr. M. Gareis/Dr. R. Pichner

Technische Universität München
Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung,
Abt. Mikrobiologie, Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. S. Scherer/Dr. K. Neuhaus

Verfahrenstechnische Prozessoptimierung des Zerkleinerungs- u. Mischprozesses von Fleischmatrices unter besonderer Berücksichtigung der Messergeometrie

AiF 15658 N, 2008-2010

Max-Rubner-Institut (MRI),
Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel,
Institut für Sicherheit und Qualität bei Fleisch, Kulmbach
Prof. Dr. K. Troeger/PD Dr. Dr. G. F. Hammer

Universität Erlangen-Nürnberg,
Department für Chemie- und Bioingenieurwesen,
Lehrstuhl für Strömungsmechanik
Prof. Dr. A. Delgado/Dipl.-Ing. C. Rauh

Institut für Werkzeugforschung und Werkstoffe e.V. (IFW), Remscheid
Dr. P. Dültgen/Dr. C. Pelshenke

Entwicklung eines Niedertemperatur-Vakuumtrocknungsverfahrens zur Herstellung von Starterkulturen

AiF 15616 N, 2008-2010

Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung, Abt. Technologie, Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. U. Kulozik/Dr. P. Först

Technische Universität München,
Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,
Department für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften,
Lehrstuhl für Technische Mikrobiologie, Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. R. F. Vogel

Einsatz gepulster elektrischer Felder zur Verbesserung von Massentransportprozessen innerhalb fester biologischer Produkte am Beispiel der Behandlung von Rohpökelfwaren

AiF 15460 N, 2008-2009

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück
Dr. V. Heinz/Dr. S. Töpfl

Hochschule Ostwestfalen Lippe, Fachbereich Life Science Technologies,
Labor Fleishtechnologie
Prof. Dr. A. Stiebing/Dipl.-Ing. L. Hegerding

Beitrag des Peptid- und Aminosäurestoffwechsels von Starterkulturen zur Bildung qualitätsbestimmender Inhaltsstoffe bei der Rohwurstreifung

AiF 15458 N, 2008-2009

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,
Department für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften,
Lehrstuhl für Technische Mikrobiologie, Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. R. F. Vogel

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,
Department für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften,
FG Biomolekulare Lebensmitteltechnologie, Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. W. Schwab

Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA), Garching,
Prof. Dr. Dr. P. Schieberle

Einfluss technologischer Prozesse auf die Inaktivierung und Tenazität von Norovirus in Lebensmitteln

AiF 15215 N, 2007-2009

Hochschule Ostwestfalen Lippe, Fachbereich Life Science Technologies,
Labor Mikrobiologie
Prof. Dr. B. Becker

Untersuchungen zum Einfluss technologischer Prozesse auf die Tenazität und Inaktivierungskinetik von ausgewählten viralen Infektionserregern in Rohwurstprodukten

AiF 15189 BR, 2007-2009

Universität Leipzig, Zentrum für Veterinary Public Health,
Institut für Lebensmittelhygiene
Prof. Dr. K. Fehlhaber/Dr. T. Albert

Universität Leipzig, Zentrum für Veterinary Public Health,
Institut für Tierhygiene und Öffentliches Veterinärwesen
Prof. Dr. U. Truyen/Dr. J. Manteufel

Verbesserung der Hygiene bei der Fleischverarbeitung durch Ausnutzung photokatalytischer Effekte zur Entkeimung von Oberflächen

AiF 249 ZN, 2007-2009

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück
Dr. V. Heinz/Dr. M. Timke/Dr. S. Töpfl

FGK Forschungsinstitut für Anorganische Werkstoffe - Glas/Keramik gGmbH,
Höhr-Grenzhausen
Dr. R. Diedel/Dr. J. Werner

Funktionelle Fleischerzeugnisse

AiF 15049 N, 2007-2009

Max-Rubner-Institut (MRI),
Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel,
Institut für Sicherheit und Qualität bei Fleisch, Kulmbach
Prof. Dr. K. Troeger/Dr. S. Münch

Max-Rubner-Institut (MRI),
Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel,
Institut für Physiologie und Biochemie der Ernährung, Karlsruhe
Prof. Dr. Dr. B. Watzl

Schnellnachweis von *Escherichia coli* in der Lebensmittelproduktion durch Biochips auf 16S ribosomaler RNA-Basis

AiF 230 ZN, 2007-2009

Universität Bayreuth, Laboratorium für Biochemie
Prof. Dr. M. Sprinzl

Max-Rubner-Institut (MRI), Bundesforschungsinstitut für Ernährung und
Lebensmittel, Institut für Mikrobiologie und Biotechnologie, Kulmbach
Prof. Dr. Dr. M. Gareis

Stabilisierung von sprühgetrockneten Fischöl-Emulsionen unter oxidativen und sensorischen Aspekten

AiF 14951 N, 2006-2008

Universität Kiel, Institut für Humanernährung und Lebensmittelkunde,
Abteilung Lebensmitteltechnologie
Prof. Dr. K. Schwarz/Dr. S. Drusch

Universität Karlsruhe (TH), Institut für Thermische Verfahrenstechnik
Prof. Dr. M. Kind

Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA), Garching
Prof. Dr. Dr. P. Schieberle

Einfluss der Fütterung auf das Aroma und die sensorischen Eigenschaften von Lachs in unterschiedlichen Zubereitungen

AiF 14338 N, 2005-2007

Universität Hamburg, Institut für Biochemie und Lebensmittelchemie,
Abt. Lebensmittelchemie
Prof. Dr. Dr. H. Steinhart

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg,
Fakultät Life Sciences, Department Ökotrophologie
Prof. Dr. M. Busch-Stockfisch

Hochdruckbehandlung bei Fleischerzeugnissen - technologische Nutzung der Auswirkungen dieses innovativen Verfahrens auf die chemisch-physikalischen, sensorischen und mikrobiologischen Produktparameter

AiF 14256 N, 2005-2007

Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel (BFEL),
Institut für Chemie und Physik, Kulmbach
Prof. Dr. K.-O. Honikel/Dr. S. Fischer

Aufklärung der Grundvorgänge des Herstellungsprozesses von Brühwurst(fein)brät mit dem Kutter

AiF 14072 N, 2005-2007

Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel (BFEL),
Institut für Technologie, Kulmbach
Prof. Dr. K. Troeger/PD Dr. G. F. Hammer
Institut für Werkzeugforschung und Werkstoffe e.V. (IFW), Remscheid
Dr. P. Dültgen/Dipl.-Ing. H. Brand

Anwenderbereich Speisefette und -öle, Emulsionen, Margarine, Butter

Untersuchungen zur Bildung von 3-Monochlorpropan-1,2-diol-Fettsäureestern (3-MCPD-FE) in Pflanzenölen und Entwicklung von Strategien zu deren Minimierung

AiF BG 9508/08 (in Vorbereitung)

Max-Rubner-Institut (MRI),
Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel,
Institut für Sicherheit und Qualität bei Getreide, Münster
Prof. Dr. M. G. Lindhauer/Dr. B. Matthäus/Dr. L. Brühl

PPM Pilot Pflanzenöltechnologie Magdeburg e.V.
Dr. F. Pudel/Dr. J.-P. Krause

Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA), Garching
Prof. Dr. Dr. P. Schieberle/Dr. M. Granvogl

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück
Dr. V. Heinz/Dr. K. Franke

Entwicklung eines Hochspannungsimpuls-unterstützten Verfahrens zur Verdrängungsextraktion von Ölen und funktionellen Proteinen aus Ölsaaten am Beispiel von Raps

AiF 15241 BG, 2007-2009

PPM Pilot Pflanzenöltechnologie Magdeburg e.V.

Dr. F. Pudiel/Dr. J.-P. Krause

Technische Universität Berlin, Institut für Lebensmitteltechnologie und Lebensmittelchemie, FG Lebensmittelbiotechnologie und -prozess Technik
Prof. Dr. D. Knorr

Strukturierung von fettreduzierten Lebensmittelemulsionen

AiF 15218 N, 2007-2009

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück

Dr. V. Heinz/Dipl.-Ing. A. Mechelhoff

Polyphenolangereichertes Deodestillat zur Erhöhung der Oxidationsstabilität von speiseöhlhaltigen Nahrungsmitteln

AiF 15216 N, 2007-2009

Technische Universität Hamburg-Harburg,

Institut für Thermische Verfahrenstechnik,

AG Wärme- und Stofftransport

Prof. Dr. R. Eggens

Universität Kiel, Institut für Humanernährung und Lebensmittelkunde,
Abteilung Lebensmitteltechnologie

Prof. Dr. K. Schwarz

Positive Beeinflussung der Fettsäurezusammensetzung im Produkt beim Vorfrittieren mit Rapsöl

AiF 14340 N, 2005-2007

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück

Dr. V. Heinz/Dr. K. Franke

Erzeugung von stabilen multiplen Lebensmittelemulsionen vom Typ W/O/W

AiF 14087 BG, 2004-2007

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück

Dr. H.-D. Jansen/Dr. U. Bindrich

Universität Jena, Institut für Ernährungswissenschaften,
Lehrbereich Lebensmitteltechnologie

Prof. Dr. G. Muschiolik

Anwenderbereich Ei, Eiprodukte, Proteine

Fraktionierung und getrennte Ausnutzung des technologisch-funktionellen Potentials der Eigelbhauptfraktionen Plasma und Granula

AiF N 9514/08 (in Vorbereitung)

Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung, Abt. Technologie, Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. U. Kulozik/Dipl.-Ing. K. Daimer

Entwicklung eines neuen Verfahrens zur kostengünstigen Gewinnung von technologisch und physiologisch wertvollen Eigelbfractionen

AiF 15512 N, 2008-2010

Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover,
Zentrum für Lebensmittelwissenschaften,
Institut für Lebensmitteltoxikologie und Chemische Analytik,
Abt. Chemische Analytik
Prof. Dr. W. Ternes

Untersuchungen zu den Wechselwirkungen von Zusammensetzung und Struktur von Eigelb bezüglich der technologischen Eigenschaften

AiF 14633 N, 2006-2008

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück
Dr. V. Heinz/Dr. K. Franke

Untersuchungen zur Gewinnung und Anwendung von Proteinmehlen und Ballaststoffkonzentraten als Lebensmittelzutaten aus Leinschrot

AiF 14447 BG, 2005-2007

Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung (IVV), Freising
Prof. Dr. H.-C. Langowski/Dr. K. Müller
Institut für Lebensmittel- und Umweltforschung (ILU), Nuthetal
Dipl.-Ing. P. Kretschmer/Dr. H. Kaiser

Neuentwicklung eines Verfahrens zur Gewinnung gefriergetrockneter Eigelbprodukte unter weitgehendem Erhalt der nativen Funktionalität der Dotterinhaltsstoffe als Basis für innovative Produkte aus Eigelb

AiF 14259 N, 2005-2007

Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover,
Zentrum für Lebensmittelwissenschaften,
Institut für Lebensmitteltoxikologie und Chemische Analytik,
Abt. Chemische Analytik
Prof. Dr. W. Ternes

Optimierung der Gel- und Schaumbildungseigenschaften von definierten Gemischen aus nativen und modifizierten Eiklar- und Milchproteinen

AiF 14258 N, 2005-2007

Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung, Abt. Technologie, Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. U. Kulozik

Steigerung der Emulgierereigenschaften von Eigelb durch thermische und enzymatisch-thermische Behandlung

AiF 14041 N, 2004-2007

Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung, Abt. Technologie, Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. U. Kulozik

Anwenderbereich Milch

„Emerging Spores“ - Bestimmung von Prävalenz und thermischen Inaktivierungsdaten von hitzeresistenten Sporenbildnern in Milchprodukten für eine erhöhte Prozesssicherheit

AiF N 9517/08 (in Vorbereitung)

Universität Hohenheim,
Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,
FG Lebensmittel tierischer Herkunft
Prof. Dr. Dr. J. Hinrichs

Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung, Abt. Mikrobiologie, Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. S. Scherer/Dr. M. Ehling-Schulz

Entwicklung eines Verfahrens zur Isolierung von Phospholipiden aus Molkenrahm und Nachweis des gesundheitlichen Potentials der Phospholipide

AiF ZBG 9429/08 (in Vorbereitung)

Hochschule Anhalt (FH), Köthen, Fachbereich Angewandte Biowissenschaften und Prozesstechnik, FG Lebensmittelverfahrenstechnik/Milchtechnologie
Prof. Dr. T. Kleinschmidt/Dr. G. Konrad

Universität Jena, Institut für Ernährungswissenschaften,
Lehrstuhl Ernährungsphysiologie
Prof. Dr. G. Jahreis/PD Dr. R. Schubert

Max-Rubner-Institut (MRI),
Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel
Institut für Physiologie und Biochemie der Ernährung
Prof. Dr. J. Schrezenmeir/Dr. M. Pfeuffer

Molekulare, physiko-chemische und zelluläre Mechanismen der sensorischen Wahrnehmung von Lipiden und Lipoiden sowie deren Einfluss auf die Sättigungsregulation: Erkenntnisbasierter Ansatz zur Entwicklung fettreduzierter Lebensmittel

DFG/AiF-Cluster 3

AiF **15963 N** (in Vorbereitung), „Konsumentenorientierte sensorische Untersuchungen“

AiF **15962 N** (in Vorbereitung), „Simulation und Vorhersage des Mundgefühls“

AiF **15961 N** (in Vorbereitung), „Sättigungsregulierende Fettinhaltsstoffe“

AiF **15960 N** (in Vorbereitung), „Modulatoren der „Fett“-Wahrnehmung“

Analytische und konsumentenorientierte sensorische Untersuchungen und Wahrnehmungen an ausgewählten Matrices und Lebensmitteln mit unterschiedlichen Fettgehalten

AiF 15963 N (in Vorbereitung)

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg,

Fakultät Life Sciences, Department Ökotrophologie

Prof. Dr. M. Busch-Stockfisch

Simulation und Vorhersage des mechanisch induzierten Mundgefühls beim Verzehr von fettreduzierten, nicht stückigen, fließfähigen Lebensmitteln

AiF 15962 N (in Vorbereitung)

Universität Erlangen-Nürnberg,

Department für Chemie- und Bioingenieurwesen,

Lehrstuhl für Strömungsmechanik

Prof. Dr. A. Delgado/Dipl.-Ing. C. Rauh

Identifizierung von sättigungsregulierenden Inhaltsstoffen in Nahrungsfetten und Optimierung von fettarmen Lebensmitteln durch Zusatz von lipoiden Verbindungen mit hoher Sättigungswirkung

AiF 15961 N (in Vorbereitung)

Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA), Garching

Prof. Dr. Dr. P. Schieberle/Prof. Dr. V. Somoza

Mikro- und makrostrukturelle Matriceigenschaften als Modulatoren der „Fett“-Wahrnehmung in Milchprodukten

AiF 15960 N (in Vorbereitung)

Universität Hohenheim,

Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,

FG Lebensmittel tierischer Herkunft

Prof. Dr. Dr. J. Hinrichs

Bewertung der an das Suspensionsmedium adaptierten Thermostabilität von *Leuconostoc*-Phagen als Grundlage für eine verbesserte Prozesssicherheit

AiF 15886 N, 2008-2010

Universität Hohenheim,
Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,
FG Lebensmittel tierischer Herkunft
Prof. Dr. Dr. J. Hinrichs/M.Sc. Z. Dogan
Max-Rubner-Institut (MRI),
Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel,
Institut für Mikrobiologie und Biotechnologie, Kiel
Prof. Dr. K. J. Heller/Dr. H. Neve

Herstellung und funktionelle Eigenschaften von individuell mikropartikulierten Molkenproteinfraktionen

AiF 15834 N, 2008-2010

Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs- und
Lebensmittelforschung, Abt. Technologie, Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. U. Kulozik/Dipl.-Ing. A. Tolkach

Screening und Bereitstellung neuer, industrietauglicher Beta-Galactosidasen für die Milchindustrie

AiF 15801 N, 2008-2010

Universität Hohenheim,
Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,
FG Biotechnologie
Prof. Dr. L. Fischer/Dr. S. Lutz-Wahl

Entwicklung eines Niedertemperatur-Vakuumtrocknungsverfahrens zur Herstellung von Starterkulturen

AiF 15616 N, 2008-2010

Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs- und
Lebensmittelforschung, Abt. Technologie, Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. U. Kulozik/Dr. P. Först

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,
Department für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften,
Lehrstuhl für Technische Mikrobiologie, Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. R. F. Vogel

Technologischer Prozess als Modulator der Texturigenschaften von Frischkäse

AiF 15584 N, 2008-2010

Universität Hohenheim,
Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,
FG Lebensmittel tierischer Herkunft
Prof. Dr. Dr. J. Hinrichs

Thermisch induzierte Beeinflussung der Sekundär- und Aggregatstruktur von unfractionierten Molkenproteinen und ihre Auswirkung auf technofunktionelle Eigenschaften

AiF 15514 N, 2008-2010

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück
Dr. V. Heinz/Dr. H. Wackerbarth

Mikroverkapselung probiotischer Keime mittels enzymatisch induzierter Gelbildung von Milchproteinen

AiF 15327 N, 2007-2009

Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung, Abt. Technologie, Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. U. Kulozik/Dr. P. Först/Dipl.-Ing. T. Heidebach

Gewinnung, Funktionalität und Prozessstabilität einzelner Fraktionen von Caseinmakropeptid

AiF 15187 N, 2007-2009

Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung, Abt. Technologie, Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. U. Kulozik/Dipl.-Ing. M. Kreuß

Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung, Abt. Biofunktionalität, Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. S. Scherer/Leb.-Chem. I. Krause

Emetische Toxinproduktion von *Bacillus cereus* in ausgewählten Lebensmitteln: Mechanismen und Präventionsmöglichkeiten

AiF 15186 N, 2007-2009

Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung, Abt. Mikrobiologie, Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. S. Scherer/Dr. M. Ehling-Schulz

Interaktion von Aromastoff und Milchproduktmatrix

AiF 15158 N, 2007-2009

Universität Hohenheim,
Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,
FG Lebensmittel tierischer Herkunft
Prof. Dr. Dr. J. Hinrichs

Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA), Garching
Prof. Dr. Dr. P. Schieberle

Thermische und enzymatische Modifizierung der funktionellen Eigenschaften von Molkenproteinkonzentraten aus Sauermolke

AiF 15082 BR, 2007-2009

Hochschule Anhalt (FH), Köthen,
Fachbereich Angewandte Biowissenschaften und Prozesstechnik,
FG Lebensmittelverfahrenstechnik/Milchtechnologie
Prof. Dr. T. Kleinschmidt/Dr. G. Konrad

Prozessoptimierung zur Herstellung von länger haltbarer Frischmilch (ESL) unter Verwendung von thermischen und Membranverfahren

AiF 15047 N, 2007-2009

Technische Universität München,
Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung,
Abt. Technologie, Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. U. Kulozik/Dipl.-oec.-troph. V. Kaufmann

Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung, Abt. Mikrobiologie, Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. S. Scherer

Optimierung der Proteinquervernetzung durch Transglutaminase in gerührtem Joghurt

AiF 15044 N, 2007-2009

Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung, Abt. Technologie, Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. U. Kulozik

Enzymatische Gewinnung von Lactulose in lactosehaltigen Milchprodukten und technischen Lactoselösungen

AiF 14787 N, 2006-2008

Universität Hohenheim,
Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,
FG Lebensmittel tierischer Herkunft
Prof. Dr. Dr. J. Hinrichs

Universität Hohenheim,
Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,
FG Biotechnologie
Prof. Dr. L. Fischer

Entwicklung einer anti-listeriellen, frühen Oberflächenreifungskultur für geschmierte Käse

AiF 14786 N, 2006-2008

Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung, Abt. Mikrobiologie, Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. S. Scherer/Dr. S. Goerges

Max-Rubner-Institut (MRI),
Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel,
Institut für Mikrobiologie und Biotechnologie, Kiel
Prof. Dr. K. J. Heller/Dr. W. Bockelmann

Gewinnung physiologisch und technologisch wirksamer Milchproteinkomponenten mittels neuartiger Membranfraktionierungskonzepte und optimierter Prozesstechnologie

AiF 14740 N, 2006-2008

Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung, Abt. Technologie, Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. U. Kulozik/Dipl.-Ing. A. Tolkach

Technische Universität Kaiserslautern, Fachbereich Maschinenbau und Verfahrenstechnik, Lehrstuhl für Mechanische Verfahrenstechnik
Prof. Dr. S. Ripperger

Molkeveredelung zur Nutzung der Synergien aus stabilisierenden und prebiotischen Eigenschaften von Kohlenhydrat-Gemischen durch Lactose-Umsetzung

AiF 14448 N, 2005-2007

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück
Dr. V. Heinz/Dr. M. Sell

Erhöhte Prozesssicherheit durch eine an das Suspensionsmedium adaptierte thermische Inaktivierung von Bakteriophagen

AiF 14339 N, 2005-2007

Universität Hohenheim,
Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,
FB Lebensmittel tierischer Herkunft
Prof. Dr. Dr. J. Hinrichs

Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel (BFEL),
Institut für Mikrobiologie, Kiel
Prof. Dr. K. J. Heller/Dr. H. Neve

Entwicklung eines Verfahrens zur selektiven Gewinnung von α -Lactalbumin aus Molke oder Molkenproteinkonzentrat

AiF 14127 BR, 2004-2007

Hochschule Anhalt (FH), Köthen, Fachbereich Lebensmitteltechnologie, Biotechnologie, Verfahrens- und Umwelttechnik, FG Lebensmittelverfahrenstechnik/Milchtechnologie
Prof. Dr. T. Kleinschmidt/Dr. G. Konrad

Präzise und vereinfachte Identifizierung von mikrobiellen FTIR-Spektren zur Qualitätssicherung in Lebensmittel verarbeitenden Betrieben

AiF 14126 N, 2005-2007

Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung, Abt. Mikrobiologie, Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. S. Scherer/Dr. H. Seiler

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,
Department Lebensmittel und Ernährung,
Lehrstuhl für Fluidmechanik und Prozessautomation
Prof. Dr. A. Delgado/Dr. T. Becker

Universität Erlangen-Nürnberg, Institut für Chemie- und Bioingenieurwesen,
Lehrstuhl für Strömungsmechanik
Prof. Dr. A. Delgado/Dr. R. Benning

Größe und mechanische Stabilität der Mikrogelpartikel in Rührjoghurt

AiF 14088 N, 2005-2008

Universität Hohenheim,
Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,
FG Lebensmittel tierischer Herkunft
Prof. Dr. Dr. J. Hinrichs/Dipl.-Ing. K. Weidendorfer

Verminderung der Verbackungsneigung von sprühgetrockneten laktosehaltigen Pulvern

AiF 14074 N, 2005-2007

Universität Karlsruhe (TH), Institut für Thermische Verfahrenstechnik
Prof. Dr. M. Kind

Energiesparende und schonende Homogenisierung von Milch und Auswirkungen auf die Textur von Milchprodukten

AiF 14073 N, 2005-2007

Universität Karlsruhe (TH), Institut für Bio- und Lebensmitteltechnik,
Bereich I: Lebensmittelverfahrenstechnik
Prof. Dr. H. P. Schuchmann/Prof. Dr. H. Schubert/Dipl.-Ing. F. Aguilar

Technische Universität München,
Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung,
Abt. Technologie, Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. U. Kulozik

Universität Hohenheim,
Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,
FG Lebensmittel tierischer Herkunft
Prof. Dr. Dr. J. Hinrichs

Schaumbildungseigenschaften von Milch sowie daraus fraktionierten und enzymatisch modifizierten Milchproteinen

AiF 14040 N, 2004-2006

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück
Dr. H.-D. Jansen/Dipl.-Ing. H. Rohenkohl

Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel (BFEL),
Institut für Chemie und Technologie der Milch, Kiel
Prof. Dr. H. Meisel/PD Dr. P. C. Lorenzen/Dr. W. Hoffmann

Denitrifikation von Molke und Molkeprodukten – Kombination von Chromatographie und biologischem Nitratabbau

AiF 14038 N, 2004-2006

Universität Hannover, Institut für Technische Chemie
Prof. Dr. T. Scheper/Dr. R. Ulber

Anwenderbereich Getränke (Säfte, Bier, Wein, Spirituosen)

Optimierung von Rezeptur und Herstellungsverfahren zur Vermeidung qualitätsmindernder Aromastoffe in hopfenhaltigen Getränken

AiF N 9515/08 (in Vorbereitung)

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,
Department Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und Biogene Rohstoffe,
Lehrstuhl für Technologie der Brauerei I
Prof. Dr. W. Back/Dr. M. Gastl

Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA), Garching
Prof. Dr. Dr. P. Schieberle/LM-Chem. J. Kreissl

Untersuchung natürlicher standortspezifischer Hefepopulationen und ihre Bedeutung für die Qualität spontan vergorener Weine

AiF N 9513/08 (in Vorbereitung)

Forschungsanstalt Geisenheim, Institut für Oenologie und Getränkeforschung
FG Mikrobiologie und Biochemie
Prof. Dr. K. Schaller/Dr. C. von Wallbrunn

Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs- und
Lebensmittelforschung, Abt. Mikrobiologie, Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. S. Scherer/Dr. M. Wenning

**Heterogenität beim Mälzen – ein chronisches Problem für die Bierbrauerei:
Erfassung der Ursachen und Erarbeitung von Strategien zu deren Vermeidung**

AiF N 9511/08 (in Vorbereitung)

Technische Universität Braunschweig, Institut für Pflanzenbiologie,
Arbeitsbereich Angewandte Pflanzenbiologie
Prof. Dr. D. Selmar

Technische Universität Berlin, Institut für Biotechnologie
Lehrstuhl für Brauwesen
Prof. Dr. F.-J. Methner

**Molekular-sensorische Charakterisierung und technologische Vermeidung des
bitteren Fehlgeschmacks in Weißwein**

AiF N 9510/08 (in Vorbereitung)

Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum (DLR) - Rheinpfalz -,
Abt. Weinbau und Oenologie, Neustadt/Weinstraße
Dr. H.-P. Lorenz/Prof. Dr. U. Fischer

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,
Department für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften,
Lehrstuhl für Lebensmittelchemie und Molekulare Sensorik,
Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. T. Hofmann

**Verbesserung der Anthocyanstabilität in flüssigen, pastösen und stückigen
Fruchtprodukten**

AiF N 9509/08 (in Vorbereitung)

Universität Hohenheim,
Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,
FG Lebensmittel pflanzlicher Herkunft
Prof. Dr. Dr. R. Carle/Dr. D. R. Kammerer

Forschungsanstalt Geisenheim,
Institut für Oenologie und Getränkeforschung,
FG Weinanalytik und Getränkeforschung
Prof. Dr. H. Dietrich/Dr. F. Will

**Zeitnahe Identifizierung von biogene Amine und Fehleraromen bildenden Bakte-
rien während der Weinbereitung und Prävention ihrer Vermehrung**

AiF 15833 N, 2008-2010

Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum (DLR) - Rheinpfalz -,
Abt. Weinbau und Oenologie, Neustadt/Weinstraße
Dr. H.-P. Lorenz/Prof. Dr. U. Fischer

Universität Mainz, Institut für Mikrobiologie und Weinforschung
Prof. Dr. H. König

Bioaktive Inhaltsstoffe mit gesundheitsförderndem Potenzial aus Nebenprodukten der Apfelsaftherstellung und der Apfelpektingewinnung: In-vitro-Charakterisierung des Wirkprofils und Anreicherung wertgebender Komponenten

AiF 15617 N, 2008-2010

Universität Karlsruhe (TH), Institut für Angewandte Biowissenschaften,
Abt. für Lebensmitteltoxikologie
Prof. Dr. D. Marko

Universität Hohenheim,
Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,
FG Lebensmittel pflanzlicher Herkunft
Prof. Dr. Dr. R. Carle/Dr. D. R. Kammerer

Einsatz neuartiger CO₂-Sprühverfahren für die Herstellung innovativer Produkte aus Malzextrakt

AiF 15222 N, 2007-2009

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,
Department für Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und Biogene Rohstoffe,
Lehrstuhl für Maschinen- und Apparatekunde, Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. K. Sommer/Dr. S. Grüner/Dr. J. Voigt

Universität Bochum, Institut für Thermo- und Fluidodynamik,
Lehrstuhl Verfahrenstechnische Transportprozesse
Prof. Dr. E. Weidner/Dr. A. Kilzer

Klärung von Aromastoff-Veränderungen bei der Herstellung von Ananassaft

AiF 14949 N, 2006-2008

Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA), Garching
Prof. Dr. Dr. P. Schieberle/Dr. M. Steinhaus

Ultraschallsensorarray zur Analyse von wässrigen Zucker-Ethanol-Gemischen für die zuckervergärende Industrie

AiF 14790 N, 2006-2008

Universität Hohenheim,
Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,
FG Prozessanalytik und Getreidetechnologie
Prof. Dr. T. Becker/Dr. M. Mitzscherling

Optimierung des Sauerstoffeintrags bei der Mikrooxygenierung von Rotweinen

AiF 14788 N, 2006-2008

Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum (DLR) - Rheinpfalz -,
Abt. Weinbau und Oenologie, Neustadt/Weinstraße
Dr. H.-P. Lorenz/Prof. Dr. U. Fischer

Technische Universität Braunschweig, Institut für Lebensmittelchemie
Prof. Dr. P. Winterhalter/Dr. M. Schwarz

Bestimmung von Schwefeldioxid in Früchten und Fruchtprodukten durch HPLC-Biosensorkopplung

AiF 14583 N, 2005-2008

Forschungsanstalt Geisenheim,
Institut für Oenologie und Getränkeforschung,
FG Weinanalytik und Getränkeforschung

Prof. Dr. H. Dietrich
Universität Bonn, Institut für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften,
FG Lebensmittelchemie
Prof. Dr. R. Galensa

Einsatz gepulster elektrischer Felder zur Herstellung von Apfelsäften im Hinblick auf Zellaufschluss, Konservierung, Tresterverwertung und Konformität der Säfte

AiF 179 ZN, 2005-2007

Technische Universität Berlin, Institut für Lebensmitteltechnologie und
Lebensmittelchemie, FG Lebensmittelbiotechnologie und -prozess Technik
Prof. Dr. D. Knorr/Dipl.-Ing. H. Jäger

Universität Hohenheim,
Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,
FG Lebensmittel pflanzlicher Herkunft
Prof. Dr. Dr. R. Carle/PD Dr. A. Schieber/Dr. S. Neidhart

Forschungsanstalt Geisenheim,
Institut für Oenologie und Getränkeforschung,
FG Weinanalytik und Getränkeforschung
Prof. Dr. H. Dietrich

Einfluss von Getränkeinhaltsstoffen auf die Blasenkeimstabilität und die spontane Blasenentstehung im Inneren CO₂-haltiger Getränke sowie deren zeitliche Entwicklung

AiF 14089 N, 2005-2007

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,
Department für Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und Biogene Rohstoffe,
Lehrstuhl für Maschinen- und Apparatekunde, Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. K. Sommer

Gewinnung von Traubentresterextrakten und Untersuchungen zum Nachweis ihrer funktionellen Eigenschaften

AiF 14039 BG, 2004-2006

Universität Hohenheim,
Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,
FG Lebensmittel pflanzlicher Herkunft
Prof. Dr. Dr. R. Carle/Dr. A. Schieber

Universität Jena, Institut für Ernährungswissenschaften,
Lehrstuhl für Humanernährung
Prof. Dr. R. Bitsch/Dr. M. Netzel

Einfluss der zweiten Gärung in der Sektbereitung auf wertgebende Inhaltsstoffe und ihre sensorische Ausprägung im Sekt

AiF 13932 N, 2004-2006

ienstleistungszentrum Ländlicher Raum (DLR) – Rheinpfalz -,
Abt. Weinbau und Oenologie, Neustadt/Weinstraße
Dr. H.-P. Lorenz/Prof. Dr. U. Fischer

Technische Universität Braunschweig, Institut für Lebensmittelchemie
Prof. Dr. P. Winterhalter

Anwenderbereich Gewürze, Würzmittel, Aromen, etherische Öle, Essig, Senf, Salz

Einfluss von Textur, Herstellungsbedingungen und Brotalter auf die Verfügbarkeit wichtiger Brotaromastoffe unter Verzehrbedingungen

AiF N 9518/08 (in Vorbereitung)

Universität Hohenheim,
Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,
FG Prozessanalytik und Getreidetechnologie
Prof. Dr. T. Becker/Dr. M. Mitzscherling

Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA), Garching
Prof. Dr. Dr. P. Schieberle/Dr. K. Buhr

Biotechnologische Erzeugung von hochwertigen Aromastoffen aus Nebenströmen der Lebensmittelindustrie

AiF 299 ZN, 2008-2011

Universität Hannover, Institut für Lebensmittelchemie
Prof. Dr. Dr. R. G. Berger/Dr. U. Krings

Universität Gießen,
Institut für Lebensmittelchemie und Lebensmittelbiotechnologie
Prof. Dr. H. Zorn/Dr. M. A. Fraatz

Bewertung der allergenen Potenz von Speisewürzen, die durch Säurehydrolyse aus Sojabohne und Weizen hergestellt werden

AiF 15046 N, 2007-2009

Bundesamt für Sera und Impfstoffe, Langen
Paul-Ehrlich-Institut, Abt. Allergologie
Prof. Dr. S. Vieths

Anwenderbereich Nahrungsmittelmaschinen, Räucheranlagen, Sensoren

Modellbasierte Optimierungsstrategien zur automatisierten Hochdruckhaltbarmachung von Lebensmitteln am Beispiel von Fleischerzeugnissen

AiF ZN 9430/08 (in Vorbereitung)

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück
Dr. V. Heinz/Dr. S. Töpfl

Universität Erlangen-Nürnberg,
Department für Chemie- und Bioingenieurwesen,
Lehrstuhl für Strömungsmechanik
Prof. Dr. A. Delgado/Dipl.-Ing. C. Rauh

Aufarbeitung von Schlachtierblut mit Hilfe gepulster elektrischer Felder (PEF) zur Keimverminderung und nachhaltigem Einsatz für Lebensmittel tierischen Ursprungs

AiF 15885 N, 2008-2010

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück
Dr. V. Heinz/Dr. S. Töpfl

Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover,
Zentrum für Lebensmittelwissenschaften,
Institut für Lebensmittelqualität und -sicherheit
Prof. Dr. G. Klein/PD Dr. B. Nowak/Dr. T. von Müffling

Qualitätsbewertung von Hartweizen, Hartweizengrieß und Hartweizenprodukten durch die Auswertung digitaler Bilder

AiF 15832 N, 2008-2010

Universität Hohenheim,
Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,
FG Prozessanalytik und Getreidetechnologie
Prof. Dr. T. Becker/Dr. M. Mitzscherling

Entwicklung eines intelligenten Backofens (IBO) zum optimierten Backen in industriellen Backöfen mittels digitaler Bildauswertung und erfahrungsbasierter Fuzzyregelung

AiF 15659 N, 2008-2010

Universität Hohenheim,
Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie,
FG Prozessanalytik und Getreidetechnologie
Prof. Dr. T. Becker/Dr. M. Mitzscherling

Universität Hannover, Institut für Technische Chemie
Prof. Dr. T. Scheper/Prof. Dr. B. Hitzmann

Untersuchungen und Modellierung eines neuartigen Extrusionsprozesses für die Lebensmittelverarbeitung

AiF 15459 N, 2008-2009
Süddeutsches Kunststoff-Zentrum (SKZ), Würzburg
Dr. M. Bastian/Dr. K. Kretschmer
Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik e.V. (DIL)
Dr. V. Heinz/Dr. K. Franke

Neuartige Multikontakt-Detektion als Basis eines innovativen hybriden Systems zur automatischen Erkennung von partikulären, festen Fremdkörpern in abgefüllten, fließfähigen, nicht-stückigen Lebensmitteln am Beispiel von Produkten ausgewählter rheologischer Konstitution

AiF 264 ZBG, 2007-2009
Universität Erlangen-Nürnberg,
Department für Chemie- und Bioingenieurwesen,
Lehrstuhl für Strömungsmechanik
Prof. Dr. A. Delgado/Dr. R. Benning
Fraunhofer-Anwendungszentrum für Verarbeitungsmaschinen und Verpackungstechnik, Dresden
Prof. Dr. J.-P. Majschak/Dipl.-Ing. S. Bach

Technisch-wirtschaftliche Potenzialausschöpfung bei der neuronumerischen Schadensdetektion an Mehrweggütern mittels spatiotemporaler Vibrationsanalyse am Beispiel von Getränkekästen

AiF 231 ZN, 2007-2009
Universität Erlangen-Nürnberg,
Department für Chemie- und Bioingenieurwesen,
Lehrstuhl für Strömungsmechanik
Prof. Dr. A. Delgado
Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,
Department für Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und Biogene Rohstoffe, Lehrstuhl für Lebensmittelverpackungstechnik, Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. H.C. Langowski/PD Dr. H. Vogelpohl

Biogas aus Reststoffen der Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie - Ein neuartiges Konzept zur wirtschaftlichen Vermeidung von Emissionen und zur Erzeugung erneuerbarer Energie aus Reststoffen

AiF 14948 N, 2006-2009
Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,
Department für Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und Biogene Rohstoffe, Lehrstuhl für Maschinen- und Apparatekunde, Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. K. Sommer/Dr. J. Voigt

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,
Department für Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und Biogene
Rohstoffe,
Lehrstuhl für Rohstoff- und Energietechnologie, Straubing
Prof. Dr. M. Faulstich/Dr. D. Schieder

**Nanotechnologische Entwicklung von „easier-to-clean“-Oberflächenstrukturen
für eine zukünftig gesteigerte Lebensmittel- und Produktsicherheit**

AiF 210 ZN, 2006-2008

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin,
FG Oberflächentechnologien (VI.4)
Prof. Dr. G. Reiners/Dr. U. Beck

Universität Erlangen-Nürnberg,
Department für Chemie- und Bioingenieurwesen,
Lehrstuhl für Feststoff- und Grenzflächenverfahrenstechnik
Prof. Dr. W. Peukert

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW,
Department für Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und Biogene Roh-
stoffe, Lehrstuhl für Maschinen- und Apparatekunde, Freising-Weihenstephan
Prof. Dr. K. Sommer

**Entwicklung eines schnellen Biosensorarrays zur online-Bestimmung antimik-
robiell wirksamer Verbindungen in Rohmilch**

AiF 197 ZN, 2006-2008

Universität München, Lehrstuhl für Hygiene und Technologie der Milch,
Oberschleißheim
Prof. Dr. Dr. E. Märtlbauer/Dr. R. Dietrich

Technische Universität München, Department Chemie,
Institut für Wasserchemie und Chemische Balneologie
Prof. Dr. R. Nießner/Dr. M. Seidel

Mitgliederverzeichnis

Vorstand

Vorsitzender:

Dr. J. Kohnke, Köln

1. Stellvertretender Vorsitzender:

Prof. Dr. Dr. P. Schieberle

Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA), Garching

2. Stellvertretender Vorsitzender:

Dr. B. Schartmann

Lindt & Sprüngli, Aachen

Vorstand:

Dipl.-Ing. J. Berchtold

Harry-Brot GmbH, Schenefeld

Dipl.-Ing. H.-D. Bischof

Nestlé Deutschland GmbH, Frankfurt

Prof. Dr. A. Delgado

Universität Erlangen-Nürnberg, Institut für Chemie- und Bioingenieurwesen

Dipl.-Ing. K. Eismann

Kraft Foods Deutschland GmbH, Bad Fallingbostal

Prof. Dr. H.-U. Endreß

Herbstreith & Fox KG, Neuenbürg

Dr. K.-H. Gehlen

heristo aktiengesellschaft Westf. Fleischwarenfabrik Stockmeyer GmbH,
Sassenberg-Füchtorf

Prof. Dr. Dr. J. Hinrichs

Universität Hohenheim, Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie

Dr. T. Kuhlmann

Pfeifer & Langen Kommanditgesellschaft, Köln

Dipl.-Ing. R. Küster

The Lorenz Bahlsen Snack-World GmbH & Co. KG, Neu-Isenburg

Prof. Dr. S. Scherer

Technische Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung

Dr. U. Spiegel

Dr. August Oetker Nahrungsmittel KG, Bielefeld

Prof. Dr. P. Stehle

Universität Bonn, Institut für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften

Prof. Dr. E. J. Windhab

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Institut für Lebensmittel- und Ernährungswissenschaften

Prof. Dr. P. Winterhalter

Technische Universität Braunschweig, Institut für Lebensmittelchemie

Ehrenvorsitzender:

Dr. F. Ruf, Heilbronn

Geschäftsführung:

Dr. V. Häusser, Bonn

Mitgliedsverbände

Alkoholfreie Getränke, Wirtschaftsvereinigung Alkoholfreie Getränke e.V.

Aromenindustrie, Deutscher Verband der Aromenindustrie e.V. (DVAI)

Arzneimittel-Hersteller, Forschungsvereinigung der Arzneimittel-Hersteller e.V. (FAH)

Backmittelindustrie, Verband der Backmittel- und Backgrundstoffhersteller e.V. (BVB)

Bäckerhandwerk, Zentralverband des Deutschen Bäckerhandwerks e.V.

Brauerei, Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei in Berlin (VLB)

Brauwirtschaft, Wissenschaftsförderung der Deutschen Brauwirtschaft e.V. (Wifö)

Diätverband, Diätverband - Bundesverband der Hersteller von Lebensmitteln für eine besondere Ernährung e.V.

Eier, Zentralverband Eier e.V. (ZVE)

Eiprodukten-Industrie, Bundesverband der Deutschen Eiprodukten-Industrie e.V. (BVEP)

Essig- und Senfindustrie, Verband der Essig- und der Senfindustrie e.V.

Feinkostindustrie, Bundesverband der Deutschen Feinkostindustrie e.V.

Fischindustrie, Bundesverband der deutschen Fischindustrie und des Fischgroßhandels e.V.

Fleischer, Deutscher Fleischer-Verband e.V. (DFV)

Fleischwarenindustrie, Bundesverband der Deutschen Fleischwarenindustrie e. V. (BVDF)

Fleischwirtschaft, Verband der Fleischwirtschaft e.V. (VDF)

Fruchtsaft-Industrie, Verband der deutschen Fruchtsaft-Industrie e. V. (VdF)

Futtermitteltechnik, Internationale Forschungsgemeinschaft Futtermitteltechnik e.V. (IFF)

Geflügelschlachtereien, Bundesverband der Geflügelschlachtereien e.V.

Getreideforschung, Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung e.V. (AGF)

Getreidenährmittel, Getreidenährmittelverband - Bundesverband der Hersteller von Nahrungsmitteln aus Getreide und Reis e.V.

Gewürzindustrie, Fachverband der Gewürzindustrie e.V.

Großbäckereien, Verband Deutscher Großbäckereien e.V.

Hefeindustrie, Versuchsanstalt der Hefeindustrie e.V. (VH Berlin)

Honig, Honig-Verband e.V.

Hopfen, Deutscher Hopfenwirtschaftsverband e.V.

Kaffee, Deutscher Kaffee-Verband e.V.

- Klein- und Obstbrenner**, Bundesverband der Deutschen Klein- und Obstbrenner e.V.
- Konditoren**, Deutscher Konditorenbund e.V.
- Kräuter- und Fruchtetee**, Wirtschaftsvereinigung Kräuter- und Fruchtetee e.V. (WKF)
- Lebensmitteltechnik**, Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik e.V. (DIL)
- Lebensmitteltechnologie**, Industrievereinigung für Lebensmitteltechnologie und Verpackung e.V. (IVLV)
- Mälzer**, Deutscher Mälzerbund e.V.
- Margarineindustrie**, Verband der Deutschen Margarineindustrie e.V.
- Mehl- und Eiweißforschung**, Verein der Förderer des Hans-Dieter-Belitz-Instituts für Mehl- und Eiweißforschung e.V.
- Milchindustrie**, Milchindustrie-Verband e.V. (MIV)
- Milchwissenschaft**, Vereinigung zur Förderung der Milchwissenschaftlichen Forschung
- Mineralbrunnen**, Verband Deutscher Mineralbrunnen e.V. (VDM)
- Mühlen**, Verband Deutscher Mühlen e.V.
- Nahrungsmittelmaschinen**, VDMA Fachverband Nahrungsmittelmaschinen und Verpackungsmaschinen
- Naturdarm**, Zentralverband Naturdarm e.V.
- Obst-, gemüse- und kartoffelverarbeitende Industrie**, Bundesverband der obst-, gemüse- und kartoffelverarbeitenden Industrie e.V. (BOGK)
- Öl- und Proteinpflanzen**, UFOP - Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen e.V.
- Ölsaaten**, Verband der ölsaatenverarbeitenden Industrie in Deutschland e.V. (OVID)
- Pektin**, Fachverband Pektin e.V.
- Sektkellereien**, Verband Deutscher Sektkellereien e.V.
- Stärke-Industrie**, Fachverband der Stärke-Industrie e.V.
- Süßstoff**, Süßstoff-Verband e.V.
- Süßwarenindustrie**, Bundesverband der Deutschen Süßwarenindustrie e.V. (BDSI)
- Suppenindustrie**, Verband der Suppenindustrie e.V.
- Tee**, Deutscher Teeverband e.V.
- Teigwarenhersteller**, Verband der Teigwarenhersteller und Hartweizenmühlen Deutschlands e.V. (VTH)
- Tiefkühlinstitut**, Deutsches Tiefkühlinstitut e.V. (dti)
- Verfahrenstechnik**, Kompetenznetz Verfahrenstechnik Pro3 e.V.
- Weinbau**, Deutscher Weinbauverband e.V. (dvw)
- Zuckerindustrie**, Verein der Zuckerindustrie e.V.

Mitgliedsunternehmen

The Lorenz Bahlsen Snack-World GmbH & Co. KG Germany, Neu-Isenburg

Bayer BioScience GmbH, Potsdam

Bayerische Milchindustrie eG (BMi), Landshut

Ernst Böcker GmbH & Co. KG, Minden

Brandt Zwieback-Schokoladen GmbH & Co. KG, Hagen

Martin Braun Backmittel und Essenzen KG, Hannover

Bühler AG, CH-Uzwil

CMA Centrale Marketing-Gesellschaft der dt. Agrarwirtschaft mbH, Bonn

Coca-Cola GmbH, Berlin

Cremilk GmbH, Kappeln

Norbert Deiters & Ulrich Florin GbR, Hamburg

DLG e.V. (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V.), Frankfurt

Eckes-Granini Group GmbH, Nieder-Olm

Ferrero Deutschland GmbH, Frankfurt

FRoSTA AG, Bremerhaven

General Mills GmbH, Hamburg

Gewürzmüller GmbH, Korntal-Münchingen

GfL - Gesellschaft für Lebensmittel-Forschung mbH, Berlin

GNT Europa GmbH, Aachen

G. C. HAHN & Co. Stabilisierungstechnik GmbH, Lübeck

Rich. Hengstenberg GmbH & Co., Esslingen

Herbstreith & Fox KG, Neuenbürg

IGV – Institut für Getreideverarbeitung GmbH, Nuthetal

isolab GmbH - Laboratorium für Stabilisotopenanalytik, Hemmingen

Jäckering Mühlen und Nahrungsmittelwerke GmbH, Hamm

Kampffmeyer Mühlen GmbH, Hamburg

Peter Kölln KGaA, Elmshorn

Kräuter Mix GmbH, Abtswind

Kraft Foods Deutschland GmbH, Zweigniederlassung München

Krüger GmbH & Co. KG, Bergisch Gladbach

Carl Kühne KG (GmbH & Co.), Hamburg

Chocoladefabriken Lindt & Sprüngli GmbH, Aachen

Lurgi GmbH, Frankfurt
Mars GmbH, Verden
Molkerei Meggle Wasserburg GmbH & Co. KG, Wasserburg/Inn
Mettler-Toledo Product Inspection Germany, Giesen
Milupa GmbH, Friedrichsdorf/Ts.
Nano Holding GmbH, Chemnitz
Nestlé Deutschland AG, Frankfurt
Nordzucker AG, Braunschweig
Dr. August Oetker Nahrungsmittel KG, Bielefeld
Pfeifer & Langen KG, Köln
Adalbert-Raps-Stiftung, Kulmbach
Reimelt FoodTechnologie GmbH, Rödermark
Schwartauer Werke GmbH & Co., Bad Schwartau
SciNuTec GmbH, Münzenberg
Südzucker AG Mannheim/Ochsenfurt, Obrigheim
SYMRISE GmbH & Co. KG, Holzminden
Tchibo Manufacturing GmbH & Co. KG, Hamburg
Unilever Deutschland GmbH, Werk Heilbronn
GEA Westfalia Separator Production GmbH, Oelde
Rudolf Wild GmbH & Co. KG, Heidelberg/Eppelheim
Yakult Deutschland GmbH, Neuss
YARA Industrial GmbH, Bad Hönningen
Zentis GmbH & Co. KG, Aachen
Zuckerfabrik Jülich AG, Jülich

Mitgliedsinstitute/Forschungsstellen

Forschungsinstitute der Hochschulen

Hochschule Anhalt (FH)

Fachbereich Landwirtschaft, Ökotoxikologie, Landschaftsentwicklung:

- Professur für Lebensmittelkunde

Fachbereich Angewandte Biowissenschaften und Prozesstechnik:

- FG Lebensmittelverfahrenstechnik/Milchtechnologie

Universität Bayreuth

Laboratorium für Biochemie

Freie Universität Berlin

Wissenschaftliche Einrichtungen Veterinary Public Health:

- Institut für Lebensmittelhygiene

Technische Universität Berlin

Institut für Biotechnologie:

- Lehrstuhl für Brauwesen

Institut für Lebensmitteltechnologie und Lebensmittelchemie:

- FG Lebensmittelbiotechnologie und -prozesstechnik
- FG Lebensmittelverfahrenstechnik
- FG Lebensmittelchemie/Lebensmittelanalytik

Universität Bochum

Institut für Thermo- und Fluidodynamik:

- Lehrstuhl Verfahrenstechnische Transportprozesse

BGFA – Forschungsinstitut für Arbeitsmedizin der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung

Universität Bonn

Institut für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften

- FG Humanernährung
- FG Lebensmittelchemie
- FG Lebensmitteltechnologie/Lebensmittelmikrobiologie

Technische Universität Braunschweig

Institut für Pflanzenbiologie:

- Arbeitsbereich Angewandte Pflanzenbiologie

Institut für Lebensmittelchemie

Institut für Physikalische und Theoretische Chemie:

- Abteilung für Angewandte Physikalische Chemie

Institut für Nachrichtentechnik

Technische Universität Dortmund

Lehrstuhl für Physikalische Chemie II

Technische Universität Dresden

- Institut für Verfahrenstechnik und Umwelttechnik:
– Arbeitsgruppe Mechanische Verfahrenstechnik
Institut für Lebensmittel- und Bioverfahrenstechnik
Institut für Lebensmittelchemie

Universität Erlangen-Nürnberg

- Department Chemie und Pharmazie:
– Lehrstuhl für Lebensmittelchemie
Department für Chemie- und Bioingenieurwesen:
– Lehrstuhl für Strömungsmechanik
– Lehrstuhl für Feststoff- und Grenzflächenverfahrenstechnik

Universität Gießen

- Institut für Betriebslehre der Agrar- und Ernährungswirtschaft
Institut für Ernährungswissenschaft (IfE)
Institut für Lebensmittelchemie und Lebensmittelbiotechnologie

Universität Göttingen

- Department für Nutzpflanzenwissenschaften:
– Abteilung Qualität pflanzlicher Erzeugnisse
– Abteilung Agrartechnik

Universität Halle-Wittenberg

- Zentrum für Ingenieurwissenschaften:
– Verfahrenstechnik/TVT
Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften:
– Professur für Ernährungsphysiologie
– Professur für Tierzucht
Institut für Pharmazie:
– Pharmazeutische Technologie und Biopharmazie

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

- Fakultät Life Sciences:
– Department Ökotoxikologie

Universität Hamburg

- Department Biologie:
– Biozentrum Klein Flottbek und Botanischer Garten, Abteilung Pflanzenökologie und Nutzpflanzenbiologie
Department Chemie:
– Institut für Lebensmittelchemie
– Institut für Organische Chemie
– Institut für Physikalische Chemie
– Institut für Technische und Makromolekulare Chemie, Abteilung Polymeranalytik und Rheologie

Technische Universität Hamburg-Harburg

Institut für Thermische Verfahrenstechnik:

- Arbeitsgruppe Wärme- und Stofftransport

Universität Hannover

Institut für Lebensmittelchemie

Institut für Lebensmittelwissenschaft und Ökotoxikologie:

- Abteilung Ernährungsphysiologie und Humanernährung
- Institut für Technische Chemie

Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover

Zentrum für Infektionsmedizin:

- Institut für Mikrobiologie

Zentrum für Lebensmittelwissenschaften:

- Institut für Lebensmittelqualität und -sicherheit
- Institut für Lebensmitteltoxikologie und Chemische Analytik, Abteilung Chemische Analytik

Universität Hohenheim

Institut für Biologische Chemie und Ernährungswissenschaft

Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie:

- FG Lebensmittel pflanzlicher Herkunft
- FG Prozessanalytik und Getreidetechnologie
- FG Lebensmittelmikrobiologie
- FG Lebensmittel tierischer Herkunft
- FG Biotechnologie
- FG Gärungstechnologie
- FG Lebensmittelanalytik
- FG Lebensmittelverfahrenstechnik

Universität Jena

Institut für Ernährungswissenschaften:

- Lehrstuhl für Ernährungsphysiologie
- Lehrstuhl für Ernährungstoxikologie
- Lehrstuhl für Humanernährung

Technische Universität Kaiserslautern

Fachbereich Chemie:

- Fachrichtung Lebensmittelchemie und Toxikologie

Fachbereich Maschinenbau und Verfahrenstechnik:

- Lehrgebiet Bioverfahrenstechnik
- Lehrstuhl für Mechanische Verfahrenstechnik

Universität Karlsruhe (TH)

Institut für Angewandte Biowissenschaften:

- Abteilung für Lebensmitteltoxikologie

Institut für Thermische Verfahrenstechnik

Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Mechanik

Institut für Bio- und Lebensmitteltechnik:

- Bereich I: Lebensmittelverfahrenstechnik

Universität Kiel

Institut für Humanernährung und Lebensmittelkunde

Universität Leipzig

Zentrum für Veterinary Public Health:

- Institut für Lebensmittelhygiene
- Institut für Tierhygiene und Öffentliches Veterinärwesen

Universität Mainz

Institut für Mikrobiologie und Weinforschung

Technische Universität München

Department Ingenieurwissenschaften für Lebensmittel und Biogene Rohstoffe:

- Lehrstuhl für Lebensmittelverpackungstechnik
- Lehrstuhl für Maschinen- und Apparatekunde
- Lehrstuhl für Rohstoff- und Energietechnologie
- Lehrstuhl für Technologie der Brauerei I

Department Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften:

- FG Biomolekulare Lebensmitteltechnologie
- Lehrstuhl für Allgemeine Lebensmitteltechnologie
- Lehrstuhl für Chemisch-Technische Analyse und Chemische Lebensmitteltechnologie
- Lehrstuhl für Lebensmittelchemie und Molekulare Sensorik
- Lehrstuhl für Technische Mikrobiologie

Department Tierwissenschaften:

- Lehrstuhl für Tierhygiene

Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung:

- Abteilung Mikrobiologie
- Abteilung Biofunktionalität
- Abteilung Technologie

Department Chemie:

- Institut für Wasserchemie und Chemische Balneologie
- Lehrstuhl für Lebensmittelchemie

Universität München

Lehrstuhl für Hygiene und Technologie der Milch

Institut für Lebensmittelhygiene und -technologie

Universität Münster

Institut für Lebensmittelchemie

Hochschule Niederrhein

Fachbereich Oecotrophologie:

- Labor Mikrobiologie

Fachhochschule Osnabrück

- Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur:
– Labor für Lebensmittelphysik und Lebensmitteltechnik

Hochschule Ostwestfalen-Lippe

- Fachbereich Life Science Technologies:
– Labor Mikrobiologie
– Labor Verfahrenstechnik
– Labor Fleischtechnologie

Universität Tübingen

- Institut für Medizinische Psychologie und Verhaltensneurobiologie
- Institut für Pharmazie, Abteilung Pharmakologie und Toxikologie

Medizinische Universitätsklinik Tübingen

- Medizinische Klinik und Poliklinik/Ernährungsmedizin und Prävention

Universität Würzburg

- Institut für Pharmazie und Lebensmittelchemie:
– Lehrstuhl für Lebensmittelchemie

Universität Wuppertal

- Institut für Lebensmittelchemie

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich

- Institut für Lebensmittel- und Ernährungswissenschaften:
– Labor für Lebensmittelmikrobiologie
– Labor für Lebensmittelverfahrenstechnik

Forschungsinstitute des Bundes und der Länder

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin

- FG Oberflächentechnologien (VI.4)

Julius-Kühn-Institut (JKI)

- Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen:
– Institut für ökologische Chemie, Pflanzenanalytik und Vorratsschutz,
Standort Berlin
– Institut für Resistenzforschung und Stresstoleranz, Standort Quedlinburg

Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA), Garching

Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK), Gatersleben

Forschungsanstalt Geisenheim

- Institut für Weinbau und Rebenzüchtung:
– FG Kellerwirtschaft
Institut für Önologie und Getränkeforschung:

- FG Mikrobiologie und Biochemie
- FG Weinanalytik und Getränkeforschung

Institut für Hygiene und Umwelt, Hamburg
Abteilung Mikrobiologischer Verbraucherschutz

Max-Rubner-Institut (MRI)

- Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel:
- Institut für Sicherheit und Qualität bei Getreide, Standorte Detmold/Münster
 - Institut für Sicherheit und Qualität bei Milch und Fisch, Standort Hamburg
 - Institut für Lebensmittel- und Bioverfahrenstechnik, Karlsruhe
 - Institut für Physiologie und Biochemie der Ernährung, Standort Karlsruhe/Kiel
 - Institut für Mikrobiologie und Biotechnologie, Standorte Kiel (Hauptsitz)/Kulmbach/Karlsruhe
 - Institut für Sicherheit und Qualität bei Milch und Fisch (Standort Kiel)
 - Institut für Sicherheit und Qualität bei Fleisch, Standort Kulmbach
 - Arbeitsgruppe Analytik, Kulmbach

Paul-Ehrlich-Institut, Langen

- Bundesamt für Sera und Impfstoffe:
- Abteilung Allergologie

Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft (BfUL), Leipzig
Geschäftsbereich 6 (Labore Landwirtschaft)

Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum (DLR) - Rheinland, Neustadt a.d. Weinstraße
Abteilung Weinbau und Önologie

Deutsches Institut für Ernährungsforschung (DIFE), Potsdam-Rehbrücke

Technologie- u. Förderzentrum (TFZ) im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe, Straubing

Forschungsinstitute verschiedener Rechtsträger

Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Ökologie, Aachen/Schmallenberg

GfL Gesellschaft für Lebensmittel-Forschung mbH, Berlin

Fraunhofer-Institut für Holzforschung (WKI), Braunschweig

Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik (IST), Braunschweig

Forschungsinstitut Futtermitteltechnik der Internationalen Forschungsgemeinschaft Futtermitteltechnik e.V., Braunschweig

Institut Nehring GmbH, Institut für Konserventechnologie, Braunschweig

Institut für Innovationen im Lebensmittel- und Umweltbereich e.V., Bremen

Quality Services International GmbH, Bremen, Institut für Honiganalytik

ttz Bremerhaven - Verein zur Förderung des Technologietransfers an der Hochschule Bremerhaven e.V.

ttz Bremerhaven, Bremerhavener Institut für Lebensmitteltechnologie und Bioverfahrenstechnik (BILB) - EIBT

Fraunhofer-Anwendungszentrum für Verarbeitungsmaschinen und Verpackungstechnik, Dresden

Institut für Fleischforschung, Fleischtechnologie und Qualitätssicherung e.V. (IFF), Frankfurt

Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung (IVV), Freising

Hans-Dieter-Belitz-Institut für Mehl- und Eiweißforschung e.V. (hdbi), Garching

Institut für Zuckerrübenforschung (IfZ), Göttingen

FGK Forschungsinstitut für Anorganische Werkstoffe - Glas/Keramik - gGmbH, Höhr-Grenzhausen

Institut Prof. Dr. Georg Kurz GmbH, Köln

Lebensmittelchemisches Institut (LCI), des Bundesverbandes der Deutschen Süßwarenindustrie e.V., Köln

PPM Pilot Pflanzenöltechnologie Magdeburg e.V., Magdeburg

IGV Institut für Getreideverarbeitung GmbH, Nuthetal

Institut für Lebensmittel- und Umweltforschung e.V. (ILU), Nuthetal

Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung (IAP), Potsdam

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück

Institut für Werkzeugforschung und Werkstoffe e.V. (IFW), Remscheid

Süddeutsches Kunststoff-Zentrum (SKZ), Würzburg

FEI-Kurzprofil



FEI-Kurzprofil

Vorsitzender

Dr. Jürgen Kohnke

Geschäftsführer

Dr. Volker Häusser

Zweck

Förderung praxisrelevanter Lebensmittelforschung mit dem Ziel, die Wettbewerbsfähigkeit der Lebensmittelwirtschaft zu sichern

Gründung

1953 – als eingetragener, gemeinnütziger Verein

Mitglieder

- 60 Industrieunternehmen
- 55 Fachverbände/Organisationen der deutschen Lebensmittelwirtschaft
- 120 Forschungsinstitute

Aktivitäten

- Förderung von Projekten der industriellen Gemeinschaftsforschung (jährlich rund 70 laufende Projekte)
- Interessenvertretung und Beratung der Mitglieder im F&E-Bereich
- Vermittlung von Kontakten und Kooperationen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft
- Durchführung von Tagungen
- Herausgabe von Publikationen

Veranstaltungen

- FEI-Jahrestagung (1x jährlich)
- FEI-Kooperationsforum (1x jährlich)
- FEI-Themenworkshop (unregelmäßig)
- Sitzungen des Wissenschaftlichen Ausschusses (3x jährlich)
- Sitzungen der Projektbegleitenden Ausschüsse (70-80x jährlich)
- Gremiensitzungen

Publikationen

- Dokumentationsband der FEI-Jahrestagung
- FEI-Handbuch
- F&E-Report
- F&E-Dokumentationen (Projektberichte)

Dachorganisation

AiF (Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen e.V.), Köln
www.aif.de



Der **Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI)** ist die zentrale Forschungsorganisation der deutschen Lebensmittelwirtschaft und Mitglied der AiF. Selbstverständnis und Tätigkeit des FEI basieren auf der Idee, praxisrelevante Forschung über die Grenzen des Wettbewerbs einzelner Unternehmen hinaus gemeinsam, d.h. auf Branchenebene, zu organisieren.

Der FEI fördert in Zusammenarbeit mit 120 Instituten jährlich über **70 Projekte der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)**, organisiert Tagungen und veröffentlicht Fachpublikationen. Im Fokus der FEI-Projekte steht ein breites Themenspektrum aus allen Bereichen der Lebensmittelproduktion.

Über 600 Unternehmen sind als direkte Mitglieder des FEI oder als Mitglieder der Projektbegleitenden Ausschüsse unmittelbar in seine Aktivitäten einbezogen.

Das Innovationsnetzwerk des FEI und seine Forschungsprojekte werden im Rahmen des Programms zur Förderung der IGF vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) finanziell unterstützt.

Weitere Informationen: www.fei-bonn.de



*Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI)
Godesberger Allee 142-148 · 53175 Bonn
Telefon: 0228 – 37 20 31
Telefax: 0228 – 37 61 50
E-Mail: fei@fei-bonn.de*

*Weiterführende Informationen:
www.fei-bonn.de*

Mitglied der

Ideen eine Zukunft geben

Copyright ©2007
Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI), Bonn

ISBN 978-3-925032-46-2