

Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel, Standort Kulmbach  
Institut für Technologie  
Leiter: Dir. und Prof. Prof. Dr. K. Troeger

# **Abschlussbericht**

**des Forschungsvorhabens**

**„Funktionelle Fleischerzeugnisse“**

**der**

**Förderergesellschaft für Fleischforschung e. V.**

Projektleiter: Dr. S. Münch

Zeitraum 1. Januar bis 31. Dezember 2005

Mai 2006

# Funktionelle Fleischerzeugnisse

## 1 Einführung

Funktionelle Lebensmittel (FL) sind Nahrungsmittel, die zum Nähr- und Genusswert noch zusätzlich einen nachweislich positiven Effekt besitzen hinsichtlich Gesundheit bzw. Reduktion von Krankheitsrisiken, Leistungsfähigkeit oder Wohlbefinden.

Viele chronische Krankheiten sind (mit) abhängig vom Lebensstil und damit vermeidbar. Eine Änderung von Ernährung und Lebensstil ist jedoch nur in langen Zeiträumen zu erwarten, weshalb es erfolgreicher erscheint die Nahrungszusammensetzung direkt zu ändern als ausschließlich die Konsumenten zu einem anderen Verhalten zu bewegen (Kühl 2005). Es gilt Lebensmittel zu erzeugen, die den veränderten Lebens- und Essbedürfnissen besser gerecht werden. Die zunehmende Verbreitung von Übergewicht und Fettsucht stellt ein enormes gesundheitliches Problem dar. Mehr als 20 % der Erwachsenen in Deutschland sind adipös (Body Mass Index > 30), Tendenz steigend. Dramatisch ist auch die Zunahme der Adipositas im Kindesalter, insbesondere wegen den gesundheitlichen Konsequenzen. Durch Modifikation des Ernährungsverhaltens bzw. der Ernährung kann das Körpergewicht normalisiert werden, wobei gleichzeitig Risikofaktoren für kardiovaskuläre Erkrankungen, Metabolisches Syndrom und Typ 2 Diabetes gesenkt werden und die chronische Entzündung reduziert wird.

Im Hinblick auf funktionelle Fleischerzeugnisse (FF) ist sowohl die Reduktion der Gesamtfettaufnahme (Substitution von Fett durch Ballaststoffe) als auch der Austausch gesättigter Fette zugunsten einfach und mehrfach ungesättigter Fette ( $\omega$ -3-Fettsäuren) von Bedeutung. Darüber hinaus können Obst und Gemüse sowie die darin enthaltenen Sekundären Pflanzenstoffe (SPS) wie Glucosinolate, Polyphenole, Phytosterine oder Carotinoide durch ihre antioxidativen Wirkungen und durch Einfluss auf den Lipidstoffwechsel das Risiko für die o. g. ernährungsmitbedingten Erkrankungen senken. Zusätzliche Möglichkeiten für neue Inhaltsstoffe mit gesundheitlichem Zusatznutzen in FF wären Probiotika (Rohwurst), Vitamine oder Mineralstoffe.

Mit dem Einsatz von Präbiotika (Inulin) bzw. unlöslichen Ballaststoffen (Weizenfaser),  $\omega$ -3-Fettsäuren und Glukosinolaten als Inhaltsstoffe mit gesundheitlichem Zusatznutzen in Fleischerzeugnissen ist es möglich, gezielt die pathophysiologisch relevanten Aspekte zu beeinflussen, und zwar durch:

- Reduktion der Gesamtfettmenge und damit auch gesättigter Fettsäuren
- Austausch gesättigter Fettsäuren zugunsten von  $\omega$ -3-Fettsäuren
- Erhöhung der Aufnahme protektiver Glukosinolate

Inulin dient bestimmten Darmbakterien (Bifidobakterien, Lactobazillen) als spezielles Substrat und fördert über die Bildung kurzkettiger Fettsäuren die Darmgesundheit. Neben diesem Einfluss auf das Darmepithel stimuliert Inulin die Mineralaufnahme v. a. von Kalzium und Magnesium, die Knochenmineralisierung (Scholz-Ahrens et al. 2001, 2002a, 2002b; Abrams et al. 2005), moduliert das Immunsystem (Watzl et al. 2005b), verbessert die gastrointestinale Barrierefunktion und reduziert die Genotoxizität von Faeces. Weiterhin hat Inulin einen positiven Effekt auf den Lipid- und Glukosestoffwechsel, beeinflusst Appetit-regulierende gastrointestinale Peptidhormone und wirkt anti-inflammatorisch (Beylot 2005, Delzenne et al. 2005, Furrie et al. 2005). Damit hat Inulin das Potential Risikofaktoren für kardiovaskuläre Erkrankungen, Metabolisches Syndrom und Typ 2 Diabetes zu senken. In Deutschland ist die Gesamtaufnahme an Präbiotika wie Inulin – analog zu den (unlöslichen) Ballaststoffen – niedrig.

Durch  $\omega$ -3-Fettsäuren (z. B.  $\alpha$ -Linolensäure) können verschiedene kardiovaskuläre Risikofaktoren gleichzeitig beeinflusst werden: Lipidstoffwechsel, Hämostase (Blutstillung), kardiale Elektrophysiologie und chronisch entzündliche Prozesse (Hooper et al. 2001, Wijendran & Hayes 2004, Leifert et al. 1999). Darüber hinaus kann durch die Modifikation des Fettsäuremusters in peripheren Lymphozyten bei einer  $\omega$ -3-Fettsäure-reichen Ernährung bei gesunden Probanden die Immunfunktion moduliert werden (Kew et al. 2003, Wallace et al. 2003). Generell ist die Ernährungssituation in Deutschland durch eine zu geringe Zufuhr an  $\omega$ -3-Fettsäuren gekennzeichnet. Allerdings sind  $\omega$ -3-Fettsäuren sehr empfindlich gegenüber Oxidationsreaktionen, können somit als Radikalbildner fungieren und Oxidationsprozesse, z. B. die des Cholesterols zu verschiedenen Cholesteroloxiden (CO) fördern. Auch verschiedene Verarbeitungsprozesse (Zerkleinerung; Vermischung),

Hitze, Licht und Lagerung sowie die Anwesenheit von Prooxidantien wie Eisenionen und Luft können dazu beitragen (Paniangvait et al. 1995). CO haben sich im Zell- bzw. Tierversuch v. a. als zell- und gefäßtoxisch erwiesen. Zudem besteht der Verdacht eines Zusammenhangs zwischen der Aufnahme von CO mit der Nahrung und dem Auftreten von Herz-Kreislaferkrankungen (Paniangvait et al. 1995; Guardiola et al. 1996). In einer Reihe von Modellversuchen konnte nachgewiesen werden, dass die Oxidationsrate des Cholesterols während einer Erhitzung zunimmt, je stärker ungesättigt die vorliegenden Triglyceride sind (Osada et al. 1993), während Cholesterol allein relativ stabil ist. Deshalb ist die Analyse der wichtigsten CO bzw. des oxidativen Zustandes der Lipidfraktion im Allgemeinen im Hinblick auf die mögliche Bildung von unerwünschten Verbindungen in den funktionellen Fleischerzeugnissen zu berücksichtigen, denen oxidationsempfindliche  $\omega$ -3-Fettsäuren zugegeben werden.

Die in Kreuzblütlern (z. B. Brokkoli oder Senfsamen) enthaltenen Glukosinolate sind eine Gruppe Sekundärer Pflanzenstoffe, für die Daten zu physiologischen Wirkungen sowohl aus tierexperimentellen Studien als auch aus humanen Interventionsstudien vorliegen. Sie zeigen in verschiedenen experimentellen Systemen anti-karzinogene Eigenschaften. Darüber hinaus modulieren Glukosinolate den Fremdstoff-Metabolismus über Phase I und Phase II Enzyme, reduzieren oxidative DNA-Schäden in peripheren Lymphozyten und senken das Risiko für Dickdarmkarzinome (Finley 2005, Watzl 2005a). Hinsichtlich der Wirksamkeit ist von großer Bedeutung, ob der SPS als isolierte Verbindung oder in der Matrix in Kombination mit weiteren Pflanzenstoffen eingesetzt wurde (Marwick 1996). Deshalb sollen Glukosinolate in Form einer Pflanze bzw. eines Pflanzenextraktes/-konzentrates eingesetzt werden.

FF und deren Bewerbung mit krankheits- oder gesundheitsbezogenen Aussagen sind in Europa rechtlich noch nicht definiert. Nach dem Entwurf einer EU-VO über nährwert- und gesundheitsbezogene Aussagen zu Lebensmitteln (EU-Verordnungsvorschlag 2005) ist vorgesehen, dass positive gesundheitsbezogene Werbeaussagen nur in Verbindung mit einem Zulassungsverfahren gestattet werden sollen. Dabei müssen solche Angaben vom Lebensmittelhersteller durch kontrollierte Studien am Menschen wissenschaftlich belegt sein. Beim überwiegenden Teil der als

funktionelle Lebensmittel beworbenen Produkte steht der Wirkungsnachweis am Menschen aus.

## **2 Wirtschaftliche Bedeutung von Funktionellen**

### **Fleischerzeugnissen**

FL haben in den Sektoren Süßwaren, Cerealien/Backwaren, Milchprodukte bzw. Getränke eine beachtliche Bedeutung erlangt. Weltweit steigt das Marktvolumen von FL mit ca. 8 % pro Jahr merklich an. Auch der deutsche Markt hat zwischen 1999 und 2003 um diese Rate zugelegt. Dabei kann man bei FL durchaus von einer nachhaltigen Entwicklung sprechen, da neben der Lebensmittelwirtschaft auch der Handel und die Konsumenten offenbar dahinter stehen. Deutschland besitzt hier mit 5,1 Mrd. € Marktvolumen innerhalb Europas (insgesamt 13,8 Mrd. €) den größten Anteil. Der Sektor Fleisch- und Wurstwaren gilt im Hinblick auf FL in Europa als unterentwickelt. Im Jahr 2001 entfielen nur 3,8 % aller FL in Deutschland auf Fleisch- und Wurstwaren incl. Eier, obwohl der Sektor Schlachten und Fleischverarbeitung einen Anteil von gut 18 % am gesamten Ernährungsgewerbe hat und damit den größten Umsatzanteil aller Sparten stellt (CMA 2002, BVDF 2004). Insbesondere in Deutschland werden deshalb gute Möglichkeiten z. B. zum Einsatz von pro- und prebiotischen Wirkstoffen bei Fleischerzeugnissen gesehen (Danisco 2004; Frost und Sullivan 2004; Lander 2004). Durch die Entwicklung und Vermarktung von innovativen FF dürfte das Produktimage verbessert sowie neue Käuferschichten gewonnen werden. Dem Trend zu gesundheitsfördernden Produkten bzw. Wellness-Erzeugnissen kann so Rechnung getragen werden. In diesem Zusammenhang spielt auch der sogenannte gesundheitliche Verbraucherschutz eine wichtige Rolle. Die Produktionskosten von FF könnten gegenüber konventionellen Fleischwaren sogar sinken, beispielsweise bei der Fettsubstitution durch Inulin um bis zu 20 Cent je Kilo Brühwurst.

## **3 Ergebnisse**

Ziel der Untersuchungen war unter anderem, dass die Erzeugnisqualität der FF in technologischer und sensorischer Hinsicht der von herkömmlichen Fleischwaren vergleichbar ist. Deshalb wurden stets Vergleiche zu einer Kontrollcharge gezogen. Beim Einsatz von pflanzlichen Wirkstoffen (Glucosinolate) wurde Wert darauf gelegt

die funktionellen Verbindungen nur in der Matrix des Ursprungslebensmittels einzusetzen (Brokkolisprossen), nicht jedoch als isolierte Substanz. Die Lagerung der Brühwürste erfolgte bei 2 °C für 6 Wochen, die der Rohwürste bei 2 °C für 6 Monate.

### **3.1 Ballaststoffe**

Der Einsatz von Inulin kann verschiedene Gründe haben. Einerseits kann es als Fettersatz dienen, andererseits kann seine physiologische Wirkung als (löslicher) Ballaststoff im Vordergrund stehen. Beides wurde im Rahmen des einjährigen Forschungsvorhabens erprobt. Zur Substitution von Fett wird Inulin zweckmäßig mit Wasser zu einer festen, cremigen Masse angerührt, die weitgehend geschmacksneutral ist (Inulincreme). Das kann beispielsweise im Verhältnis ein Teil Inulin und drei Teile Wasser geschehen. Damit konnte in Brühwürsten bis zu 7,5 % Fett ersetzt werden, was einem Inulinzusatz von ca. 1,9 % entspricht. In Kochwürsten war es sogar möglich bis zu 20 % Fett zu substituieren, was einem Inulinzusatz von ca. 5 % entspricht. Bei höheren Mengen an Inulincreme war ein Geleeabsatz festzustellen. Durch die Verwendung von Inulin lassen sich deutlich kalorienreduzierte Fleischwaren ohne Beeinträchtigung des Genusswertes herstellen. Interessant ist auch die Feststellung, dass ungelöstes Inulin in geringer Konzentration (0,3 bzw. 0,6 %) in Brühwurst zu einem deutlich festeren Biss führt.

In Rohwürsten wurde aufgrund der nötigen Trocknung auf ein Lösen des Inulins in Wasser verzichtet. Stattdessen wurde es hier direkt als Pulver eingesetzt in einer Menge von ca. 2,1 % im Brät, was nach einer Abtrocknung von mindestens ca. 30 % zu einem Anteil von ca. 3 % in der fertigen Rohwurst führt. Unlösliche Ballaststoffe (Weizenfaser) wurden in der gleichen Konzentration eingesetzt. Zumindest die unlöslichen Ballaststoffe sollten nicht in höherer Konzentration verwendet werden, da sie sonst sensorisch negativ in Erscheinung treten (raues Mundgefühl, faserig). Nach der Abtrocknung erfüllen lösliche und unlösliche Ballaststoffe zusammen dann die Forderung von ballaststoffreichen Produkten (Gehalt  $\geq 6$  %). In Brühwürsten konnten unlösliche Ballaststoffe hingegen nur in deutlich geringerem Ausmaß zugesetzt werden (ca. 1 %), da sie sonst das Mundgefühl negativ beeinflussten.

Die eingesetzten Ballaststoffe waren analytisch zu erfassen. Hierzu mussten die Methoden zum Nachweis von löslichen und unlöslichen Ballaststoffen in der Matrix Fleisch etabliert werden, die ursprünglich ausschließlich für pflanzliche Produkte entwickelt wurden. Das konnte erfolgreich durchgeführt werden, sofern nicht Inulin zusammen mit anderen Ballaststoffen im FF vorkommt. Inulin als löslicher Ballaststoff wird enzymatisch quantifiziert in Abwandlung der Methode L 00.0079 nach § 64 LFGB (Abb. 1). Dazu wird die Differenz aus dem Gesamtfruktosegehalt (linkes Schema; nach enzymatischer Inulinspaltung) und dem „Fruktoseblindwert“ (rechtes Schema; bedingt z. B. durch freie Fruktose oder Saccharose) gebildet, die dann in den Inulingehalt umgerechnet werden kann. Die Wiederfindung von Inulin in Fleischerzeugnissen liegt bei ca. 96 %, was als guter Wert zu bezeichnen ist (Tab. 1).

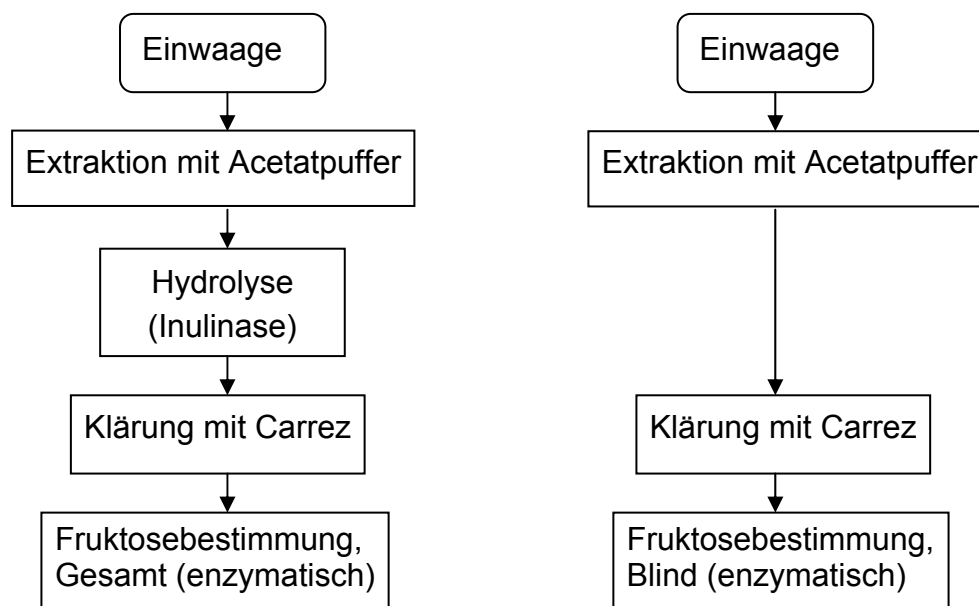


Abb. 1: Schema der Methode zur Bestimmung von Inulin in Fleischerzeugnissen, in Abwandlung der Methode L 00.0079 nach § 64 LFGB

Der quantitative Nachweis der unlöslichen Ballaststoffe (bzw. der Gesamtballaststoffe ohne Inulin) in Fleischerzeugnissen erfolgt gravimetrisch in Abwandlung der Methode L 00.0018 nach § 64 LFGB (Abb. 2). Die Wiederfindung liegt hier bei ca. 94 % und stellt damit ebenfalls einen ausgesprochen guten Wert dar (Tab. 2). Das gilt insbesondere unter Berücksichtigung der geringen, gravimetrisch zu bestimmenden Mengen, die sich absolut gesehen nur im mg-Bereich bewegen.

	Abtrocknung [%]	Sollwert [%]	Inulingehalt [%]	Wiederfindung [%]
Charge A	34,3	3,20	3,05	95,4
Charge B	35,4	3,27	3,09	94,6
Charge C	35,3	3,26	3,16	97,0

Tab. 1: Inulingehalte bzw. Wiederfindung in verschiedenen Chargen Rohwurst (je mit Inulin und Weizenfaser)

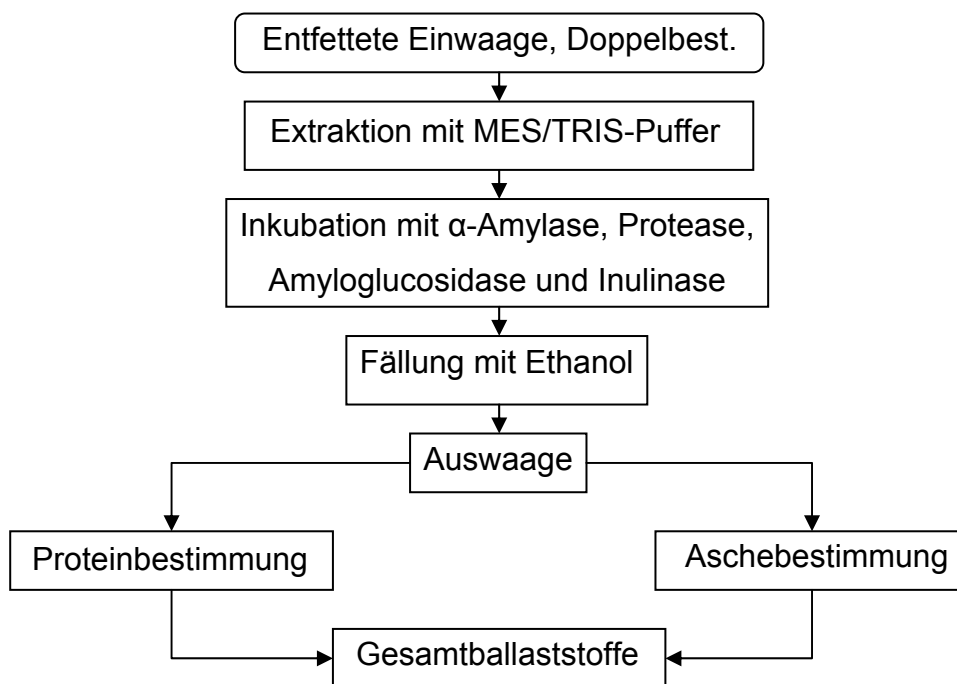


Abb. 2: Schema der Methode zur Bestimmung weiterer Ballaststoffe (außer Inulin) in Fleischerzeugnissen, in Abwandlung der Methode L 00.0018 nach § 64 LFGB; MES: 2-Morpholinoethansulfonsäure; TRIS: Tris(hydroxymethyl)-aminomethan

Schwierigkeiten treten allerdings dann auf, wenn Inulin und weitere Ballaststoffe gleichzeitig in einer Probe enthalten sind. Das liegt daran, dass Inulin ein inhomogenes Gemisch aus verschiedenen langen Ketten von hauptsächlich 2 bis 60 Fruktoseeinheiten darstellt. Von diesem Gemisch wird bei der Bestimmung der



Gesamtballaststoffe nur ein Teil erfasst. Die Differenzierung des Inulins von anderen Ballaststoffen in der Matrix Fleisch ist somit noch nicht hinreichend gut möglich. Ziel ist es hier, Inulin bei der Bestimmung der Gesamtballaststoffe quantitativ zu entfernen (und separat wie oben beschrieben enzymatisch zu quantifizieren), damit man durch dessen teilweise Erfassung nicht falsch höhere Werte erhält. Entscheidende generelle Unterschiede – und damit Schwierigkeiten – zwischen der gewöhnlichen pflanzlichen Matrix zur Bestimmung von Ballaststoffen und der Matrix Fleisch bestehen u. a. in völlig unterschiedlichen Mengen an Fett, Protein und Ballaststoffen selbst. Das wirkt sich nicht unerheblich auf die Methoden aus, da Fett beispielsweise die Enzymaktivität stören kann (Inulin). Auch bei der Analyse der Gesamtballaststoffe muss das Fett quantitativ abgetrennt werden, weil es sonst am Schluss mit den Analyten ausgewogen würde und somit zu falsch höheren Werten führen würde. Auch Protein stört die Analytik zur Bestimmung der Gesamtballaststoffe.

	Sollwert [%]	Ballaststoffgehalt [%]	Wiederfindung [%]
Charge A (1. Bestimmung)	2,90	2,75	95
Charge A (2. Bestimmung)	2,90	2,70	93
Charge A (3. Bestimmung)	2,90	2,73	94

Tab. 2: Wiederfindung weiterer Ballaststoff (ohne Inulin) in einer Charge Brühwurst (mit Weizenfaser und Brokkoli)

### 3.2 Ungesättigte Fettsäuren

Versuche mit hochungesättigten Lipiden (reich an  $\omega$ -3-Fettsäuren) in Brühwurst zeigten, dass Rapsöl bis zu einem Prozentsatz von 25 problemlos tierisches Fett ersetzen kann. Tests mit (raffiniertem) Fischöl in flüssiger Form bzw. als Pulver – Fischöl enthält mehr als 30 %  $\omega$ -3-Fettsäuren, davon ca. 85 % EPA, DPA und DHA – verliefen hingegen weniger erfolgreich. Die Pulver-Version wurde aufgrund eines

eklatanten Fischgeschmacks verworfen. Außerdem führte der Trägerstoff des Pulvers bei Rohwürsten zu einer zu intensiven Säure und zu einer mangelnden Konsistenz. Bei der flüssigen Form war (in Brüh- und Rohwürsten) nur ein deutlich weniger intensiver Geschmack nach Fisch festzustellen, allerdings wurde hier nur bis ca. 0,8 % zugegeben. Interessant war in diesem Zusammenhang auch, dass der Fischgeschmack zwischen unterschiedlichen Chargen des gleichen Herstellers in seiner Intensität stark variieren kann, was auch von der Lagerdauer des Öls abhängig sein dürfte. Anstatt von Fischöl kann auch „Pflanzenöl“ (enthält ca. 20 %  $\omega$ -3-Fettsäuren, v. a.  $\alpha$ -Linolensäure) in der gleichen Menge eingesetzt werden, das im Gegensatz zu ersterem sensorisch nicht zu erkennen ist. Allerdings unterscheiden sich die beiden Öle sowohl im Gesamtgehalt an  $\omega$ -3-Fettsäuren als auch in der Art der Fettsäuren. Bei der Einarbeitung von hochungesättigten Fettsäuren sind aber andererseits z. B. durch Produktion und Lagerung Veränderungen im Gehalt zu erwarten. Die Konzentration der  $\omega$ -3-Fettsäuren (bzw. der Fettsäuren allgemein) wurde mittels Fettsäure-Muster (GC) bestimmt.

Zutat Fischöl: Menge / Version	Fettsäure- Gehalt [%]	Lagerung [Wochen]			Verlust nach 6 Wochen [%]
		0	4	6	
3 % als $\omega$ -3-Pulver	EPA 20:5	0,57	0,54	0,51	10
	DHA 22:6	0,59	0,55	0,51	14
	PUFA	15,39	15,03	14,64	5
0,8 % als $\omega$ -3-Öl	EPA 20:5	0,37	0,36	0,34	8
	DHA 22:6	0,47	0,45	0,43	9
	PUFA	14,95	14,68	14,41	4

Tab. 3: Veränderung der Fettsäuregehalte während der Kühllagerung von Brühwurst  
 EPA: Eicosapentaensäure; DHA: Docosahexaensäure;  
 PUFA: poly unsaturated fatty acids

Als Ergebnis ist festzuhalten, dass die Gehalte an  $\omega$ -3-Fettsäuren aus Fischöl während der Lagerung der Brühwurst (6 Wochen) durchaus um bis zu 14 % (Fischöl in Pulversion) abnehmen können, wobei die Verluste bei Fischöl (Ölversion) nur bis zu 9 % betragen (Tab. 3). Die Höhe der Verluste ist dabei vom Sättigungsgrad

abhängig, d. h. je ungesättigter die Fettsäure, desto höher der Verlust. Bei Rohwürsten stehen allerdings noch einige Ergebnisse aus, da die Lagerung aufgrund der langen Dauer (6 Monate) noch nicht beendet ist. Zudem wurde aufgrund der mit  $\omega$ -3-Fettsäuren einhergehenden Oxidationsempfindlichkeit die mögliche Entstehung von unerwünschten Substanzen wie Fettoxidationsprodukten quantitativ überwacht, um dem gegebenenfalls entgegenwirken zu können. Antioxidationsmittel können zusätzlich eingesetzt werden. Als summarisches Maß für oxidative Vorgänge wurden Fettkennzahlen wie die Thiobarbitursäurezahl oder gegebenenfalls die Peroxidzahl herangezogen.

Zutat Fischöl: Menge / Version	Fettkennzahl	Lagerung [Wochen]			
		0	2	4	6
3 % als $\omega$ -3-Pulver	TBARS	0,20	0,19	0,18	0,16
	POZ	0	0	0	0
0,8 % als $\omega$ -3-Öl	TBARS	0,16	0,17	0,16	0,15
	POZ	0	0	0	0

Tab. 4: Veränderungen der Fettkennzahlen während der Kühlungslagerung von Brühwurst

Im Resultat war sowohl bei Brüh- als auch bei Rohwurst festzustellen, dass die Fettkennzahlen während der Lagerung nach bisherigen Ergebnissen auf gleichem Niveau blieben (Tab. 4). Die Zugabe von oxidationsempfindlichen  $\omega$ -3-Fettsäuren bewirkte somit keine merkliche Erhöhung der Fettkennzahlen, allerdings stehen bei Rohwürsten auch hier aufgrund der langen Lagerzeit noch ein paar Untersuchungsergebnisse aus.

### 3.3 Pflanzenwirkstoffe

Zudem wurde mit der Zugabe von pflanzlichen Zutaten mit SPS (z. B. Brokkolisprossen mit hohem Gehalt an Glukosinolaten; Abb. 3) experimentiert, wobei aufgrund des arteigenen herben, etwas bitteren Geschmacks dieser Kohlart maximal 10 % zugesetzt werden konnte. Bei der Verwendung von pflanzlichen Zutaten ist

wegen deren in der Regel hohen Wassergehalten die Schüttung entsprechend nach unten zu korrigieren. Hier zeigte sich zudem, dass sich Lyoner mit dem typischen Pökelaroma in Verbindung mit pflanzlichen Zutaten nicht so gut eignet wie weiße Ware (Gelbwurst).



Abb. 3: Brokkolisprossen zum Abschneiden und Einarbeiten in Brühwurstbrät



Abb. 4: Gelbwürste ohne (Kontrolle) bzw. mit 5 % und 10 % Brokkolisprossen (von links nach rechts); die obere Reihe enthält 25% Rapsöl anstelle von 25% Schweinespeck (Reihe unten).

Neben dem Zusatz von Brokkolisprossen kann gleichzeitig problemlos der in der Rezeptur z. B. vorgesehene Schweinerückenspeck komplett durch Rapsöl ersetzt werden (Abb. 4).

### **3.4 Kombination verschiedener Parameter**

Auch in Rohwürsten wurde die Kombination mehrerer potentiell funktioneller Parameter geprobt. Lösliche und unlösliche Ballaststoffe wurden neben  $\omega$ -3-Fettsäuren (in Ölform) eingesetzt. Gleichzeitig wurde tierisches Fett komplett durch pflanzliches ersetzt und zudem die Fettmenge reduziert, so dass der Endfettgehalt unter 20 % lag. Außerdem wurden noch probiotische Starterkulturen verwendet. Am problematischsten erwies sich hier die Verwendung des  $\omega$ -3-Öls in Form von raffiniertem Fischöl, weil es die sensorischen Eigenschaften merklich beeinträchtigt.

## **4 Schlussfolgerungen und Ausblick**

Aus den oben geschilderten Ergebnissen geht hervor, dass eine ganze Reihe von potentiell funktionellen Zutaten bzw. Verbindungen (Inulin als löslicher, Weizenfaser als unlöslicher Ballaststoff,  $\omega$ -3-Fettsäuren, Brokkolisprossen mit Glukosinolaten als SPS) in Fleischerzeugnissen gut einsetzbar ist. Darüber hinaus sind noch viele andere funktionelle Zusätze denkbar. Zum Beispiel könnten andere Quellen von Ballaststoffen und  $\omega$ -3-Fettsäuren getestet werden. Speziell im Hinblick auf SPS steht noch eine Vielzahl an möglichen Wirkstoff-Gruppen und innerhalb dieser Gruppen wiederum eine Fülle an pflanzlichen Quellen bzw. Gemüsearten zur Auswahl. Doch wohl alle diese potentiell funktionellen Zusätze haben gemeinsam, dass der Nachweis deren Wirksamkeit speziell innerhalb der Matrix Fleisch am Menschen noch aussteht. Das bedeutet, dass derartige Fleischerzeugnisse – zumindest in Bezug auf die geplante EU-VO – noch nicht mit Werbeaussagen im Sinne eines zusätzlichen positiven gesundheitlichen Effektes oder einer Reduktion von Krankheitsrisiken belegt werden kann.

Hinsichtlich der Methodenadaption zur Erfassung sowohl der löslichen als auch der unlöslichen Ballaststoffe dürfte der noch störende Einfluss des Inulins bei der Bestimmung der Gesamtballaststoffe gut zu beheben sein. Darüber hinaus bestehen gute Chancen, die beiden separaten Methoden zur enzymatischen Bestimmung von

Inulin einerseits sowie zur summarischen gravimetrischen Quantifizierung der unlöslichen bzw. der Gesamtballaststoffe (ohne Inulin) zu einer zu kombinieren.

## 5 Literatur

**Abrams, S.A., Griffin, I.J., Hawthorne, K.M., Liang, L., Gunn, S.K., Darlington, G., Ellis, K.J. (2005):** A combination of prebiotic short- and long-chain inulin-type fructans enhances calcium absorption and bone mineralization in young adolescents. *American Journal of Clinical Nutrition* 82, 471 - 476

**Beylot, M. (2005):** Effects of inulin-type fructans on lipid metabolism in man and in animal models. *Br J Nutr.* 93, 163 - 168

Bundesverband der Deutschen Fleischwarenindustrie (BVDF) e.V. (2004): Geschäftsbericht 2003/2004

CMA Centrale Marketing-Gesellschaft der deutschen Agrarwirtschaft mbH (2002): Marktanalyse Functional Food - ein Regionalvergleich.

**Danisco (2004):** Pflanzliche Ballaststoffe in Fleischerzeugnissen. *Fleischwirtschaft* 84, 36

**Delzenne, N.M., Cani, P.D., Daubioul, C., Neyrinck, A.M. (2005):** Impact of inulin and oligofructose on gastrointestinal peptides. *Br J Nutr.* 93, 157 - 161

**EU-Verordnungsvorschlag** über nährwert- und gesundheitsbezogene Angaben über Lebensmittel 2003/1054/COD vom 7.6.2005

**Finley, J.W. (2005):** Proposed criteria for assessing the efficacy of cancer reduction by plant foods enriched in carotenoids, glucosinolates, polyphenols and selenocompounds. *Annals of Botany* 95, 1075 - 1096

**Frost und Sullivan (2004):** Functional Food: Der Europamarkt für Präbiotika wächst. *Fleischwirtschaft* 84, 35

**Furrie E., Macfarlane, S., Kennedy, A., Cummings, J.H., Walsh, S.V., O'Neil, D.A., Macfarlane, G.T. (2005):** Synbiotic therapy (Bifidobacterium longum/Synergy 1) initiates resolution of inflammation in patients with active ulcerative colitis: a randomised controlled pilot trial. *Gut.* 54, 242 -249

**Guardiola, F., Codony, R., Addis, P.B., Rafecas, M., Boatella, J. (1996):** Biological effects of oxysterols: current status. *Fd Chem Toxic* 34, 193 – 211

- Hooper, L., Summerbell, C.D., Higgins, J.P., Thompson, F.L., Capps, N.E., Smith, G.D., Riemersma, R.A., Ebrahim, S. (2001): Dietary fat intake and prevention of cardiovascular disease: systematic review. *BMJ* 322 (7289), 757 -763
- Kew, S., Banerjee, T., Minihane, A.M., Finnegan, Y.E., Williams, C.M., Calder, P.C. (2003):** Relation between the fatty acid composition of peripheral blood mononuclear cells and measures of immune cell function in healthy, free-living subjects aged 25 – 72 y. *Am J Clin Nutr.* 77 (5), 1278 - 1286
- Kühl (2005):** Vortrag anlässlich des 4. FEI-Kooperationsforums „Functional Food“, Bonn
- Lander, S. (2004):** Hochfunktionelle Weizenfasern. Unlösliche Ballaststoffe und ihr Zusatznutzen beim Einsatz in Fleischwaren. *Fleischwirtschaft* 84, 45 – 47
- Leifert, W.R., Jahangiri, A., McMurchie, E.J. (1999):** Antiarrhythmic fatty acids and antioxidants in animal and cell studies. *J Nutr Biochem.* 10 (5), 252 - 267
- Marwick, C. (1996):** Trials reveal no benefit, possible harm of beta carotene and vitamin A for lung cancer prevention. *Journal of the American Medical Association* 275, 422 - 423
- Osada, K., Kodama, T., Cui, L., Yamada, K., Sugano, M. (1993):** Levels and formation of oxidized cholesterol in processed marine foods. *J Agric Food Chem* 41, 1893 – 1898
- Paniangvait, P., King, A.J., Jones, A.D., German, B.G. (1995):** Cholesterol oxides in foods of animal origin. *J Food Sci* 60, 1159 – 1174
- Scholz-Ahrens, K.E., Schaafsma, G., van den Heuvel, E.G.H.M., Schrezenmeir, J. (2001):** Effects of prebiotics on mineral metabolism. *American Journal of Clinical Nutrition* 73, 459 - 464
- Scholz-Ahrens, K.E., Schrezenmeir, J. (2002a):** Inulin, oligofructose and mineral metabolism – experimental data and mechanism. *British Journal of Nutrition* 87, 179 – 186
- Scholz-Ahrens, K.E., Acil, Y., Schrezenmeir, J. (2002b):** Effect of oligofructose or dietary calcium on repeated calcium and phosphorus balances, bone mineralization and trabecular structure in ovariectomized rats. *British Journal of Nutrition* 88, 365 – 377
- Wallace, F.A., Miles, E.A., Calder, P.C. (2003):** Comparison of the effects of linseed oil and different doses of fish oil in mononuclear cell function in healthy human subjects. *Br J Nutr.* 89 (5), 679 - 689

**Watzl, B. (2005a):** Glukosinolate. *Schweiz Zschr Ernährungsmedizin* 3, 34 -37

**Watzl, B., Girrbach, S., Roller, M. (2005b):** Inulin, oligofructose and immunomodulation. *British Journal of Nutrition* 93, 49 – 55

**Wijendran, V., Hayes, K.C. (2004):** Dietary n-6 and n-3 fatty acid balance and cardiovascular health. *Annu Rev Nutr.* 24, 507 – 615