

Einarbeitung von ω -3-Fettsäure-reichen Zutaten in funktionelle Fleischerzeugnisse

Incorporation of ingredients rich in ω -3-fatty acids into functional meat products

S. MÜNCH und B. WATZL¹

¹Institut für Physiologie und Biochemie der Ernährung, Karlsruhe

Zusammenfassung

Zur Entwicklung ω -3-Fettsäure-reicher funktioneller Brühwürste (FB) wurden verschiedene Quellen wie diverse Fischöle, ω -3-Fettsäure-Ethylester (aus Fischöl), unterschiedliche verkapselte Fischöle bzw. Fischölpulver, ein pflanzliches Mischöl, Perillaöl, verschiedene aufgereinigte Leinöle sowie gemahlene Leinsaat bzw. Leinkuchen geprüft. Durch den Zusatz eines bestimmten Fischöls konnte ein summarischer Gehalt von 2 % an Eicosapentaensäure (EPA) und Docosahexaensäure (DHA) bei sensorisch ansprechenden FB erreicht werden. Auf pflanzliche Öle mit mittelkettigen ω -3-Fettsäuren musste nicht zurückgegriffen werden – was aber mit raffiniertem Leinöl problemlos möglich gewesen wäre. Die sensorischen Bewertungen der FB zeigten nur geringe, unspezifische Abweichungen zur Kontrolle, eine Zuordnung zu Fisch wurde in den allermeisten Fällen nicht getroffen. Die nach Herstellung und auch Lagerung festgestellten Werte der TBARS (Thiobarbitursäure-reaktiven Substanzen) der gewählten Rezepturen der Gelbwurst sind als ausgesprochen niedrig zu bezeichnen und zeigen, dass Oxidationsreaktionen bzw. unerwünschte Begleit-substanzen trotz des relativ hohen Gehaltes an den hoch ungesättigten ω -3-Fettsäuren EPA und DHA nur in sehr begrenztem Umfang auftraten. Wurden dagegen ω -3-Fettsäure-reiche Zutaten verwendet, die zu hohen TBARS-Gehalten führten, wurden diese Erzeugnisse auch sensorisch als ungeeignet bewertet. Bezüglich weiterer Parameter wie aerober Gesamtkeimzahl, Festigkeit (Bruchfestigkeit bzw. Härte), Wasser- bzw. Fettbindung oder Farbwerte – auch nach Ende der Lagerung – waren keine wesentlichen Abweichungen zur Kontrolle erkennbar.

Summary

For the development of functional boiled sausages (FS) rich in ω -3-fatty acids several sources such as diverse fish oils, ω -3-fatty acid ethyl ester (from fish oil), various encapsulated fish oils, respectively fish oil powder, a mixed vegetable oil, perilla oil, different purified linseed oils as well as ground linseed or linseed press cake were tested. By adding a specific fish oil, a total content of 2 % of eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA) was obtained in FS of sensory appeal. Vegetable oils with medium-chain ω -3-fatty acids did not have to be used, but this would have been possible without any difficulty by using purified linseed oil. The organoleptic tests showed only small and unspecific differences to the control sample, a correlation with fish was not made in nearly most cases. The TBARS-values (thiobarbituric acid reactive substances) of the chosen compositions analysed after production and storage were notably low. This shows that oxidation reactions, respectively undesirable substances, were available only to a very limited extent in spite of the relatively high content of the highly unsaturated ω -3-fatty acids EPA and DHA. If in contrast the use of other ingredients rich in ω -3-fatty acids resulted in higher TBARS-values, these meat products were subsequently rated to have an unsuitable sensory quality. Further parameters like aerobic bioburden, stability (breaking strength respectively hardness), water respectively fat retention as well as color values showed no significant differences to the control sample, also after the end of the storage.

Schlüsselwörter ω -3-Fettsäuren – funktionelle Fleischerzeugnisse

Key Words ω -3-fatty acids – functional meat products

Einleitung

Funktionelle Lebensmittel (FL) haben in den Bereichen Backwaren, Milchprodukte bzw. Getränke eine beachtliche Bedeutung erlangt. Dem Trend zu gesundheitsförderlichen Produkten bzw. Wellness-Erzeugnissen wird so Rechnung getragen. Der Sektor Fleisch- und Wurstwaren gilt dagegen im Hinblick auf FL in Europa als unterentwickelt, der Anteil der funktionellen Fleischerzeugnisse (FF) an allen FL in Deutschland ist nur gering, obwohl der Sektor Schlachten und Fleischverarbeitung den größten Umsatzanteil aller (konventionellen) Lebensmittelsparten stellt.

Die zunehmende Verbreitung von Übergewicht und Fettsucht stellt ein enormes gesundheitliches Problem dar. Mehr als die Hälfte der Erwachsenen in Deutschland sind übergewichtig (BMI (Body Mass Index) >25), mehr als 20 % der Erwachsenen in Deutschland sind adipös (BMI >30), Tendenz steigend. Dramatisch ist auch die Zunahme von Übergewicht und Adipositas im Kindesalter, insbesondere wegen der gesundheitlichen Konsequenzen. Übergewicht und Adipositas sind assoziiert mit einem erhöhten Risiko für ernährungsmitbedingte Krankheitsformen wie Metabolisches Syndrom, Typ 2 Diabetes, kardiovaskuläre Erkrankungen und bestimmte Krebserkrankungen (Kolonkarzinom). Durch Modifikation des Ernährungsverhaltens wie Reduktion der Gesamtfettaufnahme sowie Austausch gesättigter Fette zugunsten einfach und mehrfach ungesättigter Fette (ω -3-Fettsäuren) können diese Risikofaktoren gesenkt werden. Nach den Guidelines der American Heart Association ist die Aufnahme von 1-3 g ω -3-Fettsäuren pro Tag protektiv hinsichtlich kardiovaskulärer Erkrankungen. Generell ist die Ernährungssituation in Deutschland durch eine zu geringe Zufuhr an ω -3-Fettsäuren gekennzeichnet. Allerdings sind ω -3-Fettsäuren sehr empfindlich gegenüber Oxidationsreaktionen, können somit als Radikalbildner fungieren und Oxidationsprozesse fördern. Auch verschiedene Verarbeitungsprozesse (Zerkleinerung; Vermischung), Hitze, Licht und Lagerung sowie die Anwesenheit von Prooxidantien wie

Eisenionen und Sauerstoff können dies in Fleischerzeugnissen noch fördern.

Ziel dieses FEI-Forschungsvorhabens war es, Fleischerzeugnisse (Brühwürste) mit zusätzlichen gesundheitsförderlichen Komponenten wie Lipiden reich an ω -3-Fettsäuren herzustellen. Dadurch sollten gezielt pathophysiologisch relevante Aspekte hinsichtlich erwähnter Krankheitsformen positiv beeinflusst werden, die in Zusammenhang mit Übergewicht und Adipositas stehen. Es wurden die tatsächlichen Konzentrationen an funktionellen Inhaltsstoffen im FF ermittelt bzw. deren Veränderungen durch Herstellungsprozess und Lagerung sowie ggf. die Gehalte an unerwünschten Substanzen. Zudem wurden Daten zu Bioverfügbarkeit und Funktionalität dieser funktionellen Zusätze in der Matrix Fleisch anhand einer Humanstudie erhoben, wodurch der gesundheitliche Zusatznutzen bewertet werden sollte.

Material und Methoden

Alle verwendeten Brühwürste wurden im Haus hergestellt. Die entsprechenden Rezepturen können bei Bedarf beim Erstauteur erfragt werden.

Folgende ω -3-Fettsäure-reiche Zutaten wurden verwendet und geprüft: DHA enzymatisch (Fa. Eurochem), Fettsäure-Ethylester (Fa. KD-Pharma), Fischöl (Fa. Cognis), Fischöl 1 (Fa. Croda), Fischöl 2 (Fa. Croda), Fischöl (Fa. DSM), Fischölpulver 1 (Fa. BASF), Fischölpulver 2 (Fa. BASF), Fischölkapseln (Fa. Denk), Fischölpulver (Fa. Ocean Nutrition), Leinöl, (Fa. Sabo), Leinöl (Fa. Alberdingk Boley), Mischöl (Fa. Sabo), Perillaöl (Fa. GSE), Leinkuchen (Fa. Lausitzer Ölmühle), Leinsaat 1 (Fa. IREKS), Leinsaat 2 (Fa. IREKS), Leinsaat (Fa. Lausitzer Ölmühle), Rosmarinextrakt (Fa. Raps)

Die folgenden Parameter wurden in Lebensmitteln analysiert:

Asche (nach § 64 Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch [LFGB], L 06.00-4), Eiweiß (nach § 64 LFGB, L 06.00-7), Farbwerte (mittels Hunter-Lab-Gerät Color-Quest), Festigkeit (mittels Instron-Gerät

1140), Fett (nach Soxhlet), Fettsäuren (GC), Gesamtkeimzahl (aerob, mesophil, nach § 64 LFGB, L 06.0018), pH-Wert (nach § 64 LFGB, L 06.00-2), Sensorik (einfache beschreibende Prüfung auf der Basis des DLG-Prüfschemas), TBARS-Wert (nach BOTSOGLOU *et al.* 1994), Wasser (nach § 64 LFGB, L 06.00-3), Wasser-Fett-Bindung (über Hoherhitzung Vollkonserve, gravimetrisch).

Ergebnisse und Diskussion

Sensorische Analysen

Grundsätzlich können sowohl verschiedene pflanzliche Öle als auch Derivate auf Fischölbasis als Quellen von ω -3-Fettsäuren verwendet werden. Allerdings enthalten Pflanzenöle α -Linolensäure (ALA), Fischöle dagegen EPA und DHA als wichtigste ω -3-Fettsäuren. Letztere hochungesättigte ω -3-Fettsäuren sind ernährungsphysiologisch wertvoller einzustufen als ALA.

Aus ernährungsphysiologischen Gründen war ein relativ hoher Zusatz an ω -3-Fettsäuren von ca. 2,3 % (im Falle von ALA) bzw. 2,0 % (bei Einsatz von EPA und DHA) im Fleischerzeugnis geplant. Getestet wurden diverse Quellen an ω -3-Fettsäuren wie verschiedene Fischöle, ω -

3-Fettsäure-Ethylester (aus Fischöl), manigfache verkapselte Fischöle bzw. Fischölpulver, ein pflanzliches Mischöl, ein Perillaöl, unterschiedliche aufgereinigte Leinöle sowie verschiedene gemahlene Leinsaatensamen bzw. Leinkuchen. Dabei wurde vorzugsweise auf Quellen mit höherem Gehalt an ω -3-Fettsäuren zurückgegriffen, um sich die Möglichkeit offen zu halten, auch fettärmere Fleischerzeugnisse mit hohem Gehalt an ω -3-Fettsäuren produzieren zu können.

Bei den verschiedenen Fischölen bzw. deren Derivaten war auffällig, dass sie sich in ihren sensorischen Eigenschaften erheblich voneinander unterscheiden. Wie Abbildung 1 zeigt, wurden beide Produkte der Fa. G (Buchstaben werden als Firmenkodierung verwendet), auch unter Verwendung von Vakuummutter und Vakuummüller, bei Geschmack, Geruch sowie Gesamteindruck schon direkt nach der Lagerung durchweg mit 1 und damit der niedrigsten Bewertung (mangelhaft) beurteilt. Dagegen wurde das Fischöl der Fa. F bei den genannten Prüfparametern durchgehend mit 4 bewertet. Diese Probe wurde zwar im Geruch als etwas abweichend (unspezifisch) und im Geschmack mit fehlender Frische bzw. alt beurteilt, ein fischiger Eindruck wurde jedoch nicht erkannt.

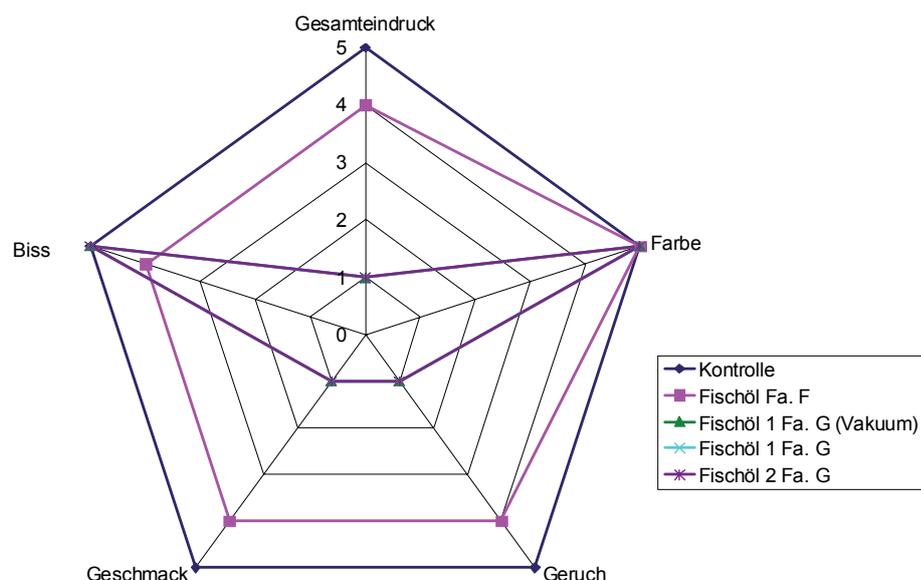


Abb. 1: Sensorikprofil von Gelbwürsten unter Zugabe von ω -3-Fettsäure-reichen Fischölen, direkt nach der Herstellung. Die Proben unter Zusatz von Fischöl 1, 1 (Vakuum) sowie 2 – alle Fa. G – wurden bei allen Prüfparametern gleich bewertet, weshalb die zugehörigen Profile deckungsgleich verlaufen.

Alle Proben wurden nach dem 5-Punkte-Schema beurteilt (5: ausgezeichnet; 1: mangelhaft)

Diese Empfindung änderte sich allerdings während der sechswöchigen Kühlagerung, in deren Verlauf fielen die Werte kontinuierlich bis hin zu mangelhaft ab, wobei dann der typische Fischgeschmack ausgeprägt zu identifizieren war (Ergebnisse nicht dargestellt). Wie aus Tabelle 1 ersichtlich ist, stiegen während der Lagerung bei diesem Fischöl auch die TBARS-Gehalte merklich an, was die sensorischen Eindrücke bestätigte. Die Verwen-

dung von ω -3-Fettsäure-Ethylester, die aus Fischöl gewonnen wurden, führte bereits bei Prüfung des ungelagerten Erzeugnisses zu einem leicht fischigen Geschmackseindruck. Während der Lagerung verstärkte sich obiges Resultat merklich (Abb. 5). Der Einsatz von Fischölkapseln der Fa. I erwies sich als völlig ungeeignet (Abb. 2). Dieses Produkt war derart stark mit Zitronenaroma versetzt, dass jeder andere Geruchs- bzw. Ge-

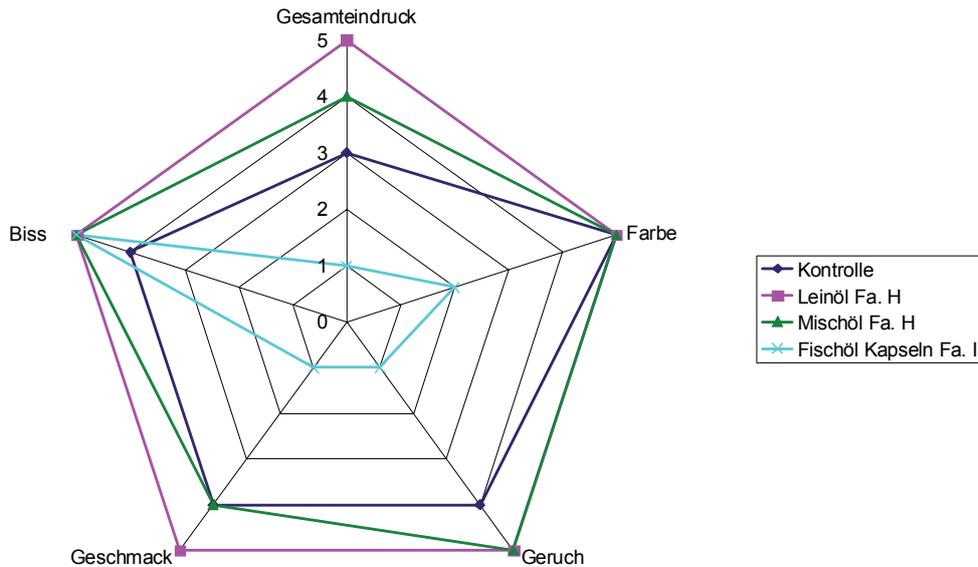


Abb. 2: Sensorikprofil von Gelbwürsten unter Zugabe von ω -3-Fettsäure-reichen Lipiden, direkt nach der Herstellung. Alle Proben wurden nach dem 5-Punkte-Schema beurteilt (5: ausgezeichnet; 1: mangelhaft)

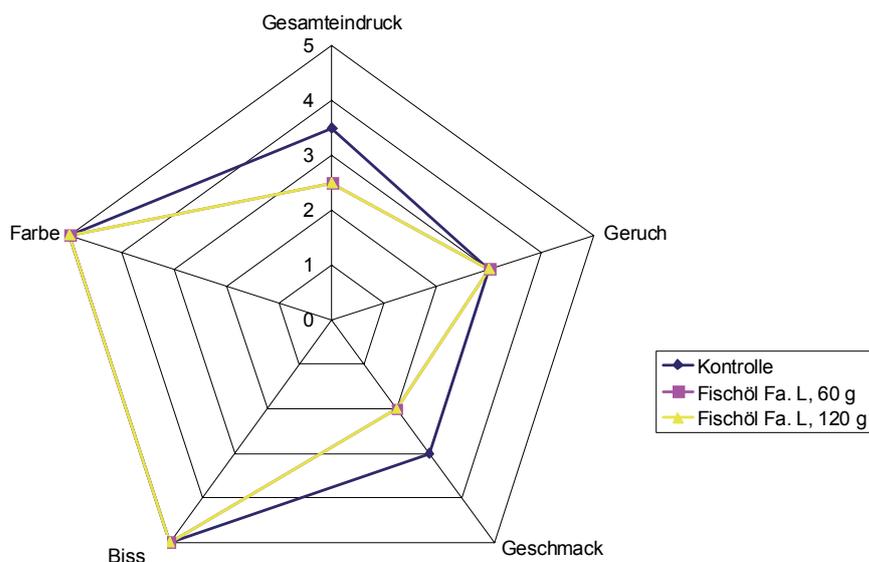


Abb. 3: Sensorikprofil von Gelbwürsten unter Zugabe von ω -3-Fettsäure-reichen Fischölen, nach 6 Wochen Kühlagerung. Die Proben unter Zusatz verschiedener Mengen an Fischöl der Fa. L wurden bei allen Prüfparametern gleich bewertet, weshalb die zugehörigen Profile deckungsgleich verlaufen. Alle Proben wurden nach dem 5-Punkte-Schema beurteilt (5: ausgezeichnet; 1: mangelhaft)

schmackseindruck im Fleischerzeugnis überdeckt wurde. Zudem störten die Kapseln im Schnittbild bereits durch ihre Größe bzw. Farbe deutlich.

Als weitere Quelle an ω -3-Fettsäuren wurde ein Fischöl der Fa. L geprüft. In sensorischen Tests wurde es in den Parametern „Farbe“, „Biss“ und auch „Geruch“ als gleich mit der Kontrolle bewertet, unabhängig von den eingesetzten Mengen an Fischöl (Abb. 3). Bei „Geschmack“ und „Gesamteindruck“ wurden die Fischölproben jeweils um einen Punkt schlechter bewertet, wobei der Geschmack in den allermeisten Fällen nicht mit fischig, sondern unspezifisch als etwas fremdartig, manchmal „an Eierstich erinnernd“ beschrieben wurde. Und das insbesondere auch nach sechs Wochen, also gegen Ende der Kühllagerung, wie Abbildung 3 zeigt. Als zusätzliches Antioxidationsmittel wurde Rosmarinextrakt (Pulver, Fa. Q) verwendet. Dieses Fischölerzeugnis zeigte also deutlich bessere Ergebnisse als alle anderen Produkte auf Fischölbasis (Abb. 1 bis 3; 5) und eignet sich durchaus als Quelle für ω -3-Fettsäuren in Fleischerzeugnissen.

Die in der Wurst eingesetzten Fischölpulver fielen schon in der sensorischen Prüfung ohne Ausnahme durch, schon deshalb, weil sie trotz der Verkapselung im Geschmack häufig als fischig beschrieben wurden. Dazu kam ein oft starker Eindruck nach Würze oder eine süßliche Note. Auch faulige Geschmacksempfindungen wurden genannt. Zusätzlich waren noch deutliche farbliche Abweichungen festzustellen. Die Fleischerzeugnisse zeigten je nach Pulver einen insgesamt gelblichen, rosa oder auch grünlichen Einschlag. Bei manchen Produkten wiesen auch die Umrandungen von Hohlstellen einen grünen Rand auf. Zudem war die Konsistenz nachteilig verändert, indem sie z.T. stark gummiartig wahrgenommen wurde. Mitunter wurden auch grießige Eindrücke beschrieben. Die beschriebenen Resultate werden ihre Ursache teilweise im miterkauften grundsätzlichen Problem von verkapselten Fischölen haben, denn die Fischölpulver enthalten naturgemäß gegenüber den ursprünglichen Fischölen

deutlich verringerte Gehalte an ω -3-Fettsäuren, die zwischen 7 und 21 % lagen.

Um die geplante Konzentration von 2 % an ω -3-Fettsäuren im Fleischerzeugnis zumindest annähernd zu erreichen, war man deshalb gezwungen eine höhere Dosierung zu verwenden. Dies ging dann offensichtlich mit Nachteilen in Konsistenz, Farbe und Geschmack einher, wie obige Ergebnisse zeigen. Die Veränderungen in der Konsistenz könnten beispielsweise von den Bestandteilen der Kapseln bzw. Pulver wie u.a. Stärke oder Proteinen sowie den zusätzlich benötigten Hilfsstoffen herrühren. Die TBARS-Werte der Fischölpulver waren dagegen meist unauffällig, wie Tabelle 1 zeigt.

Aus dem Bereich der Backwaren ist bekannt, dass ω -3-Fettsäuren merklich stabiler gegenüber Oxidationsreaktionen sind, wenn sie in Form von gemahlener Leinseed und nicht als Leinöl eingearbeitet wurden, weil die im Samen enthaltenen Lignane stabilisierend wirken. Die Umsetzung dieser Erkenntnisse wurde auch für Fleischerzeugnisse anhand verschiedener gemahlener Leinseeden bzw. Leinkuchen geprüft (Abb. 4). Die damit erzeugten Gelbwürste wurden von den Prüfern bei den Testparametern Geruch, Geschmack und Gesamteindruck gegenüber der Kontrolle mit einem Abzug von einem oder zwei Punkt(en) bewertet. Die Fleischerzeugnisse wurden wohl als stimmig betrachtet, allerdings hatten sie mit Gelbwurst nur noch wenig gemein. Diese Fleischwaren müssten wohl eher z.B. mit der Verkehrsbezeichnung „Körnliwurst“ versehen werden. Der Geruch der entsprechenden Würste wurde mit untypisch sowie nach Knäckebrötchen beschrieben, auch der Geschmack wurde angegeben mit nach Knäckebrötchen, nach alten, trockenen Kräutern sowie etwas bitter.

Die beiden getesteten Leinöle kamen beim Sensorikpanel ausgesprochen gut an, wie die Abbildung 2 und 5 belegen. Hier handelte es sich in beiden Fällen allerdings nicht um einfache, gepresste Leinöle, sondern um raffinierte, also aufgereinigte Leinöle. Das Leinöl der Fa. H (Abb. 2) wurde durchgehend mit der höchsten

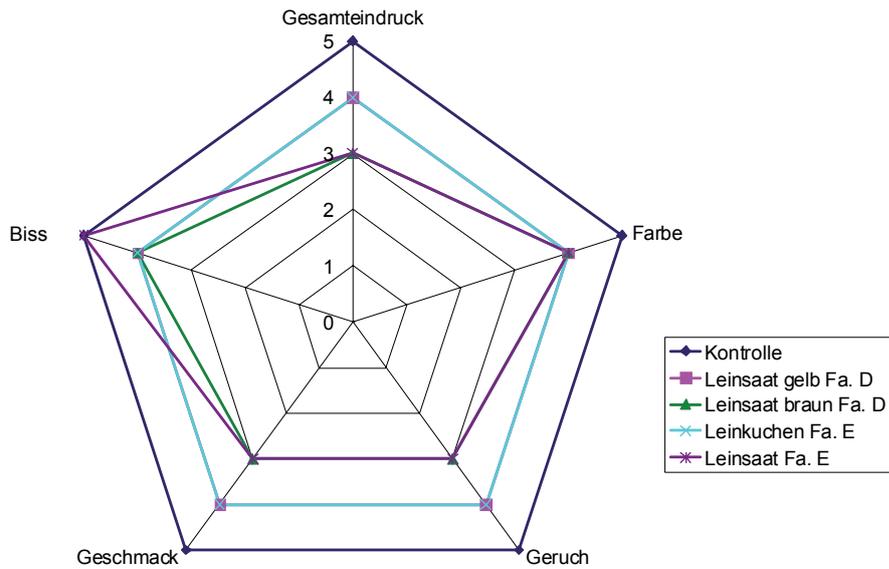


Abb. 4: Sensorikprofil von Gelbwürsten unter Zugabe von ω -3-Fettsäure-Quellen wie gemahlener Leinsaat bzw. Leinkuchen, direkt nach der Herstellung. Alle Proben wurden nach dem 5-Punkte-Schema beurteilt (5: ausgezeichnet; 1: mangelhaft)

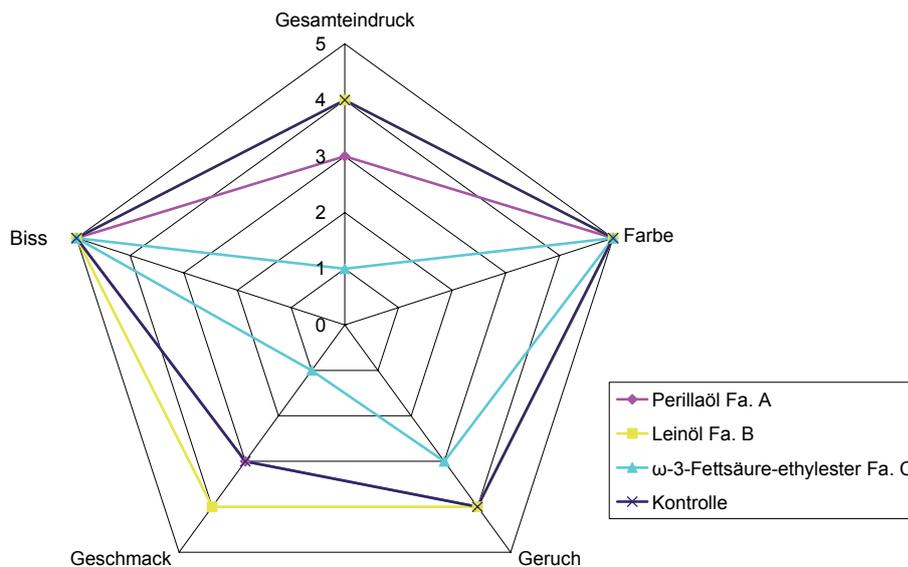


Abb. 5: Sensorikprofil von Gelbwürsten unter Zugabe von ω -3-Fettsäure-reichen Lipiden nach 6 Wochen Kühlung. Alle Proben wurden nach dem 5-Punkte-Schema beurteilt (5: ausgezeichnet; 1: mangelhaft)

Punktzahl versehen, wobei die Kontrolle zu Beginn der Lagerung in diesem Versuch ungewöhnlich schlecht bewertet wurde. Gegen Ende der Kühlung wurden dagegen die Kontrolle und die Wurst mit Leinöl der Fa. H sensorisch identisch geprüft (Ergebnisse nicht dargestellt). Leinöl wurde somit über die ganze Lagerdauer gleich oder besser beurteilt als die Kontrolle. Für Leinöl der Fa. B galt das Gleiche (Abb. 5).

Auch das pflanzliche Mischöl der Fa. H – dargestellt in Abbildung 2 – schnitt in der sensorischen Bewertung gut ab, es lag stets in etwa gleichauf mit der Kontrolle oder Leinöl. Der Nachteil dieser Quelle lag in der geringeren Konzentration an ω -3-Fettsäuren, so dass man ca. 20 % an Öl benötigt hätte, um die geplanten 2,3 % an ω -3-Fettsäuren im Fleischerzeugnis zu erreichen. Perillaöl konnte sensorisch dagegen nicht überzeugen, insbesondere hin-

sichtlich des Geschmacks, aber auch bei Geruch und Gesamteindruck (Abb. 5). Der Geschmack wurde u. a. mit bitter, herb, an feuchtes Gras bzw. Brennesselsud erinnernd oder faulig sowie fischig beschrieben. Diese Resultate konnten durch Arbeiten unter Vakuum (beim Kattern und Füllen) nicht wesentlich verbessert werden.

Einige der oben genannten Quellen an ω -3-Fettsäuren wurden auch in verschiedenen Mischungen getestet (Perillaöl, Leinöl, ω -3-Fettsäure-Ethylester). Die Ergebnisse haben gezeigt, dass z. B. die sensorischen Nachteile eines Öls bei Verwendung als alleiniger ω -3-Fettsäure-Zusatz bei Mischung mit anderen Ölen nicht wesentlich verbessert, z. T. sogar nachteilig verändert wurden. Eine solche sensorisch nachteilige ω -3-Quelle dürfte somit – wenn überhaupt – nur in sehr geringen Anteilen anderen sensorisch neutralen Ölen beigegeben werden können. Der Sinn derartiger Mischungen bliebe fraglich, insbesondere sofern andere Möglichkeiten bestehen.

Generell soll einschränkend erwähnt werden, dass bei einer erheblich niedrigeren Sollkonzentration an ω -3-Fettsäuren im

Fleischerzeugnis möglicherweise deutlich bessere sensorische Resultate bei etlichen Zutaten zu erreichen gewesen wären. Dies wurde hier aufgrund des beabsichtigten Gehaltes an ω -3-Fettsäuren von 2 bzw. 2,3 % im Fleischerzeugnis nicht geprüft.

Chemische Analysen

In Tabelle 1 sind die TBARS-Gehalte von Gelbwürsten direkt nach Herstellung als auch nach Abschluss der sechswöchigen Kühlung bei 5 °C (im Kunstdarm) dargestellt, die mit verschiedenen Zutaten reich an ω -3-Fettsäuren hergestellt wurden. Während der Lagerung ist bei nahezu allen Erzeugnissen eine Zunahme der Werte zu erkennen. Die Fischölkapseln und das Fischöl 1 bilden hier die Ausnahmen, es sind dies die beiden Proben, die von Anfang an die mit Abstand höchsten Konzentrationen an TBARS aufwiesen. Hier wäre eine Reaktion von Malondialdehyd (MDA) mit z. B. Proteinen oder Aminosäuren denkbar, wodurch MDA der Bestimmung teilweise entzogen würde. Auch die Werte des Fischölpulvers 2 der Fa. N sanken während der Kühlung, wobei die Konzentrationen generell relativ niedrig lagen. Die Veränderungen der Gehalte

Tab. 1: Fettkennzahl TBARS (Thiobarbitursäurezahl [mg MDA/kg Wurst]) in Gelbwürsten unter Zusatz verschiedener funktioneller Zutaten direkt nach der Herstellung sowie nach Ende der Lagerung (6 Wochen bei 5 °C)

Funktionelle Zutat	nach Herstellung	Ende Lagerung (6 Wochen)
ohne	0,07	0,08
Perillaöl	1,07	1,14
Perillaöl (Vakuumverarbeitung)	0,71	0,82
Leinöl, Fa. B	0,23	0,24
Leinöl, Fa. H	0,13	0,16
Leinsaat (frisch gemahlen)	0,45	0,70
Mischöl (pflanzlich)	0,07	0,09
ω -3-Fettsäure-Ethylester	0,35	0,91
Fischölkapseln	1,71	1,54
Fischöl 1, Fa. G	1,59	1,34
Fischöl 1 (Vakuum), Fa. G	1,06	1,24
Fischöl 2, Fa. G	1,07	1,62
Fischöl, Fa. F	0,22	0,37
Fischöl, Fa. L	0,11	0,14
Fischölpulver 1, Fa. N	0,18	0,24
Fischölpulver 2, Fa. N	0,26	0,15
Fischölpulver, Fa. K	0,18	0,21

fielen in ihrer Intensität recht unterschiedlich aus. Die Erzeugnisse mit sehr niedrigem Anfangsgehalt (z. B. Kontrolle, Mischöl pflanzlich) zeigten nur sehr geringe Steigerungen, während die deutlich höher belasteten Proben (z. B. Fischöl 2, Fischöl 1 Vakuum, Perillaöl oder auch Leinsaat) stärkere Konzentrationsanstiege verzeichneten (Tab. 1). Interessant ist zudem der Zusammenhang der TBARS-Werte mit dem sensorischen Empfinden. Denn alle Würste mit höheren TBARS-Gehalten (Perillaöl, Fischölkapseln, Fischöl 1, Fischöl 1 Vakuum, Fischöl 2) wurden auch sensorisch als ungeeignet bewertet (Abb. 1 und 2). Stiegen die TBARS-Werte während der sechswöchigen Kühlung stark an, wie bei ω -3-Fettsäure-Ethylester von 0,35 auf 0,91 mg MDA pro kg Wurst, so wurde dies auch sensorisch bemerkbar. Die entsprechende Probe wurde gegen Ende der Lagerung als ungenießbar beurteilt (Abb. 5). Die mit Fischöl der Fa. L hergestellte Gelbwurst zeigt mit 0,11 mg MDA je kg Wurst direkt nach der Herstellung ausgesprochen niedrige TBARS-Gehalte. Auch nach sechswöchiger Kühlung sind sie mit 0,14 mg/kg nur unwesentlich angestiegen. Die TBARS-Konzentrationen liegen hier sogar niedriger als in den mit verschiedenen Leinölen hergestellten Würsten (Tab. 1), obwohl EPA und DHA in Fischöl gegenüber ALA in

Leinöl deutlich mehr Doppelbindungen besitzen und somit oxidativ anfälliger sind.

Die Gehalte an ω -3-Fettsäuren (ALA) in mit raffiniertem Leinöl verschiedener Hersteller angereicherten Gelbwürsten – zum Teil bei unterschiedlichen Verarbeitungsbedingungen – sind in Tabelle 2 dargestellt. Die Konzentrationen der mit Leinöl der Fa. H versetzten Proben (die Dosierung an Leinöl der drei Chargen war immer identisch) lagen im Mittel bei ca. 2,3 % und damit genau im Sollbereich, die Unterschiede durch Anwendung von Vakuum wirkten sich nicht aus. Beim Leinöl der Fa. B lag die Konzentration an ALA ca. 10 % unter dem Sollwert, wobei bei diesem Öl kein Analysenzertifikat vorhanden und somit eine genauere Berechnung im Vorfeld nicht möglich war.

Bei Verwendung von Fischöl als Quelle für ω -3-Fettsäuren wurde der Sollwert von 2 % in Charge 1 nur knapp erreicht (Tab. 3), während in Charge 2 die Summe an EPA und DHA um ca. 10 % über dem Sollwert lag. In beiden Fällen wurde ein identischer Anteil an Fischöl ins Brät gegeben. Die zu erwartenden Gehaltsschwankungen lagen somit höher als 10 %. Allerdings lag der Gesamtgehalt an ω -3-Fettsäuren höher als die genannten Werte an EPA plus DHA von ca. 2 %, weil

Tab. 2: Prozentuale Gehalte an ω -3-Fettsäuren (α -Linolensäure) in Gelbwürsten bei Zusatz von Leinöl unter verschiedenen Verarbeitungsbedingungen direkt nach der Herstellung

Funktionelle Zutat	α -Linolensäure-Gehalt im Fett [%]	Fettgehalt [%]	Konzentration an α -Linolensäure in der Wurst [%]
ohne	1,0	22,8	0,23
Leinöl Fa. H	9,6	23,7	2,28
Leinöl Fa. H (Vakuum)	9,6	24,0	2,30
Leinöl Fa. B	9,0	23,1	2,08

Tab. 3: Prozentuale Gehalte an verschiedenen ω -3-Fettsäuren in Gelbwürsten bei Zusatz von Fischöl direkt nach der Herstellung

Funktionelle Zutat	ω -3-Fettsäure [%]			
	18:3	20:5	22:6	20:5 + 22:6
ohne	0,18	-	-	-
Fischöl Fa. L, Charge 1 416 g auf 5,12 kg	0,19	1,21	0,74	1,95
Fischöl Fa. L, Charge 2 125 g auf 1,54 kg	0,16	1,35	0,84	2,19

Tab. 4: Aerobe Gesamtkeimzahl [KBE/g Wurst] in Gelbwürsten unter Zusatz verschiedener funktioneller Zutaten direkt nach Herstellung sowie nach Ende der Lagerung (6 Wochen bei 5 °C)

Funktionelle Zutat	Untersuchungszeitpunkt	
	nach Herstellung	Ende Lagerung (6 Wochen)
ohne	< 10 ²	2*10 ²
Fischölkapseln, Fa. I	< 10 ²	< 10 ²
Mischöl (pflanzlich), Fa. H	< 10 ²	< 10 ²
Leinöl, Fa. H	< 10 ²	1*10 ²
Leinöl, Fa. B	< 10 ²	< 10 ²
Fischöl, Fa. L	< 10 ²	< 10 ²

die in Fleisch natürlich vorkommende Konzentration an ALA noch hinzu kommt (Tab. 3).

Mikrobiologische Analysen

Die Ergebnisse der aeroben Gesamtkeimzahl lassen generell keinerlei diesbezügliche Probleme erkennen. Alle Werte lagen im üblichen Bereich $\leq 10^2$ KBE (Kolonie bildende Einheiten) pro g Wurst, auch nach Ende der Lagerungsperiode von 6 Wochen unter Kühlung (Tab. 4). Da die Würste im Darm gelagert wurden, waren hier auch keine Probleme zu erwarten.

Physikalische Analysen

Die untersuchten FF zeigten bezüglich physikalischer Parameter wie Festigkeit (Bruchfestigkeit bzw. Härte), Wasser- bzw. Fettbindung oder Farbwerte – auch nach Ende der Lagerung – keine wesentlichen Abweichungen zur Kontrolle (Ergebnisse nicht dargestellt).

Über die Ergebnisse zur Einarbeitung an Glukosinolat-reichen Zutaten in funktionelle Fleischerzeugnisse wird in Kürze berichtet werden, ebenso wie über die Resultate der mit diesen Würsten durchgeführten Humanstudien.

Danksagung

Das Forschungsvorhaben (AiF 15049 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.

Literatur

- Arvanitoyannis, I.S., van Houwelingen-Koukialiaroglou, M. (2005): Functional foods: a survey of health claims, pros and cons, and current legislation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 45, 385-404
- Balk, E.M., Lichtenstein, A.H., Chung, M., Kupelnick, B., Chew, P., Lau, J. (2006): Effects of omega-3 fatty acids on serum markers of cardiovascular disease risk: a systematic review. *Atherosclerosis* 189, 19-30
- Botsoglou, N.A., Fietouris, D.S., Papageorgiou, G.E., Vassilopoulos, V.N., Mantis, A.J., Trakatellis, A.G. (1994): Rapid, sensitive and specific Thiobarbituric acid method for measuring lipid peroxidation in animal tissue, food and foodstuff samples. *Journal of Chemistry* 42, 1931-1937
- 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. Deutscher Fleischer-Verband (2004): Geschäftsbericht 2003/2004
- Egert, S., Fobker, M., Andersen, G., Somoza, V., Erbersdobler, HF., Wahrburg, U. (2008): Effects of dietary alpha-linolenic acid, eicosapentaenoic acid or docosahexaenoic acid on parameters of glucose metabolism in healthy volunteers. *Annals of Nutrition and Metabolism* 53, 182-187
- EU-Verordnungsvorschlag über Nährwert- und gesundheitsbezogene Angaben über Lebensmittel: 2003/1054/COD vom 7.6.2005
- Guardiola, F., Codony, R., Addis, P.B., Rafecas, M., Boatella, J. (1996): Biological effects of oxysterols: current status. *Food and Chemical Toxicology* 34, 193-211
- Guesry, P.R. (2005): Impact of functional food. Diversification and health promotion. *Forum Nutrition*, 57, 73-83
- Hammer, G.F. (1992): Verarbeitung von pflanzlichen Ölen zu Brühwurst. *Fleischwirtschaft* 72, 36-45

- Holley, A.E., Walker, M.K., Cheeseman, K.H. und Slater, T.F. (1993): *Free Radical Biology and Medicine*, 15, 281-289
- 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. *British Medical Journal* 322, 757-763
- Jimenez-Colmenero, F., Carballo, J., Cofrades, S. (2001): Healthier meat and meat products: their role as functional foods. *Meat Science* 59, 5-13
- Jung, U.J., Torrejon, C., Tighe, A.P., Deckelbaum, R.J. (2008): n-3 Fatty acids and cardiovascular disease: mechanisms underlying beneficial effects. *American Journal of Clinical Nutrition* 87, 2003S-2009S
- Karg, G. (2003): Zweite Bayerische Verzehrsstudie, BVS II. <http://www.wzw.tum.de/wdh/Res/BVS2/bvs2.html> (Stand: Juni 2009)
- 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. *American Journal of Clinical Nutrition* 77, 1278-1286
- Kleef, E. van, van Trijp, H.C.M., Luning, P. (2005): Functional foods: health claim-food product compatibility and the impact of health claim framing on consumer evaluation. *Appetite* 44, 299-308
- Kris-Etherton, P.M., Harris, W.S., Appel, L.J. (2003): Omega-3 fatty acids and cardiovascular disease: new recommendations from the American Heart Association. *Arteriosclerosis Thrombosis Vascular Biology* 23, 151-152
- Kühl (2005): Vortrag anlässlich des 4. FEI-Kooperationsforums „Functional Food“, Bonn
- Leifert, W.R., Jahangiri, A., McMurchie, E.J. (1999): Antiarrhythmic fatty acids and antioxidants in animal and cell studies. *Journal of Nutritional Biochemistry* 10, 252-267
- Montori, V.M., Farmer, A., Wollan, P.C., Dinneen, S.F. (2000): Fish oil supplementation in type 2 diabetes: a quantitative systematic review. *Diabetes Care* 23, 1407-1415
- Mukaro, V.R., Costabile, M., Murphy, K.J., Hii, C.S., Howe, P.R., Ferrante, A. (2008): Leukocyte numbers and function in subjects eating n-3 enriched foods: selective depression of natural killer cell levels. *Arthritis Research and Therapy* 10, R57
- Müller, W.-D., Kratzer, R., Landmann, R. (2004): Herstellung hochwertiger Fleischerzeugnisse aus heimischem Rot- und Damwildfleisch. *Mitteilungsblatt der Fleischforschung Kulmbach* 43, Nr. 165, 205-211
- Münch, S., Arneht, W., Grosch, W. (1998): Bildung von Oxidationsprodukten des Cholesterols in Fleisch – Abhängigkeit von Zubereitung, Behandlung und Lagerung. *Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten*, Heft 469, 93-101
- Osada, K., Kodama, T., Cui, L., Yamada, K., Sugano, M. (1993): Levels and formation of oxidized cholesterol in processed marine foods. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 41, 1893-1898
- Paniangvait, P., King, A.J., Jones, A.D., German, B.G. (1995): Cholesterol oxides in foods of animal origin. *Journal of Food Science* 60, 1159-1174
- Thies, F., Nebe-von-Caron, G., Powell, J.R., Yaqoob, P., Newsholme, E.A., Calder, P.C. (2001a): Dietary supplementation with eicosapentaenoic acid, but not with other long-chain n-3 or n6 polyunsaturated fatty acids, decreases natural killer cell activity in healthy subjects aged >55 y. *American Journal of Clinical Nutrition* 73, 539-548
- Thies, F., Nebe-von-Caron, G., Powell, J.R., Yaqoob, P., Newsholme, E.A., Calder, P.C. (2001b): Dietary supplementation with gamma-linolenic acid or fish oil decreases T lymphocyte proliferation in healthy older humans. *Journal of Nutrition* 131, 1918-1927
- Thies, F., Miles, E.A., Nebe-von-Caron, G., Powell, J.R., Hurst T.L., Newsholme, E.A., Calder, P.C. (2001c): Influence of dietary supplementation with long-chain n-3 or n-6 polyunsaturated fatty acids on blood inflammatory cell populations and functions and on plasma soluble adhesion molecules in healthy adults. *Lipids* 36, 1183-1193
- Troeger, K., Nitsch, P., Müller, W.-D., Münch, S. (2005): Kein Angriff auf Geschmack und Textur. *Fleischwirtschaft*, 85, 54-56
- 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. *British Journal of Nutrition* 89, 679-689
- Wen, J., Morrissey, P.A., Walton J., Sheehy P.J.A. (1997): *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 36, 75-84
- Wijendran, V., Hayes, K.C. (2004): Dietary n-6 and n-3 fatty acid balance and cardiovascular health. *Annual Reviews of Nutrition* 24, 507-615
- Woodman, R.J., Mori, T.A., Burke, V., Puddey, I.B., Watts, G.F., Beilin, L.J. (2002): Effects of purified eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids on glycemic control, blood pressure, and serum lipids in type 2 diabetic patients with treated hypertension. *American Journal of Clinical Nutrition* 76, 1007-1015
- WHO World Health Organisation (2004): Obesity and overweight. http://www.who.int/dietphysicalactivity/media/en/gsf_0besity.pdf (Stand August 2009)