





Toolbox zur Minimierung von 3-MCPD-Fettsäureestern und Glycidyl- Fettsäureestern in Lebensmitteln



Spitzenverband der
Lebensmittelwirtschaft

BL

Inhaltsverzeichnis

	VORWORT	3
	INHALTLICHE EINFÜHRUNG	4
	AUFBAU UND UMGANG MIT DER TOOLBOX	7
	1. TOOLBOX-HAUPTGRUPPE LANDWIRTSCHAFT	9
	1.1 Züchtung	11
	1.2 Anbau	11
	1.3 Ernte	12
	1.4 Lagerung und Transport	12
	2. TOOLBOX-HAUPTGRUPPE ÖLMÜHLE/RAFFINERIE	13
	2.1 Rohölgewinnung	15
	2.2 Pflanzenölraffination	16
	2.3 Nachbehandlung raffiniertes Pflanzenöl	20
	2.4 Pflanzenölmodifikation	21
	3. TOOLBOX-HAUPTGRUPPE INDUSTRIELLE ANWENDUNG/VERARBEITUNG	23
	3.1 Rezeptur („exogener Eintrag“)	25
	3.2 Herstellungsprozess („endogene Bildung“)	26
	4. TOOLBOX-HAUPTGRUPPE ZUBEREITUNG	27
	4.1 Herstellungsprozess („endogene Bildung“)	29
	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	30
	LITERATURVERZEICHNIS	31
	IMPRESSUM	34
	DANK	35
	ARBEITSGRUPPE TOOLBOX (TEILNEHMER)	35

Vorwort

Lebensmittel müssen sicher sein – dies ist ein Anliegen aller, der Lebensmittelwirtschaft, der Verbraucher und der Behörden. Trotzdem ist niemand vor Überraschungen gefeit. Neue und verbesserte Analysetechniken führen immer wieder zur Entdeckung neuer Stoffe in Lebensmitteln, gerade wenn es um Substanzen geht, die im Spurenbereich (Milligramm bzw. Mikrogramm pro Kilogramm Lebensmittel oder noch geringere Mengen) vorkommen. Im Jahre 2002 wurde mit Acrylamid erstmalig eine ganz neue Klasse von unerwünschten Stoffen in Lebensmitteln entdeckt, die Prozesskontaminanten. Diese Stoffe entstehen aus natürlichen Lebensmittelbestandteilen bei Erhitzungsprozessen im Rahmen der Herstellung oder Behandlung von Lebensmitteln. In 2006 wurde dann die Prozesskontaminante „3-MCPD-Fettsäureester“ in verschiedenen pflanzlichen Speiseölen und -fetten erstmals beschrieben. Später kamen noch weitere „verwandte Verbindungen“ hinzu, die Glycidyl-Fettsäureester und die 2-MCPD-Fettsäureester.

Für unerwünschte Stoffe in Lebensmitteln (Kontaminanten) gilt in der Europäischen Union das Minimierungsgebot. Dieses ist ebenso wie der gesundheitliche Schutz der Verbraucher in der Basisverordnung (EWG) Nr. 315/93 des europäischen Kontaminantenrechts verankert. Aufgrund der nach der Entdeckung der 3-MCPD-Fettsäureester vom Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) geäußerten gesundheitlichen Bedenken wurde unverzüglich mit der Ursachenforschung und Erarbeitung von Maßnahmen begonnen, um die Gehalte von 3-MCPD-Fettsäureestern in Lebensmitteln und insbesondere in raffinierten pflanzlichen Ölen und Fetten zu verringern. Zu diesem Zweck wurden in Deutschland von der Lebensmittelwirtschaft über den Forschungsbereich der Ernährungsindustrie (FEI) zwei umfangreiche Forschungsprojekte initiiert, die eine Vielzahl an Erkenntnissen hervorgebracht haben. Die Ergebnisse wurden von den Herstellern von Speisefetten und -ölen aufgegriffen, unter Praxisbedingungen getestet und weiterentwickelt. Parallel dazu wurden von der weiterverarbeitenden Lebensmittelindustrie Anstrengungen unternommen, die Gehalte an 3-MCPD-Fettsäureestern und Glycidyl-Fettsäureestern in den Endprodukten zu senken. Hierbei wurde allerdings auch festgestellt, dass unter bestimmten Bedingungen eine Neubildung von 3-MCPD-Fettsäureestern während der Verarbeitung und Zubereitung erfolgen kann.

Aufgrund der guten Erfahrungen mit der „Acrylamid-Toolbox“, die zur Minimierung der Acrylamid-Gehalte in Lebensmitteln von der europäischen Lebensmittelindustrie unter Federführung von FoodDrinkEurope entwickelt wurde, ist aus dem Kreis der deutschen Lebensmittelwirtschaft angeregt worden, auch für 3-MCPD-Fettsäureester und Glycidyl-Fettsäureester eine Toolbox zu erstellen. Die vorliegende Toolbox wurde von einer Gruppe aus Vertretern der deutschen Lebensmittelwirtschaft, Forschungseinrichtungen und Handelslaboratorien unter Koordination des BLL erarbeitet und enthält geprüfte „Werkzeuge“ (Tools) für die gesamte Lebensmittelkette. Dadurch soll es dem einzelnen Anwender ermöglicht werden, in Forschung und Praxis vorhandene Kenntnisse und Erfahrungen zu nutzen, um den Gehalt an 3-MCPD-Fettsäureestern und Glycidyl-Fettsäureestern in seinen Produkten entsprechend senken zu können. Die Toolbox versteht sich damit als Hilfsmittel für die Praxis zur Gewährleistung eines vorbeugenden gesundheitlichen Verbraucherschutzes.

BLL, Februar 2016

Inhaltliche Einführung

Auf verschiedenen Stufen der Lebensmittelherstellung und -verarbeitung kann es abhängig von den Prozessbedingungen zur Bildung sogenannter hitzeinduzierter Kontaminanten (Prozesskontaminanten) kommen. Diese bilden sich entweder – wie Acrylamid und Furan – gemeinsam mit den erwünschten Aromastoffen, die für die Qualität der Lebensmittel und das Geschmackserlebnis von großer Bedeutung sind, oder sie werden während der Veredelung des Lebensmittelrohstoffs gebildet. In der Praxis ist es schwierig, die Bildung hitzeinduzierter Kontaminanten vollständig zu vermeiden, gleichzeitig aber die Produkteigenschaften beizubehalten, so dass das Lebensmittel auch weiterhin den Erwartungen der Verbraucher entspricht und Qualität und Sicherheit des Produkts nach wie vor gewährleistet sind.

Das Vorkommen von 3-Monochlor-1,2-propandiol-Fettsäureestern (3-MCPD-FE) in Speisefetten und -ölen ist ein weiteres Beispiel für das Auftreten solcher Prozesskontaminanten. Sie wurden erstmals 2006 von Zelinková et al. [1] beschrieben. Während in nativem Olivenöl keine 3-MCPD-FE nachgewiesen werden konnten, wurden erhöhte Gehalte in raffinierten Ölen und Ölen aus gerösteten Saaten festgestellt. Im Dezember 2007 veröffentlichten das Chemische und Veterinäruntersuchungsamt (CVUA) in Stuttgart und das Max Rubner-Institut (MRI) Ergebnisse von 3-MCPD-FE in verschiedenen Speisefetten und Speiseölen [2] und stießen damit in Deutschland die Diskussion um die neue Prozesskontaminante „3-MCPD-Fettsäureester“ an. Im Rahmen der Weiterentwicklung der Analysemethoden für die 3-MCPD-FE wurden später vor allem in raffiniertem Palmöl auch hohe Gehalte an Glycidyl-Fettsäureestern (G-FE) gefunden.

3-MCPD-Fettsäureester und Fettmoleküle (Triglyceride) weisen eine sehr ähnliche chemische Struktur auf. Triglyceride bestehen aus einem Glycerin-Grundgerüst, das mit drei Fettsäuren verestert ist. Im Falle der 3-MCPD-Diester liegt ein Glycerin-Grundgerüst vor, das mit zwei Fettsäuren verestert ist; die dritte Fettsäure ist durch ein Chloratom ersetzt. Bei den 3-MCPD-Monoestern ist das Glycerin-Grundgerüst nur mit einer Fettsäure verestert. Die Bezeichnung „3-MCPD-Fettsäureester“ resultiert daraus, dass als Grundgerüst nicht Glycerin, sondern „chloriertes Glycerin“ (3-MCPD) angenommen wird. Die 3-MCPD-FE werden inzwischen häufig auch als „verestertes 3-MCPD“ bezeichnet, um die Ester sprachlich vom „freien 3-MCPD“ abzugrenzen.

Im Gegensatz zu den 3-MCPD-Fettsäureestern ist freies 3-MCPD, das chemisch gesehen zur Gruppe der Chlorpropanole gehört, bereits seit Ende der 70er Jahre als Reaktionsprodukt bei der Herstellung von sauer hydrolysiertem Pflanzenprotein bekannt [3]. Der Fund von 3-MCPD-FE in Speisefetten und -ölen war aus gesundheitlicher Sicht bedeutsam, weil Langzeitstudien mit Ratten gezeigt hatten, dass die Aufnahme von freiem 3-MCPD zu Nierenschäden führen kann. Für höhere Dosen wird auch von gutartigen Tumoren berichtet [4]. Onami et al. [5] zeigten, dass freies 3-MCPD und 3-MCPD-Fettsäureester in vivo keine Genotoxizität aufweisen, aber möglicherweise nierentoxisch sind. Das Scientific Committee on Food (SCF) der Europäischen Kommission und das Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA), das auch für Kontaminanten zuständig ist, haben auf Basis der vorliegenden Erkenntnisse und unter Berücksichtigung eines Sicherheitsfaktors von 500 eine tolerierbare tägliche Aufnahmemenge (TDI) von 2 µg/kg Körpergewicht für freies 3-MCPD abgeleitet. Die International Agency for Research on Cancer (IARC) hat freies 3-MCPD als „möglicherweise krebserregend für den Menschen“ (Gruppe 2B) eingestuft [6]. Für freies 3-MCPD in hydrolysiertem Pflanzenprotein und Sojasoßen gilt bereits seit mehreren Jahren europaweit ein Höchstgehalt von je 0,02 mg/kg, bezogen auf das flüssige Erzeugnis mit einer Trockenmasse von 40 Prozent, was einem Höchstgehalt von 0,05 mg/kg für das Trockenprodukt entspricht [7].

Glycidyl-Fettsäureester werden ebenfalls als gesundheitlich bedenklich eingeschätzt [8], [9]. Freies Glycidol besitzt mutagene und karzinogene Eigenschaften und wurde von der IARC als „wahrscheinlich krebserregend für den Menschen“ (Gruppe 2A) eingestuft [10]. Damit sollten die Gehalte für diese Verbindung in Lebensmitteln so niedrig wie möglich sein (ALARA; as low as reasonably achievable).

Im Dezember 2007 hat das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) eine vorläufige toxikologische Bewertung für 3-MCPD-FE präsentiert, in der es davon ausgeht, dass die Ester im menschlichen Körper durch Enzyme vollständig zu freiem 3-MCPD gespalten werden [11]. Daraus wurde die Empfehlung abgeleitet, die vorliegenden toxikologischen Bewertungen für die freien Verbindungen auf die Bewertung der

Ester zu übertragen. Die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) hat dieser Annahme in einer Erklärung zugestimmt [12].

Neuere Untersuchungen von Buhrke et al. [13] und Abraham et al. [14] belegen, dass eine fast vollständige Freisetzung von 3-MCPD aus 3-MCPD-FE im Körper stattfindet. Ähnliche Ergebnisse konnten Appel et al. [15] für die Freisetzung von Glycidol aus G-FE zeigen. In einer von Barocelli et al. [16] veröffentlichten Studie („Parma-Studie“) waren insbesondere Niere und Hoden Zielorgane für das freie 3-MCPD. Der Fettsäureester 3-MCPD-dipalmitat zeigte einen ähnlichen Effekt wie die freie Verbindung; so wurden ca. 70 Prozent des Esters als freies 3-MCPD mit dem Harn ausgeschieden. Diese Ergebnisse stützen grundsätzlich die Bewertung des BfR aus dem Jahre 2007.

In seiner Stellungnahme vom Dezember 2007 hatte das BfR die ölherstellende Industrie aufgefordert, „alternative Techniken für die Herstellung raffinierter Fette und Öle“ zu entwickeln [11], und auch die Empfehlungen der EFSA [12] gingen in diese Richtung. Schnell wurde im Rahmen der Ursachenforschung klar, dass insbesondere der Schritt der Desodorierung während der Raffination einen erheblichen Einfluss auf die Bildung der 3-MCPD-FE und G-FE hat.

Der Bildung von 3-MCPD- und Glycidyl-Fettsäureestern liegen komplexe Mechanismen zugrunde, bei denen neben den Prozessbedingungen (Temperatur, Zeit, pH-Wert) auch die Anwesenheit von geeigneten Vorstufen (Präkursoren) eine wichtige Rolle spielt. Im Falle von 3-MCPD-FE sind dies das Vorhandensein einer Chlorquelle in organischer oder anorganischer Form und von Fetten (Lipiden) wie Mono-, Di- und Triglyceriden oder auch Phospholipiden. Chloride und andere chlorhaltige Substanzen werden von der Pflanze über Wasser, Düngung oder Pflanzenschutzmittel aufgenommen, im Samen gespeichert und gelangen dann bei der Ölgewinnung in Pflanzenöle. Nagy et al. [17] haben für Palmöl eine Vielzahl von organischen Chlorverbindungen identifiziert, aber auch anorganische Substanzen wie Eisen(III)chlorid, Eisen(II)chlorid, Magnesiumchlorid und Calciumchlorid, die während der Verarbeitung in mehr oder weniger lipophile chlorhaltige Verbindungen konvertiert werden können („Chlorid-Kaskade“). Für den Bildungsmechanismus der 3-MCPD-FE schlugen Destailats et al. [18] vor, dass die organischen Chlorverbindungen bei den hohen Temperaturen der Desodorierung thermokatalytisch in reaktive chlorhaltige Substanzen wie z. B. Salzsäure zerfallen, die dann mit den Glyceriden zu 3-MCPD-FE reagieren. Der Zerfall der organischen Chlorverbindungen beginnt danach bereits bei Temperaturen über 120° C. Bei Temperaturen über 150° C setzt die Bildung von 3-MCPD-FE durch Substitution des Chloratoms am Glycerin-Grundkörper unter Abspaltung einer Fettsäure ein. Ein zweiter Reaktionsweg für die Bildung von 3-MCPD-FE beinhaltet die Zwischenstufe eines Acyloxonium Ions und die nukleophile Substitution.

Für die Bildung von Glycidyl-Fettsäureestern wurde eine starke Korrelation mit dem Gehalt an Diglyceriden im Fett oder Öl festgestellt. Dabei zeigen verschiedene Untersuchungen [19], [20], [21], dass die Bildung der G-FE ab einer Temperatur von 230° bis 240° C und einem Gehalt an Diglyceriden über 4 Prozent exponentiell ansteigt. Als Reaktionsmechanismus schlugen Craft et al. [22] vor, dass es infolge der thermischen Behandlung zu einer intramolekularen Umlagerung mit anschließender Abspaltung einer Fettsäure und Bildung einer Epoxidbindung kommt. Insbesondere in Fruchtfleischölen wie Palmöl oder Olivenöl wurden höhere Gehalte an Partialglyceriden (Diglyceride, Monoglyceride) infolge des enzymatischen Abbaus während der Lagerung der Früchte vor der Verarbeitung nachgewiesen.

Verschiedene Ölarten zeigen ein unterschiedliches Potential zur Bildung der 3-MCPD- und Glycidyl-Fettsäureester. Während für Saatenöle wie Rapsöl oder Sonnenblumenöl 3-MCPD-FE-Gehalte – jeweils berechnet als freies 3-MCPD – unter 1 mg/kg typisch sind, liegen die Gehalte an 3-MCPD-FE in Palmöl in der Regel zwischen 2 und 4 mg/kg, und abhängig von den Prozessbedingungen können zusätzlich Gehalte an G-FE von 4 bis über 10 mg/kg, berechnet als freies Glycidol, auftreten. Aufgrund der beschriebenen Bildungswege stellt insbesondere für Fruchtfleischöle die Qualität des Rohmaterials ein wichtiges Kriterium für das Bildungspotential der 3-MCPD-FE und G-FE dar.

Für die Bestimmung von 3-MCPD-FE und G-FE in Pflanzenölen und -fetten existieren heute verschiedene validierte indirekte Methoden, die die Ester gruppenweise als Summe erfassen [23], [24], [25],

[26]. Diese Methoden basieren auf der Spaltung der Ester in die freien Verbindungen, deren Isolierung und Derivatisierung mit anschließender gaschromatographischer Auftrennung und massenselektiver Detektion (GC/MS). Unterschiede zwischen den indirekten Methoden gibt es bei der Spaltung der Ester, die entweder säure- oder basekatalysiert durchgeführt wird. Für Fragestellungen zur Minimierung von 3-MCPD- und G-FE bei der Herstellung und Verarbeitung von Fetten und Ölen ist es ausreichend, die Gehalte der einzelnen Estergruppen jeweils als Summe bestimmen zu können. Direkte Methoden, die in der Lage sind, die einzelnen 3-MCPD-FE oder G-FE zu bestimmen, basieren auf flüssigchromatographischen Methoden mit massenspektrometrischer Detektion (z. B. LC-MS/MS) nach Anreicherung, konnten sich aber in der Routineanalytik bislang nicht durchsetzen. Vom europäischen Referenzlabor Joint Research Centre – Institute for Reference Materials and Measurements (JRC-IRMM, Geel, Belgien) wurden im März 2015 inhouse validierte indirekte Methoden für 3-MCPD-FE, 2-MCPD-FE und G-FE sowie für freies 3- und 2-MCPD in verschiedenen Lebensmitteln veröffentlicht [27], so dass erstmalig auch für fetthaltige Lebensmittel wie Backwaren, Snacks auf Getreide- oder Kartoffelbasis, Fisch- und Fleischwaren Analysenmethoden zur Verfügung stehen, die EU-weit einheitlich nutzbar sind.

Wird die gesamte Produktionskette von pflanzlichen Speisefetten und -ölen betrachtet, so ergeben sich drei grundsätzliche Ansatzpunkte zur Reduzierung der 3-MCPD- und Glycidyl-Fettsäureester:

- (1) Auswahl geeigneter Öl- bzw. Fett-Rohstoffe und Reduzierung oder Vermeidung der Präkursoren im Rohstoff vor der Verarbeitung
- (2) Veränderung der Raffinationsbedingungen und Einführung neuer Raffinationsschritte
- (3) nachträgliche Reduzierung der Ester im raffinierten Öl durch geeignete Adsorbentien.

Seit der Forderung des BfR im Jahre 2007, „alternative Techniken für die Herstellung raffinierter Fette und Öle“ zu entwickeln [11], ist eine Vielzahl an Möglichkeiten zur Reduzierung der 3-MCPD-FE und G-FE bei der Herstellung von Speisefetten und -ölen veröffentlicht worden, so dass heute verschiedene Tools zu ihrer Minimierung zur Verfügung stehen.

Aufbau und Umgang mit der Toolbox

Die Toolbox enthält Tools, um 3-MCPD-Fettsäureester (3-MCPD-FE) und Glycidyl-Fettsäureester (G-FE) in raffinierten pflanzlichen Fetten und Ölen und damit hergestellten Produkten zu reduzieren. Es wird davon ausgegangen, dass die Tools, die für 3-MCPD-FE geeignet sind, sich auch eignen, um die Bildung von 2-MCPD-Fettsäureestern (2-MCPD-FE) zu minimieren; allerdings wurde dieses im Rahmen der Arbeiten zur Toolbox nicht explizit überprüft. Die Toolbox erfasst weiterhin den Aspekt der Neubildung von 3-MCPD-FE während der industriellen Verarbeitung und der Zubereitung bestimmter tierischer Lebensmittel beim Braten, Grillen und Frittieren. Maßnahmen zur Minimierung der schon länger bekannten Prozesskontaminante freies 3-MCPD sind in der vorliegenden Toolbox hingegen nicht enthalten. Dies ist darin begründet, dass die Bildung von freiem 3-MCPD traditionell mit „anderen Lebensmittelgruppen“ wie beispielsweise Sojasauce und hydrolysiertem Pflanzenprotein verbunden ist und freies 3-MCPD in Fetten und Ölen bislang nicht nachgewiesen wurde. Außerdem sind die Minimierungsstrategien für 3-MCPD-Fettsäureester und freies 3-MCPD bislang unterschiedlich.

Die vorliegende Toolbox für 3-MCPD-FE und G-FE besteht aus vier Hauptgruppen, die die Stufen der Lebensmittelkette darstellen:

- Landwirtschaft
- Ölmühle und Raffinerie
- Industrielle Anwendung der Öle und Verarbeitung
- Zubereitung (z. B. im häuslichen und gastronomischen Bereich).

Die einzelnen Hauptgruppen unterteilen sich nochmals in Untergruppen, z. B. in der Hauptgruppe Landwirtschaft in Züchtung, Anbau, Ernte sowie Lagerung und Transport. Die einzelnen Tools sind jeweils der Untergruppe einer Toolbox-Hauptgruppe zugeordnet.

Alle Tools sind mit folgenden Angaben versehen:

- Bezeichnung bzw. kurze Beschreibung des Tools
- Wirkung/Minimierungseffekt des Tools
- Eignung des Tools für folgende Öle (Annahme)
- Tool reduziert folgende Prozesskontaminante: 3-MCPD-FE, G-FE
- Anwendungsbedingungen und Anwendungsbeschränkungen für das Tool
- Konsequenzen der Anwendung des Tools
- Testebene
- Literaturverweis.

Einige der Angaben sollen nachfolgend näher erläutert werden.

Bei den Einträgen für die Angabe „Eignung des Tools für folgende Öle“ in den Toolbox-Hauptgruppen Landwirtschaft und Ölmühle/Raffinerie handelt es sich um eine Einschätzung der Arbeitsgruppe, die die Toolbox erstellt hat. Dies ist dem Umstand geschuldet, dass die meisten Forschungsarbeiten zur Minimierung der 3-MCPD-FE und G-FE an Palmöl durchgeführt wurden, es der Arbeitsgruppe aber wichtig war, Hilfestellungen zur Minimierung der Ester im Idealfall für alle pflanzlichen Öle anbieten zu können. In der Spalte „Eignung des Tools für folgende Öle“ finden sich daher folgende möglichen Einträge: alle Öle, (nur) Fruchtfleischöle oder (nur) Palmöl.

Im Falle der Einträge für die Angabe „Tool reduziert folgende Prozesskontaminante“ war es das Ziel der Arbeitsgruppe, möglichst konkrete Angaben zu machen. Deshalb wird zwischen den Einträgen für 3-MCPD-FE, G-FE und 3-MCPD- und G-FE unterschieden. Wenn nicht zweifelsfrei zu klären war, ob das Tool beide Komponenten oder nur eine davon erfasst, wird der Eintrag als „Summe, unspezifiziert“ angegeben. Diese Angabe geht auf die Anfänge der Analytik zu den 3-MCPD-Fettsäureestern zurück, als noch nicht zwischen 3-MCPD-FE und G-FE unterschieden werden konnte.

Der Eintrag für die Angabe „Testebene“ soll eine Hilfestellung darstellen, um beurteilen zu können, ob und in wie weit das Tool unter Praxisbedingungen bereits getestet wurde. Mögliche Einträge in der Spalte sind: Industrielle Produktion, Pilotanlage, Labormaßstab, Modellversuch, einzelner Befund und theoretische Überlegung. Bei der Stufe „Industrielle Produktion“ handelt es sich um Tools, die bereits in der Praxis etabliert sind und von daher in der Reihenfolge zu prüfender Tools vorrangig berücksichtigt werden sollten. Da die Entwicklung von Minimierungsmaßnahmen für 3-MCPD-FE und G-FE noch nicht abgeschlossen ist, werden jedoch auch Tools bis hin zur „theoretischen Überlegung“ empfohlen, sofern sie plausibel erscheinen und intensiver geprüft werden sollten.

Die verschiedenen Testebenen sind in den nachfolgenden Kapiteln farblich wie folgt gekennzeichnet:

1. Industrielle Produktion	2. Pilotanlage	3. Labormaßstab	4. Modellversuch	5. Einzelner Befund	6. Theoretische Überlegung
----------------------------	----------------	-----------------	------------------	---------------------	----------------------------

Es ist darauf hinzuweisen, dass nicht jedes Tool für jedes Produkt und jeden Prozess geeignet sein wird, sondern dass eine Anpassung der Auswahl von Tools an das jeweilige Produkt und den jeweiligen Herstellungsprozess erfolgen muss. Hilfestellung hierbei geben die Spalten „Anwendungsbedingungen/Anwendungsbeschränkungen“ und „Konsequenzen der Anwendung“, die bereits auf einige Einschränkungen bei Anwendung des jeweiligen Tools hinweisen. Es sollte auch berücksichtigt werden, dass es sinnvoll sein kann, mehrere Tools in Kombination einzusetzen, um eine wirksame Reduzierung der Gehalte an 3-MCPD- und G-FE zu erhalten (z. B. im Raffinationsprozess von Speiseölen). Im Falle von Tools, die eine vorgelagerte Stufe in der Produktionskette zu verantworten haben (z. B. landwirtschaftliche Bedingungen in den Plantagen für die nachfolgenden Stufen der Kette), kann die Toolbox als Kommunikationshilfe im Kunden-Lieferanten-Verhältnis genutzt werden.

Grundsätzlich empfiehlt es sich, vor der Einführung von Minimierungsmaßnahmen eine Risiko-Nutzen-Bewertung durchzuführen. Für das Produkt sollten hierbei die sensorischen Eigenschaften, weitere Qualitätsparameter und die mögliche Bildung anderer Prozesskontaminanten berücksichtigt werden. Im Falle von Tools, die während der Raffination und hierbei insbesondere während der Desodorierung eingesetzt werden, ist weiterhin zu beachten, dass durch die Raffination verschiedene Rückstände und Kontaminanten wie polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs), Pflanzenschutzmittelrückstände oder Mykotoxine aus dem Öl entfernt werden müssen, um die Sicherheit der Produkte zu gewährleisten. Darüber hinaus ist die „technische Machbarkeit“ von Tools für das jeweilige Produkt zu berücksichtigen; hierbei sollten auch Aspekte wie ein erhöhter Aufwand betrachtet werden. Es empfiehlt sich, die Ergebnisse der Versuche und ihre Bewertung angemessen zu dokumentieren.

Neben der vorliegenden Toolbox ist das „FEDIOL Toolbox Dokument“ zu nennen, das vom europäischen Verband der Pflanzenölhersteller (FEDIOL) entwickelt wurde. Das FEDIOL Toolbox Dokument basiert auf einer Auswertung von Literatur und Patenten und verknüpft die Bewertung mit einem Ranking. Die Literaturauswahl wurde der Arbeitsgruppe für die Arbeiten zur vorliegenden Toolbox von FEDIOL zur Verfügung gestellt und bei Erfassung von Tools berücksichtigt.

Die vorliegende Toolbox soll in regelmäßigen Abständen überarbeitet werden, um sie an neue Erkenntnisse und Entwicklungen anzupassen und einen dynamischen Prozess der Minimierung der Gehalte an 3-MCPD-FE und G-FE – und bei Bedarf weiterer verwandter Verbindungen – zu ermöglichen.

1

Toolbox-Hauptgruppe Landwirtschaft





1. Toolbox-Hauptgruppe Landwirtschaft

In der Toolbox-Hauptgruppe Landwirtschaft sind die Tools in die vier Untergruppen „Züchtung“, „Anbau“, „Ernte“ sowie „Lagerung und Transport (bis zur Ölmühle)“ gegliedert. Je Untergruppe wird ein Tool angegeben, das zum Teil mehrere Aspekte enthält. Diese Kombinationen wurden bewusst gewählt, da sie nach Auffassung der Arbeitsgruppe zur Toolbox nur in Kombination wirksam oder sinnvoll sind (z. B. schnellstmöglicher Transport der Fruchtbündel zur Ölmühle und sofortige Sterilisation der Früchte in der Untergruppe Lagerung und Transport).

Die Testebenen für die Tools der Hauptgruppe Landwirtschaft liegen bislang im Bereich „theoretischer Befund“ bis „Modellversuch“. Dies ist darin begründet, dass auf die landwirtschaftlichen Bedingungen in den Ölpalmen-Plantagen von außen bislang nur wenig Einfluss genommen werden konnte und die Anbauländer für die Thematik zunächst sensibilisiert werden mussten. Nach Einschätzung der Arbeitsgruppe kommt der Toolbox-Hauptgruppe Landwirtschaft dennoch große Bedeutung für die Minimierung der 3-MCPD-Fettsäureester zu, da es auf dieser Stufe verschiedene Eintragsquellen für anorganische oder organische Chlorverbindungen gibt, die als Vorstufe (Präkursor) für die chlorhaltigen 3-MCPD-FE fungieren können. Darüber hinaus finden auf dieser Stufe die enzymatischen Reaktionen statt, die die Fettmoleküle (Triglyceride) spalten und Diglyceride, Monoglyceride und freie Fettsäuren bilden, die ebenfalls als Präkursoren für die Bildung der 3-MCPD-FE und G-FE gelten.

Das Tool „Minimierung des Eintrags chlorhaltiger Substanzen“ in der Untergruppe Anbau basiert zwar nur auf theoretischen Überlegungen, enthält aber eine Reihe plausibler Vorschläge für chlorhaltige Substanzen, deren Einsatz beim Anbau überprüft werden sollte und die ggf. ersetzt oder reduziert werden können/sollten (z. B. chlorhaltige Düngemittel, chlorhaltiges Wasser zur Plantagenbewässerung).

Nicht zu vernachlässigen ist zudem der Aspekt der Fehlerkostenfortpflanzung. So können Maßnahmen z. B. in der Ölraffinerie, die die Bildung der Ester aus den Präkursoren verhindern oder vermindern sollen, mit einem deutlich höheren Aufwand und Kosten verbunden sein als wenn die Ursache – hier: die Bildung und der Einsatz von Präkursoren – bereits an der Quelle minimiert wird.



1.1 Züchtung

	Tool	Wirkung/ Minimierungseffekt	Tool vermutlich geeignet für	Tool reduziert Substanzklasse	Anwendungsbedingungen/ -beschränkungen	Konsequenzen der Anwendung	Literatur
Modellversuch	Züchtung bzw. Auswahl Lipase- armer Sorten von Ölpflanzen	minimiert die enzymatische Spaltung der Triglyceride	alle Öle	G-FE	Züchtung ist ein langwieriges Verfahren; neue Sorten stehen erst nach mehreren Jahren zur Verfügung	höhere Öl-Ausbeuten durch geringere Gehalte an freien Fettsäuren (FFA) und Diacylglyceriden (DAG) im Öl möglich	[28]

1.2 Anbau

	Tool	Wirkung/ Minimierungseffekt	Tool vermutlich geeignet für	Tool reduziert Substanzklasse	Anwendungsbedingungen/ -beschränkungen	Konsequenzen der Anwendung	Literatur
theoretische Überlegung	Minimierung des Eintrags chlorhaltiger Substanzen beim Anbau	minimiert die Verfügbarkeit von Chloratomen	alle Öle	3-MCPD-FE		z.B.: Überprüfung des Einsatzes chlorhaltiger Düngemittel und Pflanzenschutzmittel; Vermeidung von chlorhaltigem Wasser oder Eisenchlorid bei der Plantagenbewässerung, Vermeidung des Anbaus auf salinen Böden	[18], [29], [30]



1.3 Ernte

	Tool	Wirkung/ Minimierungseffekt	Tool vermutlich geeignet für	Tool reduziert Substanzklasse	Anwendungsbedingungen/ -beschränkungen	Konsequenzen der Anwendung	Literatur
Einzelner Befund	schnelle Ernte zum optimalen Zeitpunkt; sorgfältige Ernte, Aussortieren von losen/beschädigten Früchten	minimiert die enzymatische Spaltung der Triglyceride	Fruchtfleischöle	3-MCPD- und G-FE	bei entlegenen/schwer zu erreichenden Anpflanzungen nicht immer möglich; in Form sog. SQ-Öle (special quality Öle) in bestimmten Anbauländern (z. B. Malaysia) direkt verfügbar, bislang aber nicht auf dem europäischen Markt erhältlich	höherer Arbeitsaufwand bei der Ernte, ggf. aber niedrigere Folgekosten	[31], [32]

1.4 Lagerung und Transport

	Tool	Wirkung/ Minimierungseffekt	Tool vermutlich geeignet für	Tool reduziert Substanzklasse	Anwendungsbedingungen/ -beschränkungen	Konsequenzen der Anwendung	Literatur
Einzelner Befund	schnellstmöglicher Transport der Fruchtbündel (FFB) zur Ölmühle sowie sofortige Sterilisation der Früchte	minimiert die enzymatische Spaltung der Triglyceride	Palmöl	3-MCPD- und G-FE	bei entlegenen/schwer zu erreichenden Anpflanzungen nicht immer möglich; in Form sog. SQ-Öle in bestimmten Anbauländern (z. B. Malaysia) direkt verfügbar, bislang aber nicht auf dem europäischen Markt erhältlich	höherer Arbeitsaufwand bei der Ernte, ggf. aber niedrigere Folgekosten	[31]

2

Toolbox-Hauptgruppe Ölmühle/Raffinerie





Toolbox-Hauptgruppe Ölmühle/Raffinerie

Die Toolbox-Hauptgruppe Ölmühle/Raffinerie, die die Stufe der Pflanzenölproduktion umfasst, enthält zahlenmäßig die weitaus größte Anzahl an Tools. Die Tools sind in folgende fünf Untergruppen gegliedert: „Rohölgewinnung“, „Pflanzenölraffination“, Nachbehandlung des raffinierten Pflanzenöls, „Pflanzenölmodifikation“ sowie „Lagerung und Transport (bis zum Kunden)“. Für die Rohölgewinnung sind zwei Tools angegeben, für die Pflanzenölraffination dreizehn, für die Nachbehandlung des raffinierten Pflanzenöls vier und für die Pflanzenölmodifikation zwei Tools. Die Untergruppe „Lagerung und Transport (bis zum Kunden)“ enthält bislang kein Tool. Vier Tools aus der Untergruppe Pflanzenölraffination besitzen den Status der Testebene „Industrielle Produktion“, ebenso die beiden Tools aus der Untergruppe „Pflanzenölmodifikation“.

Von der Arbeitsgruppe zur Toolbox wird darauf hingewiesen, dass es sinnvoll sein kann, mehrere Tools aus der Untergruppe „Pflanzenölraffination“ in Kombination anzuwenden, um eine wirksamere Reduzierung der Ester zu erreichen; dies gilt insbesondere, wenn es sich um verschiedene Schritte des Raffinationsprozesses handelt. Dieser besteht in der Regel aus: Entschleimung, Entsäuerung, Bleichung und Desodorierung. Der Schritt Desodorierung wird als entscheidend für die Bildung der 3-MCPD-FE und G-FE angesehen. Da 3-MCPD-FE bereits bei Temperaturen um 180° C gebildet werden und die Bildung der G-FE bei Temperaturen über 230° C exponentiell ansteigt, weisen insbesondere Temperatur und Temperaturführung bei der Raffination ein großes Potential zur Reduzierung der Ester auf.



2.1 Rohölgewinnung

	Tool	Wirkung/ Minimierungseffekt	Tool vermutlich geeignet für	Tool reduziert Substanzklasse	Anwendungsbedingungen/ -beschränkungen	Konsequenzen der Anwendung	Literatur
Modellversuch	Extraktion der Palmfruchtpulpe mit Hexan:Wasser (2:1, v/v)	vermindert Eintrag von reaktiven chlorhaltigen Verbindungen ins Rohöl	Palmöl	3-MCPD-FE		Änderung des Prozesses erforderlich, daraus resultieren Aufwendungen für Investitionen und zusätzliche Kosten für Lösungsmittel; Arbeitsaufwand erhöht sich; Umweltaspekte (Nutzung und Entsorgung organischer Lösungsmittel)	[29]
	Extraktion der Palmfruchtpulpe mit Isopropanol	vermindert Eintrag von reaktiven chlorhaltigen Verbindungen ins Rohöl	Palmöl	3-MCPD-FE		Änderung des Prozesses erforderlich, daraus resultieren Aufwendungen für Investitionen und zusätzliche Kosten für Lösungsmittel; Arbeitsaufwand erhöht sich; Umweltaspekte (Nutzung und Entsorgung organischer Lösungsmittel)	[29]



2.2 Pflanzenölraffination

	Tool	Wirkung/ Minimierungseffekt	Tool vermutlich geeignet für	Tool reduziert Substanzklasse	Anwendungsbedingungen/ -beschränkungen	Konsequenzen der Anwendung	Literatur
Industrielle Produktion	Begrenzung des Gehalts an DAG und FFA im Rohöl (a) < 4 % DAG und < 2,5 % FFA; b) < 5,5 % DAG und < 1,5 % FFA) durch Auswahl der Rohware	Absenkung des Potentials zur Bildung von G-FE	Palmöl	G-FE	nur qualitativ erstklassige Öle können für die Raffination eingesetzt werden; in Form sog. SQ-Öle in bestimmten Anbauländern (z. B. Malaysia) direkt verfügbar, bislang aber nicht auf dem europäischen Markt erhältlich; nur kleinere Chargen verfügbar	keine Verarbeitung von losen Früchten möglich, dadurch Ertragsverluste; erhöhter logistischer Aufwand; höherer Preis für die Rohölle	[29], [33], [34]
	physikalische Raffination durch chemische Raffina- tion ersetzen	niedrigere Tempe- raturen während der Desodorierung möglich; entfernt mögliche Präkursoren durch Auswaschen	alle Öle	3-MCPD- und G-FE		chemische Raffination führt zu erhöhter Umweltbelastung und zu größeren Ölverlusten	[33], [35]



	Tool	Wirkung/ Minimierungseffekt	Tool vermutlich geeignet für	Tool reduziert Substanzklasse	Anwendungsbedingungen/ -beschränkungen	Konsequenzen der Anwendung	Literatur
Industrielle Produktion	signifikante Erhöhung der Menge an Bleicherde	Adsorption von Präkursoren	alle Öle	3-MCPD- und G-FE		höhere Kosten durch höhere Einsatzmengen an Bleicherde; größere Ölverluste	[36], [37]
	nach Bleichung und Desodorierung erneute Bleichung und Desodorie- rung bei milderen Temperaturen	Reduktion der G-FE und Verhinderung der erneuten Bildung von G-FE	alle Öle	G-FE		höherer Aufwand durch doppelte Bleichung und Desodorierung; höhere Ölverluste	[38], [39]
Pilotanlage	Ersatz der Desodorierung durch die Kurzweg- destillation	Temperaturbelastung des Öls wird verringert	alle Öle	3-MCPD- und G-FE	nicht für Lebensmittel geeignet, bei denen die rote Farbe des Palmöls stört; bislang kein Standard- verfahren in Öltraffinerien	führt zu rot gefärbten Palm- ölen; evtl. Probleme mit der Qualität des so hergestellten Öls; höherer Aufwand	[40]



	Tool	Wirkung/ Minimierungseffekt	Tool vermutlich geeignet für	Tool reduziert Substanzklasse	Anwendungsbedingungen/ -beschränkungen	Konsequenzen der Anwendung	Literatur
Labormaßstab	Waschen des Rohöls mit Wasser (*)	entfernt reaktive chlorhaltige Verbindungen aus dem Öl	alle Öle	3-MCPD-FE		höherer Arbeitsaufwand; Abtrennung der Wasserphase evtl. schwierig	[17], [36]
	Entschleimung mit Wasser bei 70° C oder Entschleimung mit 5 % Wasser und 0,2 % Phosphorsäure und danach Bleichung mit mehr als 1,5 % Bleicherde bei 80° bis 100° C	verhindert zu niedrige pH-Werte im Öl	alle Öle	3-MCPD-FE		könnte zu höheren Phosphorgehalten im Öl führen	[17], [33], [35]
	Verringerung des Zusatzes an Säure bei der Entschleimung	verhindert zu niedrige pH-Werte im Öl	alle Öle	3-MCPD- und G-FE			[37]

(*) Laut Auskunft der Forschungseinrichtungen, die das Tool entwickelt haben, hat sich das Tool im Labor, nicht aber im Pilotmaßstab bewährt. Zwar wurde auch im Pilotmaßstab eine Reduktion der 3-MCPD-FE beobachtet, allerdings stieg zugleich der Gehalt an G-FE stark an. Von den Forschungseinrichtungen wird das Tool daher nicht mehr empfohlen. Die Arbeitsgruppe zur Toolbox ist allerdings der Auffassung, dass das Tool nochmals unter anderen Versuchsbedingungen getestet werden sollte. Von daher wird das Tool in der Testebene „Labormaßstab“ aufgeführt.



	Tool	Wirkung/ Minimierungseffekt	Tool vermutlich geeignet für	Tool reduziert Substanzklasse	Anwendungsbedingungen/ -beschränkungen	Konsequenzen der Anwendung	Literatur
Laboratortab	Neutralisation mit Calciumoxid vor der Desodorierung einführen	verhindert zu niedrige pH-Werte im Öl	alle Öle	3-MCPD- und G-FE		Neutralisation führt zu höheren Abwasseremissionen und zu Ölverlusten	[35]
	Waschen mit Ethanol/Wasser (1:1, v/v) vor der Desodorierung	entfernt reaktive chlorhaltige Verbindungen aus dem Öl	alle Öle	3-MCPD-FE		höhere Kosten für Lösungsmittel, Arbeitsaufwand erhöht sich; durch die Verwendung von Ethanol ist das Produkt nicht mehr für Halal und die koschere Produktion geeignet	[29]
	Verwendung von neutralen Bleicherden	verhindert zu niedrige pH-Werte im Öl	alle Öle	3-MCPD- und G-FE	anwendbar nur auf chlorophyllarme Öle; mehr Bleicherde erforderlich	höhere Kosten	[35]
	Desodorierung bei Temperaturen von 190° bis 230° C	Temperaturbelastung des Öls und dadurch die Reaktionsgeschwindigkeit für die Bildung der Ester werden verringert	alle Öle	G-FE		evtl. Probleme mit der Qualität und Produktsicherheit des raffinierten Öls	[33], [41]
	Desodorierung mit zweistufigem Temperaturprofil (2-Stufen-Desodorierung)	Temperaturbelastung des Öls wird verringert	alle Öle	3-MCPD- und G-FE		erhöhter Aufwand	[36]

2.3 Nachbehandlung raffiniertes Pflanzenöl



	Tool	Wirkung/ Minimierungseffekt	Tool vermutlich geeignet für	Tool reduziert Substanzklasse	Anwendungsbedingungen/ -beschränkungen	Konsequenzen der Anwendung	Literatur
Laborastab	nachträgliche Behandlung des raffinierten Palmöls mit calziniertem Zeolith	entfernt G-FE aus dem Öl	alle Öle	G-FE	Zeolith muss lebensmittel- tauglich sein	erhöhter Aufwand; hohe Ölverluste (ca. 5 % des Öls); separate Anlage er- forderlich; gebrauchtes Zeolith muss entsorgt werden	[42]
	nachträgliche Behandlung des raffinierten Palmöls mit synthetischem Magnesiumsilikat	entfernt G-FE aus dem Öl	alle Öle	G-FE		leichte Verschlechte- rung der Ölqualität; er- höhter Aufwand; hohe Ölverluste (> 5 % des Öls); separate Anlage erforderlich; gebrauch- tes Magnesiumsilikat muss entsorgt werden	[42]
	nachträgliche Behandlung des Öls mit Carboxymethylcellulose in Kombination mit einer Stickstoffbehandlung	Präkursoren von 3-MCPD-FE oder die Ester selbst werden an die Carboxy- methylcellulose gebunden und dadurch entfernt	alle Öle	3-MCPD-FE		höherer Aufwand, Zusatzkosten für Stick- stoff; Ölverluste; die Carboxymethylcellulose muss anschließend wie- der entfernt und danach entsorgt werden	[43]



	Tool	Wirkung/ Minimierungseffekt	Tool vermutlich geeignet für	Tool reduziert Substanzklasse	Anwendungsbedingungen/ -beschränkungen	Konsequenzen der Anwendung	Literatur
Labormastab	nachträgliche Behandlung des Öls mit Kationenaustauscherharz in Kombination mit einer Stickstoffbehandlung	Präkursoren von 3-MCPD-FE oder die Ester selbst werden an das Austauschharz gebunden und dadurch entfernt	alle Öle	3-MCPD-FE		höherer Aufwand; Zusatzkosten für Stickstoff; das Austauschharz muss wieder abgetrennt werden	[43]

2.4 Pflanzenölmodifikation

	Tool	Wirkung/ Minimierungseffekt	Tool vermutlich geeignet für	Tool reduziert Substanzklasse	Anwendungsbedingungen/ -beschränkungen	Konsequenzen der Anwendung	Literatur
Industrielle Produktion	Ausführung der Desodorierung nach der Härtung und Bleichung bei niedrigeren Temperaturen (< 220° C)	Reduktion der G-FE und Verhinderung der erneuten Bildung von G-FE	alle Öle	G-FE			[38], [39], [44]
	nach Bleichung und Umesterung Ausführung der Desodorierung bei niedrigeren Temperaturen (< 220° C)	Reduktion der 3-MCPD- und G-FE und Verhinderung der erneuten Bildung von 3-MCPD- und G-FE	alle Öle	Summe, unspezifiziert			[44]



3

Toolbox-Hauptgruppe Industrielle Anwendung/ Verarbeitung





3. Toolbox-Hauptgruppe Industrielle Anwendung/Verarbeitung

Die Toolbox-Hauptgruppe Industrielle Anwendung/Verarbeitung unterscheidet zwei Untergruppen: die Rezeptur („exogener Eintrag“) und den Herstellungsprozess im Rahmen der Weiterverarbeitung zu einem Endlebensmittel („endogene Bildung“). Mit dem exogenen Eintrag ist die Verwendung eines raffinierten Pflanzenöls oder -fetts als Zutat für ein Lebensmittel gemeint, die endogene Bildung thematisiert die mögliche Neubildung von 3-MCPD-FE und G-FE während der Verarbeitung.

In der Untergruppe „exogener Eintrag“ konnten nur zwei Tools identifiziert werden: die Auswahl eines geeigneten Pflanzenöls und die Reduzierung des Fettgehalts eines Lebensmittels. Beide Tools besitzen in der Testebene den Status „Industrielle Produktion“, sind also bereits in der Praxis etabliert. Das Tool „Auswahl Pflanzenöl“ beschreibt den Minimierungseffekt wie folgt: „durch Einsatz eines geeigneten Öls mit geringeren Gehalten an 3-MCPD-FE und G-FE (ergeben sich) geringere Gehalte (an 3-MCPD-FE und G-FE) im Endprodukt“. Von der Arbeitsgruppe, die die Toolbox erstellt hat, wurde diese Formulierung bewusst gewählt, um den Fokus auf ein für das Produkt und den Prozess geeignetes Öl zu legen anstelle hier bestimmte Öllarten zu favorisieren. Zwar wurden erhöhte Gehalte an 3-MCPD-FE und G-FE anfangs insbesondere bei Palmölen festgestellt, jedoch wurden auch die meisten Forschungsarbeiten zur Reduzierung der Ester-Gehalte mit Palmöl durchgeführt, so dass Palmöl heutzutage durchaus das „geeignete Öl“ sein kann. Darüber hinaus bestimmt nicht nur der Gehalt an 3-MCPD-FE und G-FE die Eignung eines Öls für das jeweilige Produkt und den jeweiligen Prozess, sondern die Gesamtheit seiner Produkteigenschaften (z. B. Fettsäurespektrum, Hitzestabilität). Die gewählte Formulierung des Tools setzt allerdings auch voraus, dass der Gehalt an 3-MCPD-FE und G-FE des eingesetzten Öls bekannt ist. Hierzu kann eine Analyse des Öls erforderlich sein, die bis heute nur mit aufwändigen instrumentellen Analysemethoden durchgeführt werden kann.

Die Untergruppe „endogene Bildung“ beinhaltet drei Tools, die in der Testebene den Status „einzeln Befund“ tragen. Diese Tools wurden von der Arbeitsgruppe zur Toolbox als plausibel angesehen, einer möglichen Neubildung von 3-MCPD-Fettsäureestern während des Verarbeitungsprozesses entgegenzuwirken. Nach den bisherigen Erkenntnissen beschränkt sich eine mögliche Neubildung von 3-MCPD-FE auf folgende Verarbeitungsschritte von Lebensmitteln: Braten, Grillen und Frittieren. Zudem sind nach dem derzeitigen Kenntnisstand nur bestimmte tierische Lebensmittel wie Fisch und Fleisch sowie Erzeugnisse daraus betroffen. Beim Grillen ist auch eine Neubildung von G-FE möglich. Hingegen konnte bei der Verarbeitung pflanzlicher Lebensmittel bislang keine Neubildung von 3-MCPD-FE und G-FE nachgewiesen werden. Dies belegen Untersuchungen aus dem Lebensmittelchemischen Institut in Köln (LCI), nach denen bei der Herstellung von Kartoffelchips (Frittieren) keine Neubildung der Ester erfolgte [45]. Auch beim Backen z. B. von Kuchen und Keksen konnte keine Neubildung festgestellt werden.



3.1 Rezeptur („exogener Eintrag“)

	Tool	Wirkung/ Minimierungseffekt	Tool reduziert Substanzklasse	Anwendungsbedingungen/ -beschränkungen	Konsequenzen der Anwendung	Literatur
Industrielle Produktion	Auswahl Pflanzenöl	durch Einsatz eines geeigneten Öls mit geringeren Gehalten an 3-MCPD- und G-FE geringere Gehalte im Endprodukt	3-MCPD- und G-FE	eingeschränkt anwendbar (abhängig vom Endprodukt, den eingesetzten Zutaten und vom technologischen Prozess)	Zusatzkosten; Einfluss auf die Technologie zur Herstellung des Lebensmittels; Einflüsse auf die Sensorik und die Struktureigenschaften des Lebensmittels	[46]
	Reduzierung des Fettgehalts des Lebensmittels	durch Reduzierung des Fettgehalts sinkt der Eintrag von 3-MCPD- und G-FE in das Endprodukt	3-MCPD- und G-FE	eingeschränkt anwendbar (abhängig vom Endprodukt, den eingesetzten Zutaten und vom technologischen Prozess)	Änderung der Produkteigenschaften; Änderung des Produkttyps; Einfluss auf die Technologie zur Herstellung des Lebensmittels; Einflüsse auf die Sensorik und die Struktureigenschaften des Lebensmittels	[46]



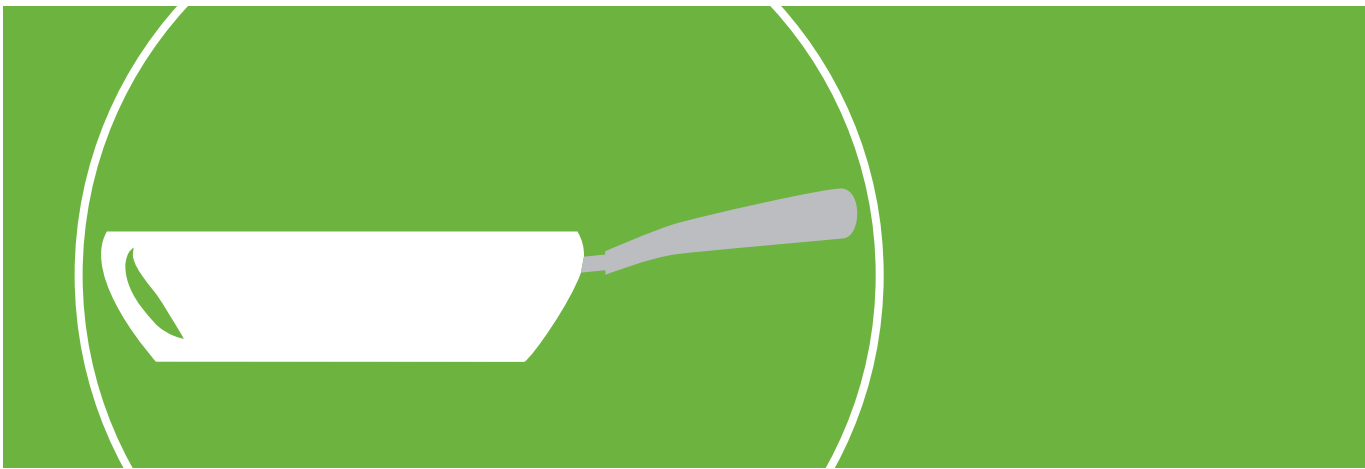
3.2 Herstellungsprozess („endogene Bildung“)

Tool	Wirkung/ Minimierungseffekt	Tool reduziert Substanzklasse	Anwendungsbedingungen/ -beschränkungen	Konsequenzen der Anwendung	Literatur
niedriger Kochsalz-Zusatz; Verwendung von Zutaten mit niedrigem Kochsalz-Gehalt	Minimierung eines möglichen Präkursors (hoher Kochsalz-Gehalt kann die Bildung von 3-MCPD-Estern begünstigen)	3-MCPD-FE	gilt nur für Herstellungsprozesse, die ein Bildungspotential für die Ester besitzen; Anwendbarkeit zudem abhängig vom gewünschten Endprodukt, den eingesetzten Zutaten und vom technologischen Prozess	Änderung der Produkteigenschaften; Einfluss auf die Technologie zur Herstellung des Lebensmittels; Einflüsse auf die Sensorik	[46]
reduzierte Prozess-Temperaturen	hohe Temperatur kann die Bildung von 3-MCPD-FE begünstigen	3-MCPD-FE	gilt nur für Herstellungsprozesse, die ein Bildungspotential für die Ester besitzen; Anwendbarkeit zudem abhängig vom gewünschten Endprodukt, den eingesetzten Zutaten und vom technologischen Prozess	Änderung der Produkteigenschaften; Einfluss auf die Produktsicherheit; Einfluss auf die Technologie zur Herstellung des Lebensmittels; Einflüsse auf die Sensorik	[47]
Verwendungsdauer (Standzeit) des Frittierfetts so kurz wie möglich	thermische Belastung des Frittierfetts kann die Bildung von 3-MCPD-FE begünstigen; Frittierfett mit geringeren Gehalten an 3-MCPD-FE führt zu geringeren Gehalten der Ester im Frittiergut	3-MCPD-FE	gilt nur für Herstellungsprozesse, die ein Bildungspotential für die Ester besitzen; Verwendungsdauer (Standzeit) des Frittierfetts kann nur bei Batch-Prozessen verändert werden	Zusatzkosten durch kürzere Verwendungsdauer (Standzeit) des Frittierfetts	[46]

Einzelner Befund

4

Toolbox-Hauptgruppe Zubereitung





4. Toolbox-Hauptgruppe Zubereitung

Die Toolbox-Hauptgruppe Zubereitung umfasst sowohl die professionelle Zubereitung von Speisen durch die Gastronomie, Catering, Imbisse usw. als auch die Zubereitung von Speisen durch den Verbraucher zu Hause. Die Anmerkungen zur Toolbox-Hauptgruppe Industrielle Anwendung/Verarbeitung gelten in weiten Teilen auch für die Toolbox-Hauptgruppe Zubereitung.

Wie bei der Toolbox-Hauptgruppe Industrielle Anwendung/Verarbeitung wird auch in der Toolbox-Hauptgruppe Zubereitung zwischen einem exogenen Eintrag und einer endogenen Bildung unterschieden. Wird ein raffiniertes Pflanzenöl oder -fett als Zutat zur Lebensmittelzubereitung verwendet (exogener Eintrag), können Verbraucher oder Gastronomen derzeit nicht erkennen, ob das Produkt A niedrigere Gehalte an 3-MCPD-FE und G-FE aufweist als Produkt B. Darüber hinaus gilt wie bei der Industriellen Anwendung/Verarbeitung, dass ein „geeignetes Öl“ nicht nur am Gehalt an 3-MCPD-FE und G-FE ausgemacht werden kann, sondern dass das Öl in der Gesamtheit seiner Produkteigenschaften zu dem jeweiligen Lebensmittel und der jeweiligen Zubereitung passen muss. Diese Überlegungen sind aufgrund ihrer Komplexität für Verbraucher und Gastronomen schwierig umzusetzen. Aus diesen Gründen empfiehlt die Arbeitsgruppe zur Toolbox derzeit kein Tool für den exogenen Eintrag in der Toolbox-Hauptgruppe Zubereitung.

Im Falle der endogenen Bildung empfiehlt die Arbeitsgruppe für die Zubereitung von Speisen ganz ähnliche Tools wie bei der Industriellen Anwendung/Verarbeitung. Anders als beim exogenen Eintrag kann der Verbraucher oder Gastronom bei der endogenen Bildung aktiv daran mitwirken, die mögliche Neubildung der Ester beim Braten, Grillen und Frittieren zu minimieren. Es sei nochmals betont, dass die Neubildung nach bisherigem Kenntnisstand nur bestimmte tierische Lebensmittel betrifft (z. B. Fisch, Fleisch). Insbesondere in der Reduzierung des Zusatzes von Kochsalz und gesalzener Zutaten beim Braten, Grillen und Frittieren sieht die Arbeitsgruppe Potential, die Neubildung von 3-MCPD-FE zu minimieren. Falls das Lebensmittel anschließend zu fade schmeckt, kann die Speise nach dem Erhitzungsprozess problemlos nachgesalzen werden.



4.1 Herstellungsprozess („endogene Bildung“)

	Tool	Wirkung/ Minimierungseffekt	Tool reduziert Substanzklasse	Anwendungsbedingungen/ -beschränkungen	Konsequenzen der Anwendung	Literatur
Einzelner Befund	Reduzierung des Zusatzes von Kochsalz oder gesalzenen Zutaten beim Braten, Grillen oder Frittieren eines Lebensmittels	Minimierung eines möglichen Präkursors (hoher Kochsalz-Gehalt vor dem Erhitzen kann die Bildung von 3-MCPD-Estern begünstigen)	3-MCPD-FE	abhängig vom jeweiligen Lebensmittel und der Art der Zubereitung	Änderung der Produkteigenschaften; Einfluss auf die Sensorik; bei Bedarf Lebensmittel nach der Zubereitung nachsalzen	[47], [48], [49], [50]
	Reduzierung der Temperatur beim Braten, Grillen oder Frittieren eines Lebensmittels	hohe Temperaturen können die Bildung von 3-MCPD-FE begünstigen	3-MCPD-FE	abhängig vom jeweiligen Lebensmittel und der Art der Zubereitung	Änderung der Produkteigenschaften; Einfluss auf die Produktsicherheit; Einfluss auf die Sensorik	[47], [48], [49], [50]
	Verwendungsdauer des Frittierfetts so kurz wie möglich	thermische Belastung des Frittierfetts kann die Bildung von 3-MCPD-FE begünstigen; Frittierfett mit geringeren Gehalten an 3-MCPD-FE führt zu geringeren Gehalten der Ester im Frittiergut	3-MCPD-FE	abhängig vom jeweiligen Lebensmittel und der Art der Zubereitung	Öl häufiger wechseln; höherer Verbrauch an Öl	[47]

Abkürzungsverzeichnis

2-MCPD-FE	2-Monochlor-1,3-propandiol-Fettsäureester
3-MCPD-FE	3-Monochlor-1,2-propandiol-Fettsäureester
ALARA	as low as reasonably achievable – so niedrig wie vernünftigerweise erreichbar
AOCS	American Oil Chemists Society
BfR	Bundesinstitut für Risikobewertung
CONTAM	Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain der EFSA
CVUA	Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt
DAG	Diacylglyceride
DGF	Deutsche Gesellschaft für Fettwissenschaften
EFSA	European Food Safety Authority – Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit
FEDIOL	Federation representing the European Vegetable Oil and Proteinmeal Industry in Europe – Europäischer Verband der Ölhersteller
FEI	Forschungskreis der Ernährungsindustrie
FFA	Free fatty acids – freie Fettsäuren
GC/MS	Gaschromatographie/Massenspektrometrie
G-FE	Glycidyl-Fettsäureester
IARC	International Agency for Research on Cancer – Internationale Agentur für Krebsforschung der WHO
IRMM	Institute for Reference Materials and Measurements – Institut für Referenzmaterialien und Messungen des JRC
JECFA	Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives – Gemeinsamer FAO/WHO-Sachverständigenausschuss für Lebensmittelzusatzstoffe und -kontaminanten
JRC	Joint Research Centre – Gemeinsames Forschungszentrum der Europäischen Kommission
LC-MS/MS	Flüssigkeitschromatographie/Triple Quad Massenspektrometrie
LCI	Lebensmittelchemisches Institut, Köln
MRI	Max Rubner-Institut, hier: Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel, Institut für Sicherheit und Qualität bei Getreide, Arbeitsgruppe für Lipidforschung, Detmold
PAK	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
SCF	Scientific Committee on Food – Wissenschaftlicher Ausschuss für Lebensmittel der Europäischen Kommission – Vorläufer der EFSA
SQ-Öle	special quality Öle
TDI	Tolerable Daily Intake – maximal duldbare tägliche Aufnahmemenge
v/v	Angaben bezogen auf Volumenanteile

Literaturverzeichnis

- [1] Z. Zelinková, B. Svejková, J. Velíšek, M. Doležal: Fatty acid esters of 3-chloropropane-1,2-diol in edible oils. *Food Additives & Contaminants* Vol. 23 (12) 2006, S. 1290-1298
- [2] R. Weißhaar: 3-MCPD-esters in edible fats and oils – A new and worldwide problem. *European Journal of Lipid Science and Technology* Vol. 110 (8) 2008, S. 671-672
- [3] J. Velisek, J. Davidek, V. Kubelka, G. Janicek, Z. Svobodova, Z. Simicova: New chlorine-containing organic compounds in protein hydrolysates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* Vol. 28 (6) 1980, S. 1142-1144
- [4] G. Sunahara, I. Perrin, M. Marchesini: Carcinogenicity study on 3-monochloropropane-1,2-diol (3-MCPD) administered in drinking water to Fischer 344 rats. Unveröffentlichter Bericht Nr. RE-SR93003, Nestec Ltd, Forschung und Entwicklung, Schweiz, 1993; übermittelt und zitiert von der WHO 2002
- [5] S. Onami, Y.-M. Cho, T. Toyoda, K. Horibata, Y. Ishii, T. Umemura, M. Honma, T. Nohmi, A. Nishikawa, K. Ogawa: Absence of in vivo genotoxicity of 3-monochloropropane-1,2-diol and associated fatty acid esters in a 4-week comprehensive toxicity study using F344 gpt delta rats. *Mutagenesis* Vol. 29 (4) 2014, S. 295-302
- [6] IARC: Some chemicals present in industrial and consumer products, food and drinking water. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans Vol. 101 2013, S. 349-374. WHO Press, Lyon
- [7] Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 der Kommission vom 19. Dezember 2006 zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln (ABl. L 364, S. 5 vom 20.12.2006), aktuelle Fassung
- [8] N. Bakhiya, K. Abraham, R. Gürtler, K. E. Appel, A. Lampen: Toxicological assessment of 3-chloropropane-1, 2-diol and glycidol fatty acid esters in food. *Molecular Nutrition & Food Research* Vol. 55 (4) 2011, S. 509-521
- [9] M. Habermeyer, S. Guth, G. Eisenbrand: Identification of gaps in knowledge concerning toxicology of 3-MCPD and glycidol esters. *European Journal of Lipid Science and Technology* Vol. 113 2011, S. 314-318
- [10] IARC: Some industrial chemicals. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans Vol. 77 2000, S. 469-486. WHO Press, Lyon
- [11] BfR: Säuglingsanfangs- und Folgenahrung kann gesundheitlich bedenkliche 3-MCPD-Fettsäureester enthalten. Stellungnahme Nr. 047/2007 des BfR vom 11. Dezember 2007; veröffentlicht auf den Internetseiten des BfR
- [12] EFSA: Statement of the Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM) on a request from the European Commission related to 3-MCPD esters (2008). Veröffentlicht auf den Internetseiten der EFSA; DOI:10.2903/j.efsa.2008.1048
- [13] T. Buhrke, R. Weißhaar, A. Lampen: Absorption and metabolism of the food contaminant 3-chloro-1,2-propanediol (3-MCPD) and its fatty acid esters by human intestinal caco-2 cells. *Archives of Toxicology* Vol. 85 (10) 2011, S. 1201-1208
- [14] K. Abraham, K. E. Appel, E. Berger-Preiss, E. Apel, S. Gerling, H. Mielke, O. Creutzenberg, A. Lampen: Relative oral bioavailability of 3-MCPD from 3-MCPD fatty acid esters in rats. *Archives of Toxicology* Vol. 87 (4) 2013, S. 649-659

- [15] K. E. Appel, K. Abraham, E. Berger-Preiss, T. Hansen, E. Apel, S. Schuchardt, C. Vogt, N. Bakhiya, O. Creutzenberg, A. Lampen: Relative oral bioavailability of glycidol from glycidyl fatty acid esters in rats. *Archives of Toxicology* Vol. 87 (9) 2013, S. 1649-1659
- [16] E. Barocelli, A. Corradi, Mutti Antonio, P. Petronini: Comparison between 3-MCPD and its palmitic esters in a 90-day toxicological study. Externer Wissenschaftlicher Bericht, veröffentlicht auf den Internetseiten der EFSA am 6. September 2011
- [17] K. Nagy, L. Sandoz, B. Craft, F. Destailats: Mass-defect filtering of isotope signatures to reveal the source of chlorinated palm oil contaminants. *Food Additives & Contaminants* Vol. 28 (11) 2011, S. 1492-1500
- [18] F. Destailats, B. Craft, L. Sandoz, K. Nagy: Formation mechanisms of monochloropropanediol (MCPD) fatty acid diesters in refined palm (*elaeis guineensis*) oil and related fractions. *Food Additives & Contaminants* Vol. 1 2012, S. 29-37
- [19] K. Hrncirik, G. van Duijn: An initial study on the formation of 3-MCPD esters during oil refining. *European Journal of Lipid Science and Technology* Vol. 113 (3) 2011, S. 374-379
- [20] B. Craft, K. Nagy, W. Seefelder, M. Dubois, F. Destailats: Glycidyl esters in refined palm (*elaeis guineensis*) oil production. *Food Chemistry* Vol. 132 (1) 2012, S. 70-73
- [21] B. Matthäus, F. Pudel, P. Fehling, K. Vosmann, A. Freudenstein: Strategies of the reduction of 3-MCPD esters and related compounds in vegetable oils. *European Journal of Lipid Science and Technology* Vol. 113 (1) 2011, S. 380-386
- [22] B. Craft, F. Destailats, M. Dubois, K. Nagy: Glycidyl esters in refined palm (*elaeis guineensis*) oil and related fractions. Part I: Formation mechanism. *Food Chemistry* Vol. 131 (4) 2012, S. 1391-1398
- [23] J. Kuhlmann: Determination of bound 2,3-epoxy-1-propanol (glycidol) and bound monochloropropanediol (MCPD) in refined oils. *European Journal of Lipid Science and Technology* Vol. 113 (3) 2011, S. 335-344
- [24] Deutsche Gesellschaft für Fettwissenschaft (DGF): Fettsäuregebundenes 3-Chloropropan-1,2-diol (3-MCPD-Ester) und 2,3-Epoxypropan-1-ol (Glycidol) – Bestimmung in Fetten und Ölen durch GC-MS (Differenzmethode). *Analysenmethode C-VI 18 (10)*. DGF-Einheitsmethoden, 2. Auflage 2015
- [25] A. Ermacora, K. Hrncirik: Evaluation of an improved indirect method for the analysis of 3-MCPD esters based on acid transesterification. *Journal of the American Oil Chemists Society* Vol. 88 (2) 2011, S. 158-163
- [26] AOCS: AOCS official methods Cd 29a-c-13 (2013) (<http://www.aocs.org/Resources/content.cfm?ItemNumber=1011>)
- [27] T. Wenzl, V. G. Samaras, A. Giri, G. Buttinger, L. Karasek, Z. Zelinkova: Development and validation of analytical methods for the analysis of 3-MCPD (both in free and ester form) and glycidyl esters in various food matrices and performance of an ad-hoc survey on specific food groups in support to a scientific opinion on comprehensive risk assessment on the presence of 3-MCPD and glycidyl esters in food. Externer wissenschaftlicher Bericht, veröffentlicht auf den Internetseiten der EFSA am 17. März 2015
- [28] G. F. N. Ebongue, P. Koonan, B. Nouy, S. Zok, F. Carrière, P.-H. A. Zollo, V. Arondel: Identification of oil palm breeding lines producing oils with low acid values. *European Journal of Lipid Science and Technology* Vol. 110 2008, S. 505–509
- [29] B. D. Craft, K. Nagy, L. Sandoz, F. Destailat: Factors impacting the formation of monochloropropanediol (MCPD) fatty acid diesters during palm (*elaeis guineensis*) oil production. *Food Additives & Contaminants* Vol. 29 2012, S. 354-361

- [30] N. A. B. Abdollah: Some problem in chemical and physical treatment of water supply. Technische Universität Malaysia, Johor, Malaysia, 2010
- [31] M. M. P. Zieverink, I. Berg: Oil processing development. Beitrag im Rahmen des 8. Euro Fed Lipid Kongresses, München, Deutschland, 2010
- [32] C. L. Chong: An over view of the effect of milling practice and storage on the quality of crude palm oil. Beitrag zum Seminar: Developments in palm oil milling technology and environmental management, Genting Highlands, 1991
- [33] F. Pudel, P. Benecke, P. Fehling, A. Freudenstein, B. Matthäus, A. Schwaf: On the necessity of edible oil refining and possible sources of 3-MCPD and glycidyl esters. European Journal of Lipid Science and Technology Vol. 113 2011, S. 368-373
- [34] K. A. Al, R. G. A. De, K. Bin Hashim, R. B. A. Latip, M. M. P. Zieverink: Process for manufacturing palm oil fractions containing virtually no 3-monochloropropanediol fatty acid esters. Patent WO 2011002275, 6. Januar 2011
- [35] M. R. Ramli, W. L. Siew, N. A. Ibrahim, R. Hussein, A. Kuntom, R. A. A. Razak, K. Nesaretnam: Effects of degumming and bleaching on 3-MCPD esters formation during physical refining. Journal of the American Oil Chemists Society Vol. 88 2011, S. 1839-1844
- [36] B. Matthäus, A. Freudenstein, F. Pudel, T. Rudolph: Final results of the German FEI research project concerning 3-MCPD esters and related compounds – Mitigation strategies. Beitrag im Rahmen des 9. Euro Fed Lipid Kongresses, Rotterdam, Niederlande, 2011
- [37] K. Schurz: Verfahren zur Reduzierung des 3-MCPD-Gehalts in raffinierten Pflanzenölen. Patent WO 2010063450 A1, 10. Juni 2010
- [38] F. Brüse, M. Kruidenberg: Oil compositions. Patent WO 2012/107230 A1, 16. August 2012
- [39] M. Shimizu, J. Moriwaki, D. Shiiba, N. Nohara, N. Kudo, Y. Katsuragi: Elimination of glycidyl palmitate in diolein by treatment with activated bleaching earth. Journal of Oleo Science Vol. 61 2012, S. 23-28
- [40] F. Pudel, P. Benecke, K. Vosmann, B. Matthäus: 3-MCPD- and glycidyl esters can be mitigated in vegetable oils by use of short path distillation. European Journal of Lipid Science and Technology 2015, S. 117
- [41] Yun Sik Kim, Sang Bum Lee, Seung Won Park, Kang Pyo Lee: Method for manufacturing edible oil and fat having a reduced amount of 3-MCPD forming substances. Patent WO 2011090240 A1, 28. Juli 2011
- [42] U. Strijowski, V. Heinz, K. Franke: Removal of 3-MCPD esters and related substances after refining by adsorbent material. European Journal of Lipid Science and Technology Vol. 113 2011, S. 387-392
- [43] C. Bertoli, F. Cauville, A. J. H. Schoonman: A deodorized edible oil or fat with low levels of bound MCPD and process of making by carboxymethyl cellulose and/or resin purification. Patent WO2011009841-A1, 27. Januar 2011
- [44] B. Matthäus, K. Freudenstein, L. Brühl, F. Pudel, P. Fehling, T. Rudolph, M. Granvogel, P. Schieberle, K. Franke, U. Strijowski: Untersuchungen zur Bildung von 3-Monochlorpropan-1,2-diol-Fettsäureestern (3-MCPD-FE) in Pflanzenölen und Entwicklung von Strategien zu deren Minimierung. Abschlussbericht des FEI-Projektes AIF 16004 BG, 2011
- [45] A. Dingel, R. Matissek: Esters of 3-monochloropropane-1,2-diol and glycidol: No formation by deep frying during large-scale production of potato crisps. European Food Research and Technology Vol. 241 2015, S. 719-723

- [46] Toolbox-Arbeitsgruppe, persönliche Kommunikation
- [47] J. Kuhlmann: Bildung von 3-MCPD- und Glycidyl-Fettsäureestern während der haushaltsmäßigen Zubereitung von Lebensmitteln. Präsentation im Rahmen des Symposiums der Deutschen Gesellschaft für Fettwissenschaft (DGF): 3-MCPD & Co: Eine Bilanz nach acht Jahren Forschung. Berlin, 20.-21. April 2015 DOI 10.13140/RG.2.1.3219.2488
- [48] B. Matthäus, K. Vosmann, V. Pöhlmann, W. Jira: Formation of 3-MCPD and 3-MCPD esters and related compounds during barbequeing. Beitrag im Rahmen des 9. Euro Fed Lipid Kongresses, Rotterdam, 18.-21. September 2011
- [49] B. Matthäus: Bildung von 3-MCPD- und Glycidyl-Fettsäureestern während der Herstellung von Lebensmitteln. Präsentation im Rahmen des Symposiums der Deutschen Gesellschaft für Fettwissenschaft (DGF): 3-MCPD & Co: Eine Bilanz nach acht Jahren Forschung, Berlin, 20.-21. April 2015
- [50] K. Toho, R. Homma, M. Shimizu: Generation of 3-MCPD esters under deep-frying conditions. Beitrag im Rahmen des 105. Jahrestreffen der AOCS, San Antonio, 2014

Herausgeber:

Bund für Lebensmittelrecht und Lebensmittelkunde e. V. (BLL)

Claire-Waldoff-Straße 7 · 10117 Berlin

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, Übersetzung und fotografische Wiedergabe – auch auszugsweise – nur mit Genehmigung durch den BLL gestattet.

Grafik und Satz: Sebastian Schuber, Lieblingsgrafiker.de, Berlin

Druck: Druckerei Bloch & Co., Berlin

Erstauflage 2016

Dank

Der BLL dankt den Vertretern von Verbänden und Unternehmen der Lebensmittelwirtschaft, Forschungseinrichtungen und Handelslaboratorien für die Teilnahme und aktive Mitarbeit an der Arbeitsgruppe zur Erstellung einer Toolbox für 3-MCPD- und Glycidyl-Fettsäureester in Lebensmitteln. Besonderer Dank gilt den Forschungseinrichtungen der beiden FEI-Projekte zu den 3-MCPD-FE, die ihre Forschungsergebnisse in Form von Tools für die vorliegende Toolbox aufbereitet und formuliert haben. Besonderer Dank gilt ebenfalls der Industrie für ihre Anregungen, Anmerkungen und Beiträge aus Sicht der Praxis. Dem europäischen Verband der Ölhersteller FEDIOL gilt der Dank für die Überlassung der Liste relevanter Literaturstellen zum Aufbau der Toolbox.

Arbeitsgruppe Toolbox (Teilnehmer)

Dr. Bertrand Matthäus, Max Rubner-Institut (MRI), Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel, Institut für Sicherheit und Qualität bei Getreide, Arbeitsgruppe für Lipidforschung

Dr. Frank Pudiel, Pilot Pflanzenöltechnologie Magdeburg e. V. (PPM)

Dr. Knut Franke, Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik e. V. (DIL)

Gerhard Brankatschk, Verband der ölsaatenverarbeitenden Industrie in Deutschland e. V. (OVID)

Karl-Heinz Legendre, IMACE Germany, Deutsche Vertretung des Europäischen Margarineverbands

Dr. Markus Weck, Verband der Hersteller kulinarischer Lebensmittel e. V.

Claus-Michael Brieber, Walter Rau Lebensmittelwerke GmbH

Bernd Brinkmann, Walter Rau Neusser Öl und Fett AG

Falk Brüse, Cargill B. V. – Refined Oils Europe

Helmut Günther, Mondelez Deutschland GmbH

Wilfried Heimhalt, Vortella Lebensmittelwerk W. Vortmeyer GmbH

Dr. Nils Hinrichsen, ADM Research GmbH

Dr. Dirk Hisserich, CSM Deutschland GmbH

Dr. Ingo Mücke, Bahlsen GmbH & Co. KG

Dr. Ronald Schrödter, Intersnack Knabber-Gebäck GmbH & Co. KG

Dr. Klaus Schurz, Clariant Produkte GmbH

Gabriele Seidl, Unilever Deutschland Holding GmbH

Karin Stalling, FRoSTA AG

Thomas Wäschenbach, FAUSER Vitaquellwerk KG

Prof. Dr. Reinhard Matissek, Lebensmittelchemisches Institut (LCI) des Bundesverbands der Deutschen Süßwarenindustrie e. V. (BDSI)

Dr. Jan Kuhlmann, SGS Germany GmbH

Dr. Günther Raffler, Eurofins CLF Specialized Nutrition Testing Services GmbH

Katja Ahrens, Bund für Lebensmittelrecht und Lebensmittelkunde e. V. (BLL)

Dr. Birgit Christall, Bund für Lebensmittelrecht und Lebensmittelkunde e. V. (BLL)

**Bund für Lebensmittelrecht
und Lebensmittelkunde e. V.**

Claire-Waldoff-Straße 7
10117 Berlin

Tel. +49 30 206143-0
Fax +49 30 206143-190
E-Mail: bll@bll.de

Twitter: www.twitter.com/BLL_de
Facebook: www.facebook.com/DerBLL

www.bll.de