

8 Eiprodukte; aktuelle Trends in der Verarbeitung und Verwendung (W. Ternes)

In Deutschland lernten die Verbraucher nach dem 2. Weltkrieg getrocknetes Eipulver kennen. Zu der Zeit stieg der Bedarf an Lebensmitteln an und große Mengen getrocknete Eiprodukte wurden aus den Vereinigten Staaten und Kanada nach Europa importiert, um die Bevölkerung vor Hungersnöten zu bewahren. In China wurden die ersten getrockneten Produkte hergestellt, indem Flüssigei auf Platten unter Sonneneinwirkung getrocknet wurde. Insbesondere kam diese Trocknungsart bei Hühnereiklar zur Anwendung. Durch die lange Trocknungszeit wurden die Eier bereits fermentiert und es entstanden Produkte mit typischem Geruch und Geschmack. Die Bäckereien verarbeiteten dieses Trockeneiklar zu Schaumgebäck und Meringuemassen. Bereits um die Jahrhundertwende exportierte China getrocknete Eiprodukte nach Europa und später auch in die USA. Ebenfalls in den USA wurde die Sprühtrocknung von Eipulver entwickelt, um die Bevölkerung und die Armee mit diesen Produkten zu versorgen. In Europa hat die industrielle Trocknung von Eiern in den fünfziger Jahren des letzten Jahrhunderts begonnen. Die erste große Innovation auf dem Gebiet der flüssigen Eiprodukte war die Anwendung der aseptischen Verpackung für den Einsatz von Eiprodukten im weiter verarbeitenden Gewerbe. Durch die neue Art der Verpackung ist eine mindestens 6-wöchige Lagerung bei Kühlung unterhalb von 4° Celsius möglich.

Die Produktion von Eiern in Deutschland beträgt im Jahr ca. 800.000 Tonnen, davon werden 200.000 Tonnen zu Eiprodukten verarbeitet, davon wiederum allein 67.000 Tonnen zu Eigelb. Der Anteil der industriell verarbeiteten Eiprodukte nimmt jedes Jahr einen höheren Anteil ein. In den USA werden zurzeit mehr als ein Drittel der Eier für die Herstellung von Eiprodukten verwendet. Alle Eiprodukte, bei denen die Schale entfernt wurde, werden in der Regel pasteurisiert und stellen bei fachgerechter Verarbeitung kaum ein Problem für die Belastung mit Salmonellen und der aviären Influenza (Vogelgrippe) dar.

8.1 Die Bedeutung von Eiprodukten

Nach WINDHORST (2007) ist Deutschland zu einem der attraktivsten Märkte für Veredelungsprodukte geworden. Deutschland ist, nach Frankreich, der größte Exporteur von getrocknetem Eigelb. Die Entscheidung des Bundesrates vom 19.10.2002, ab dem 01.01.2009 konventionelle Hühnerkäfige nicht mehr zuzulassen, führt zu einschneidenden Veränderungen in der inländischen Eierproduktion und im Handel: In Deutschland wird der Selbstversorgungsgrad für Eier weiter sinken und die Eierimporte werden stark ansteigen, und zwar von 5 auf 10 Milliarden Schaleneier pro Jahr, das sind zwei Drittel aller auf dem Weltmarkt gehandelten Schaleneier (ZMP). Dazu das Zitat von Herrn Henrik Petersen, Marketingleiter bei der Firma Sanovo Foods: „Ich glaube, die Produktion einfacher Eiprodukte wird in Zukunft für europäische Eierverarbeiter eine Sackgasse sein, da sie Standardrohstoffe sind, die oft woanders in der Welt billiger produziert werden können. Wenn wir ein Produkt mit speziellen Eigenschaften herstellen können, können wir einen höheren Preis verlangen und stabile Langzeitbeziehungen zu unseren Kunden aufbauen.“ Gefördert durch das AiF (= Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen) über den FEI (Forschungskreis der Ernährungsindustrie) befassen sich mehrere Forschungsprojekte in den letzten Jahren mit der Weiterentwicklung der Technologie bei den Eiprodukten voranzutreiben und somit die Marktpositionierung der Eiproduzenten-Industrie zu sichern. Eine Übersicht der in den letzten Jahren geförderten Forschungsprojekte zeigt Tabelle 8.1:

Tab. 8.1: Forschungsprojekte * über Eiprodukte

- AiF 13732 N „Einstellung der funktionellen Eigenschaften von Trockenvollei durch Zusätze und Herstellungsbedingungen“ Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück, Dr. H.D. Jansen/Prof. Dr. E. Reimerdes/Dr. K. Franke
- AiF 14633 N „Untersuchungen zu den Wechselwirkungen von Zusammensetzung und Struktur von Eigelb bezüglich der technologischen Eigenschaften“ Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück, Dr. V. Heinz/Dr. K. Franke
- AiF 14258 N „Optimierung der Gel und Schaumbildungseigenschaften von definierten Gemischen aus nativen und modifizierten Eiklar- und Milchproteinen“ Forschungsstelle Universität München, Zentralinstitut für Ernährungs- und Lebensmittelforschung, Abt. Technologie, Freising-Weihenstephan, Prof. Dr. Kulozik/Dipl.-Ing. M. Kuropatwa/Dipl.-Ing. A. Tolkach
- AiF 12517 BG „Definition der Qualität von Trockeneiklarprodukten nach analytischen und verarbeitungstechnischen Kriterien – Entwicklung einer industriell einsetzbaren Methode zu Qualitätskontrolle“ Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück, Dr. H.D. Jansen/Dipl.-Ing. H. Rohenkohl und Institut für Lebensmittel- und Umweltforschung (ILU), Nuthetal, Dipl.-Ing. P. Kretschmar/Dr. H. Kaiser
- AiF 12826 N „Entwicklung der schnellen NIR-spektrometrischen Analyse von Eiprodukten“ Universität Bonn, Institut für Lebensmittelwissenschaft und Lebensmittelchemie Prof. Dr. H. Büning-Pfaue/K. Mielke/C. Warmbold
- AiF 12143 N „Messung qualitätsbestimmender physikalischer Merkmale bei intakten Eiern und Flüssigei unter Anwendung der niederauflösenden NMR-Spektroskopie“ Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, Institut für Chemie und Physik, Prof. Dr. K.O. Honikel/Dr. F. Schwägele
- AiF 12145 N „Einfluss des Herstellungsprozesses auf die Eigenschaften von sprühgetrocknetem Volleipulver“ Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL), Quakenbrück, Dr. H.D. Jansen//Dr. K. Franke
- AiF 15512 N „Entwicklung eines neuen Verfahrens zur kostengünstigen Gewinnung von technologisch und physikalisch wertvollen Eigelbfraktionen“ Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Zentrum für Lebensmittelwissenschaften, Institut für Lebensmitteltoxikologie und Chemische Analytik Prof. Dr. W. Ternes
- AiF-FV 14259 N „Neuentwicklung eines Verfahrens zur Gewinnung gefriergetrockneter Eigelbprodukte unter weitgehendem Erhalt der nativen Funktionalität als Basis für innovative Produkte aus Eigelb“Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Zentrum für Lebensmittelwissenschaften, Institut für Lebensmitteltoxikologie und Chemische Analytik, Prof. Dr. W. Ternes

Anm.: * AiF = Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen

8.2 Übersicht der Eiprodukte

Zu den Eiprodukten gehören auch gekochte Schaleneier und aus Schaleneiern gewonnene Erzeugnisse bis hin zu den Isolate, die zum Teil schon Reinsubstanzen darstellen. Einen Überblick über die Produktpalette zeigt Abbildung 8.1:

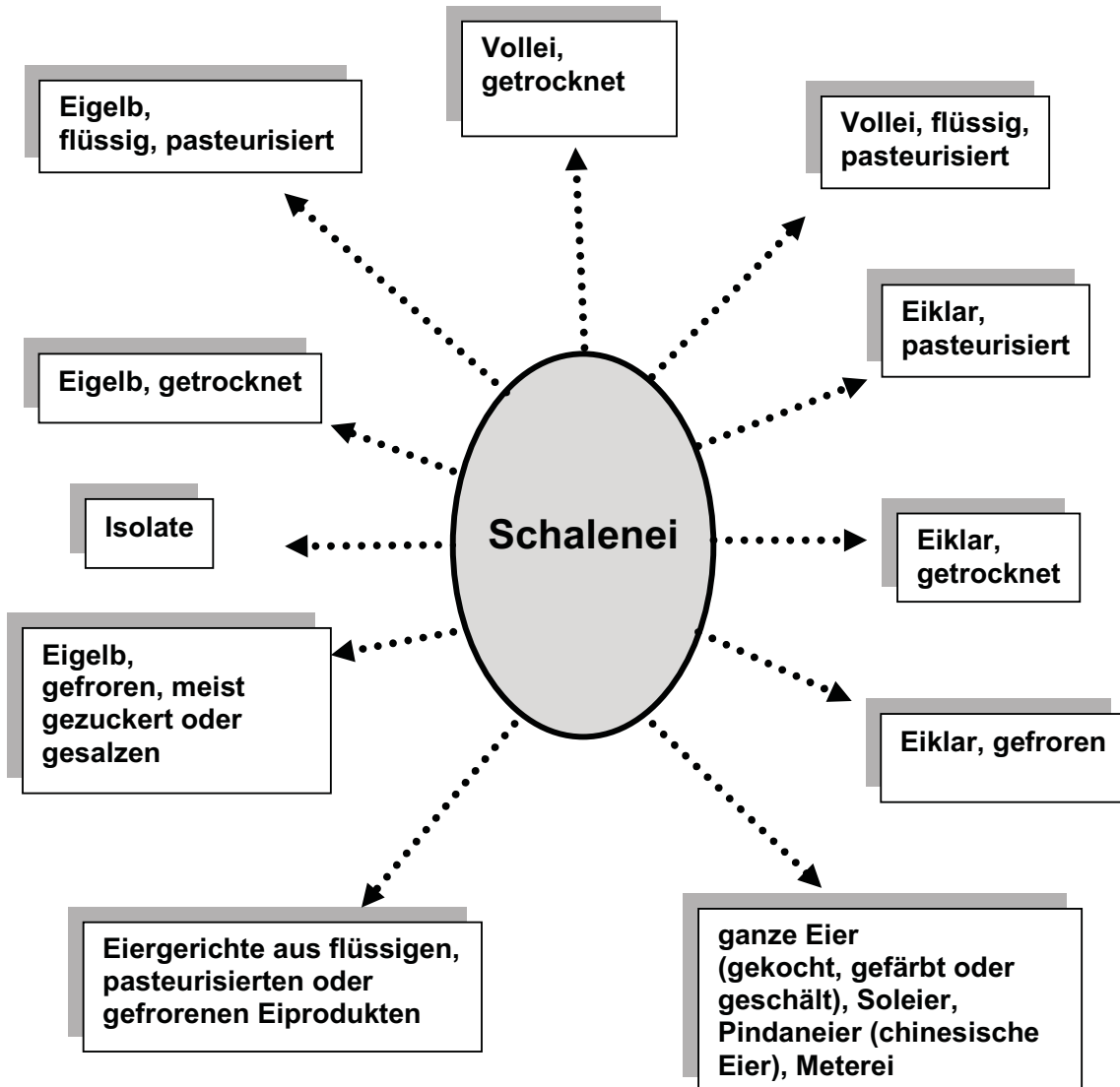


Abb. 8.1: Überblick Eiprodukte

Tab. 8.2: Verwendungszweck und Eianteil bei Eiprodukten

Eiprodukt	Eibestandteile pro kg der Produkte	Anwendungen
Eiklar (pasteurisiert)	Eiklaranteil von 30 - 35 Eiern	Fleischwarenindustrie, Bäckereien, Schokolade, Süßwaren, Nougat, vorbehandeltes Eiklar für Eierschnee, Baiser, zum Klären von Brühen
Eiklar (kristallin) Eiklar, sprühgetrocknet	Eiklaranteil von 260 - 280 Eiern	Industrien (Lederwaren, Kronkorken, Leim), Eierschaumwaren (Schaumküsse)
Vollei (pasteurisiert)	Volleianteil ca. 20 Eier	Teigwaren, Backwaren, Eierstich, Rühreier, Crème brulée, Bindemittel für Farcen und Cremes
Trocken-Vollei (1 Teil Pulver wird mit 3 Teilen Wasser gelöst)	ca. 75 – 80 Eier	Backwaren z. B. ready-for-use, in Pulver für Pfannkuchen
Eigelb (pasteurisiert)	Eigelb von ca. 50 Eiern	Mayonnaise, Backwaren, aufgeschlagene Saucen (Sc. Hollandaise)
Trocken-Eigelb (1 Teil Pulver wird mit 1,2 Teilen Wasser gelöst)	Eigelb von 110 - 120 Eiern	Backwaren, Nudeln, Mayonnaise, Eiblock (Meterei), Suppen, Speiseeis

8.3 Vollei

In vielen Speisen wird Vollei als Rezepturbestandteil in Backwaren, Süßspeisen, Fleischgerichten, Aufläufen mit Gemüse etc. eingesetzt. Als Binde- und Lockerungsmittel entfaltet es dort seine Wirkung. Neben den technofunktionellen Eigenschaften trägt es zur Farbe und zum Wohlgeschmack bei.

Die Verwendung von Volleipulver hat in der Lebensmittelindustrie zugenommen, weil besonders der Anteil von „ready-for-use-Convenience-Produkten“ einen zunehmenden Trend verzeichnet (FRANKE und KIEßLING, 2002). Die Trocknungstemperaturen und Trocknungsbedingungen von Vollei beeinflussen die Teigviskosität wie auch das Backvolumen der Feinen Backwaren. Aufgeschlagene Teige mit Vollei bekommen eine große Anzahl von feinen Luftbläschen während des Aufschlagens des Teiges. Diese Bläschen expandieren und Eiweiße festigen die Wände der Luftbläschen im Teig.

Vollei ist die Basis von typischen Eierspeisen wie Rührei, Omelette oder verlorenen Eiern.

8.3.1 Pasteurisation

Pasteurisiertes Vollei ist zur Zubereitung von Eierspeisen wie Süßspeisen, Teigwaren und feinen Backwaren ohne Qualitätseinbuße, im Vergleich zum frischen Ei, zu verwenden. Die Pasteurisierungstemperaturen liegen im Mittel bei 62 bis 66 °C und einer Heißhaltezeit von 90 bis 180 Sekunden. Bei diesen Temperaturen werden die Keime, jedoch nicht die Sporen, abgetötet. Die Verhinderung der Auskeimung der Sporen oder die Sporenabtötung kann durch Sprühtrocknung oder Hochdruckeinwirkungen erfolgen.

8.3.2 Volleipulver

Beim Trocknen von Eiprodukten ist es wichtig, dass die funktionellen Eigenschaften der Rohware soweit wie möglich erhalten bleiben. Das ist mit den althergebrachten Herstellungsstufen wie z. B. Verpumpen, Pasteurisieren, Konzentrieren, Fermentieren etc. nur eingeschränkt möglich. Die Trocknung muss eine lange Haltbarkeit und die Abtötung von pathogenen Keimen gewährleisten. Die neuen Herstellungsverfahren für Volleipulver mit enzymatischer oder mikrobieller Einwirkung und gezielter Ausnutzung der Trocknungsbedingungen führen zu verbesserten Produkten (ROS, 1994).

8.3.3 Hydrostatische Hochdruckverfahren

Im Forschungsstadium kommen vermehrt hydrostatische Hochdruckverfahren als Alternative für die thermische Pasteurisation zur Abtötung von Keimen und zur Inaktivierung von Enzymen zum Einsatz. Erste Anwendungen sind bei Säften umgesetzt worden. Hochdruckverfahren, in der Regel mit Einwirkungen von 200 – 600 MPa und teilweise noch darüber hinaus, haben geringere Veränderungen von Qualitätsbestimmenden Faktoren zur Folge, so verändert sich z. B. die kovalente Bindung der Proteine kaum. Zusätzlich können physikalische und technofunktionelle Eigenschaften gezielt verändert und ausgenutzt werden. Einige Änderungen sind z. B. die Bildung von neuen Wasserstoffbrücken, die Lösung von Ionen- und hydrophobe Bindungen, Veränderung der Raumstruktur der Proteine jedoch nicht deren Primärstruktur und besserer Erhalt der thermolabilen Wertgebenden Inhaltsstoffe wie Vitamine, Carotinoide und Aromastoffe (AHMED et al., 2003). Drücke oberhalb von 800 MPa führen zur Zunahme der Viskosität und zur Gelbildung von Eigelb und Eiklar. Die hydrostatische Hochdruckbehandlung eignet sich auch zur Haltbarmachung für zubereitete Fertiggerichte wie Eierpatties, Omelettes und Rührei.

Der Vorteil einer Kombination von thermischer Pasteurisation und hydrostatischer Hochdruckverfahren ist die geringere Temperatur- und Zeiteinwirkung auf die Eierspeisen. Wenn für Eierspeisen nur durch thermische Pasteurisation haltbar gemachte Eiprodukte verwendet werden, treten öfter grüngraue Verfärbungen auf, die durch die Freisetzung von Schwefelverbindungen verursacht werden. Weitere Verfahren zur Keimreduzierung, wie die Anwendung der elektrischen Leitfähigkeit mit gepulsten elektrischen Feldern, stehen noch am Anfang der Umsetzung in der Lebensmittelindustrie.

8.3.4 Speisen mit Volleiprodukten

Gekochte Eier oder Eierrollen (so genanntes Meterei) sind schon einige Zeit im Handel. Aus abgetrenntem Eiklar und Eigelb wird in besonders konstruierten Maschinen das so genannte Meterei hergestellt, bei dem keine Schnittverluste an den Enden des Eies auftreten.

In neuerer Zeit kommen typische Eiergerichte als Convenience-Produkte verstärkt auf dem Markt, weil verschiedene technofunktionelle Probleme gelöst werden konnten. Sensorisch unterscheiden sich diese Convenience-Produkte nicht mehr von den Zubereitungen mit frischen Eiern.

Bei tiefgekühlten Eierzubereitungen sind Omelette, Rührei, Eierpatties, Eierstich und so genannte „Sandwich-Scheiben“ im Handel. Hier konnte das beim Auftauen freiwerdende und nicht mehr von den Proteinen gebundene Wasser in das Gelgerüst eingebettet werden.

Für den Haushalt sind Eiprodukte wie z. B. flüssiges Rührei in aseptischen Verpackungen z. B. in Tetrapack[®] entwickelt worden. Diese Produkte zeichnen sich durch eine Lagerungsmöglichkeit bei Kühlschranktemperatur von ca. 7° Celsius aus, die im Haushalt üblich ist. Damit sind pasteurisierte flüssige Eiprodukte und damit hergestellte Fertiggerichte (Rührei, Omelette) beim Endverbraucher über Wochen hinaus lagerfähig. Die Lagerung bei

7 °C beim Endverbraucher erlaubt es zubereitetes, gegartes Rührei oder Omelette keimarm zu verarbeiten und abzupacken, dass eine Mindesthaltbarkeit von mindestens 2 Wochen gewährleistet werden kann.

Eine Besonderheit stellen die so genannten 1000-jährigen Eier dar; hierbei werden rohe Enteneier in Kochsalz, Pinienasche und Kalk 50 bis 100 Tage eingelegt und auf diese Weise konserviert. Die Lagerung in der alkalischen Lösung führt zu Interaktionen der Proteine mit den Lipiden, so dass die Lipide fester gebunden werden. Die Eier verfärben sich während der Lagerung blaugrün. Nach den Vogelgrippefällen in Asien sind diese Eier in asiatischen Geschäften kaum noch zu finden.

8.4 Eiklar

Eiklar wird zur Bindung und zur Stabilisierung der Textur in Lebensmittelsystemen verwendet. Am bedeutendsten ist jedoch die technofunktionelle Eigenschaft der Schaumbildung von Eiklar, wie sie z. B. für Eischnee und Baiser ausgenutzt wird.

Während der Lagerung von Eiklar bildet sich aus dem Hauptprotein des Eiklars, dem Ovalbumin, das hitzestabile S-Ovalbumin. Besonders in Backwaren mit hohem Sacchariosezusatz kann die Denaturierungstemperatur des Ovalbumins bei 40 % Saccharosezusatz von 84 °C auf 97 °C steigen. Die Verkleisterung der Weizenstärke steigt dabei von 67 °C auf ebenfalls 97 °C an. Dabei kann es vorkommen, dass die Stärke verkleistert, während das Ovalbumin noch nicht denaturiert ist. Die Folge ist ein typisches Fehlprodukt. Besonders ausgeprägt ist dieser Effekt, wenn älteres Eiklar verarbeitet wird, das einen wesentlichen Anteil an thermostabilen S-Ovalbumin enthält.

8.4.1 Pasteurisation

Eiklar wird bei Temperaturen von 56 bis 58 °C und einer Heißhaltezeit von 2 bis 3 Minuten pasteurisiert. Die Eiklarproteine sind sehr hitzestabil. Die antibakteriell wirksamen Proteine wie Lysozym und Ovotransferrin vermindern das Wachstum von Mikroorganismen während der Lagerung. Die niedrigen Pasteurisationstemperaturen führen zu einem gewissen Restrisiko, allerdings ist es durch eine gezielte Pasteurisation und Aktivierung der antimikrobiell wirksamen Proteine gelungen aseptisch verpacktes Eiklar in Frankreich auf den Markt zu bringen, das bei Raumtemperatur über mehrere Monate haltbar ist.

Eine Pasteurisation und Erhitzung von Eiklar führt in der Regel zu einer Verminderung der Schaumstabilität, so dass sich nur pasteurisiertes Eiklar oft nicht gut aufschlagen lässt. Durch Verwendung von Aluminiumsalzen (Aluminiumsulfat) oder auch Hydrokolloiden als Zusatzstoffe wird die Schaumstabilität des pasteurisierten Eiklars verbessert. Die Aluminiumsalze verhindern dabei die Denaturierung des temperatursensitivsten Proteins des Eiklars, das Conalbumin. Durch Hydrokolloide wird das Wasser gebunden, so dass es nicht so leicht aus den Schaumlamellen fließen kann. In Süßigkeiten, z. B. in Konfekt, vermindert Eiklar, verwendet in Form von Eischnee, die Zuckerkristallisation.

8.4.2 Eiklarpulver

Die Herstellung von Eiklarpulver kann durch Pfannentrocknung erfolgen, wobei Kristalleiweiß entsteht. Es wird bei niedriger Temperatur und langer Trocknungszeit auf dünnen Oberflächen gewonnen. Weitgehend durchgesetzt hat sich jedoch die Sprühtrocknung. Die Eiklarproteine enthalten Glucose, die an einer Maillardreaktion bei getrocknetem Eiklar beteiligt sein kann. Aus diesem Grund wird vor der Konzentrierung durch Enzymanwendung der Glucosegehalt vermindert. Die Verwendung von Glucose abbauenden Mikroorganismen hat sich eine breite Anwendung gefunden. Sinnvoll ist es, den Wassergehalt des Eiklars von

ca. 90 % auf etwa 82 % durch Membran-/Ultrafiltration aufzukonzentrieren. Selbst ein Konzentrat, bei dem der Feststoffgehalt 41 % und der Wassergehalt 59 % beträgt, zeigt keine merkliche Veränderung der Eiklarproteine. Allgemein wird eine Konzentrierung jedoch auf 18 bis 22 % beschränkt, weil die Membranen durch die Eiklarproteine belegt werden. Die Konzentrierung soll die Trocknungskosten und die Verweilzeit im Sprühturm vermindern. Nachdem das Eiklar in einem Sprühturm getrocknet wurde, wird in so genannten Heißhaltezeimern das Eiklarpulver bei 55 – 80 °C bis zu 14 Tage gehalten, um Mikroorganismen sicher abzutöten. Die Eiklarsprühtrocknung ist soweit optimiert, dass trotz der verhältnismäßig hohen Temperatureinwirkung stabile Eiklarschäume mit guter Volumenausbeute hergestellt werden können (LECHEVALIER et al., 2007; HAMMERSHOJ et al., 2004; HAMMERSHOJ et al., 2006; HAMMERSHOJ et al., 2006).

Sprühgetrocknetes Eiklar weist eine lange Mindesthaltbarkeit auf. Die Transportkosten sind im Vergleich zu Flüssigei gering. Es besitzt spezifische funktionelle Eigenschaften, die ausgenutzt werden können.

8.4.3 Isolate

Isolierte Eiprodukte aus Eiklar sind z. B. Lysozym, Avidin und Conalbumin. Speziell in Japan ist die Entwicklung für zukunftsweisende Eiprodukte weit fortgeschritten. Das Ocomucoid des Eiklar wird als Säulenligand in der HPLC zur chiralen Trennung von pharmazeutischen Wirkstoffen verwendet.

Aus Eiklar wird Lysozym aufgrund der konservierenden Eigenschaften gewonnen. In der Kosmetikindustrie und auch bei der Käseherstellung wird Lysozym als konservierendes Mittel verwendet. Ein belgisches Unternehmen gewinnt pro Jahr aus 2250 Tonnen Eiklar 18 Tonnen Lysozym.

Avidin im Protein des Eiklars bindet vier Biotinmoleküle, so dass aus Eiklar isoliertes Avidin zur Bestimmung von Biotin in der Chromatographie eingesetzt werden kann (STAGGS et al. 2004).

8.5 Eigelb

Bei der Verarbeitung von Eigelb werden die technofunktionellen Eigenschaften wie Emulsions- und Schaumbildung sowie zum Teil die Wasserbindung ausgenutzt. Für die klassischen Gerichte wie z. B. Weinschäume, aufgeschlagene Saucen oder Biskuits wird Eigelb verwendet, das möglichst noch die technofunktionellen Eigenschaften des nativen Eigelbs besitzt. Die Tabellen 8.3 und 8.4 zeigen die Verwendungsmöglichkeiten und die Eigenschaften von Eiern in Lebensmittelsystemen.

Tab. 8.3: Technofunktionelle Eigenschaften des Eigelbs

➤	Emulgierende Eigenschaften (z. B. Sauce Hollandaise, Mayonnaise)
➤	Schaumbildungsvermögen und bindende Eigenschaften (z. B. Saucen, Süßspeisen, Aufschlagen mit Zucker zur Lockerung von Cremes und Massen)
➤	Verbesserung der Beschaffenheit und Konsistenz (z. B. feine Backwaren, Teigwaren)
➤	Klebstoff bei Blätter- und Pastetenteig
➤	Abbinden von Saucen und Suppen mit Sahne (so genannte Liaison)
➤	Farbgebung (z. B. Bestreichen des Gebäcks)

Tab. 8.4: Verwendungsmöglichkeiten von Eigelb in Convenience-Produkten

- Kartoffelteige (z. B. Knödel)
- Nudelteige (z. B. Spätzle)
- Mayonnaisen
- Sauce Hollandaise
- All in one Backmischungen (z. B. Rührkuchen)
- Creme für Tiramisu
- Mousse au chocolat
- Pudding
- Vanille-Soufflé
- Speiseeisbereitung im Haushalt

8.5.1 Pasteurisation und thermische Einwirkung auf Eigelb

Eigelb wird bei Temperaturen von 61 bis zu 68 °C und einer Haltezeit von 30 bis 120 Sekunden pasteurisiert. Die Ultrahocherhitzung (bei 68 °C) kann zu Schädigungen der Inhaltsstoffe führen. Bei einer Pasteurisationstemperatur bis 63 °C und einer Heißhaltezeit von 2 Minuten sind keine wesentlichen Veränderungen der technofunktionellen Eigenschaften feststellbar.

Für die Verarbeitung von Eigelb gibt es drei Temperaturbereiche, die für die technofunktionellen Eigenschaften von Bedeutung sind:

I. Temperaturbereich bis 65 °C

→ Eigelb ohne bis moderate Erhitzung, z. B. um die Emulsion in Mayonnaise auszunutzen.

II. Temperaturbereich von 66 °C bis 72 °C

→ Eigelb bei dem die Schaumbildung ausgenutzt wird. Hierfür ist die Fähigkeit des Eigelbs zur Bildung der „Rose“ notwendig. Es denaturieren die Livetine und bilden ein Netzwerk aus. Beginnende Veränderung der LDL-Micellen.

III. Temperaturbereich oberhalb von 75 °C

→ Eigelb mit dem ein schnittfestes vernetztes Gel erzeugt werden soll, z. B. Hartgekochtes Eigelb.

Für die Herstellung von Süßspeisen wie Speiseeis, kalte Cremesaucen, Sabayon, Bayrisch Creme, warme aufgeschlagene Soßen wie Sauce Hollandaise, Sauce Bearnaise und Gebäck, wie bspw. Wiener Massen, und für die Verwendung des Eigelbs als Bindemittel (Liaison) sind die funktionellen Eigenschaften unter thermischer Einwirkung bedeutsam. Das Eigelb wird für diese Produkte bis zu einer optimalen Konsistenz (Abb. 8.2) aufgeschlagen. Diese wird allgemein als „Rose des Eigelbs“ bezeichnet und mittels eines Löffeltests durch Anpusten der Eigelbmasse festgestellt. Die folgende Abbildung zeigt die Bestimmung der Rose. Die Rose des Eigelbs, die auf dem Rücken des Kochlöffels erzeugt werden kann, entspricht dem ersten Maximum der Viskosität, dem Punkt der Rose.

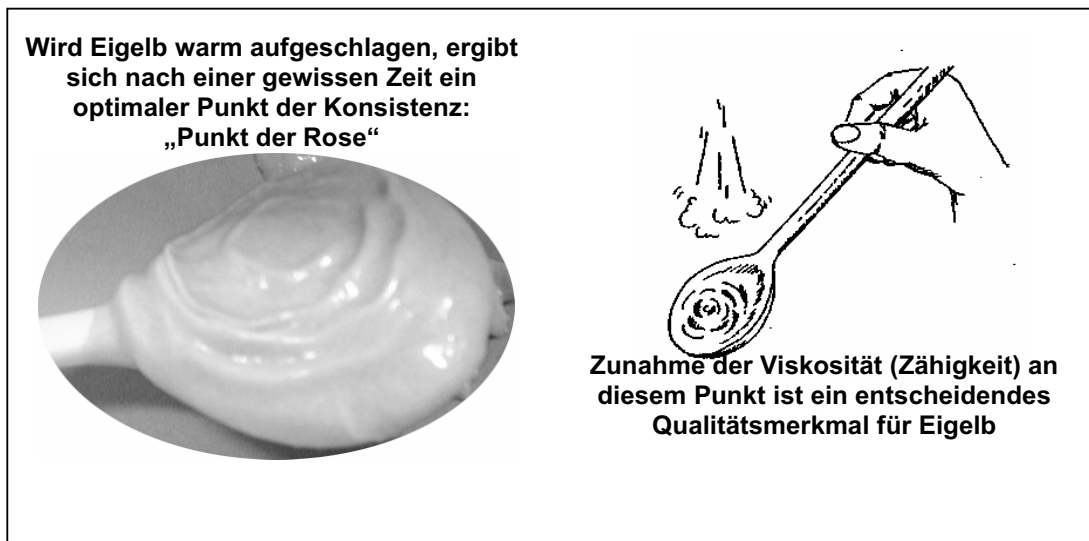


Abb. 8.2: „Punkt der Rose“

Wird die Viskosität von Eigelb bestimmt, so ist beim 1. Viskositätsmaximum der Punkt der Rose erreicht. Nach Überschreiten dieses optimalen Gelbereichs beginnt die Freisetzung aus den Lipoproteinen und bei noch höheren Temperaturen bildet sich ein dreidimensionales vernetztes Gel und es entsteht ein schnittfestes Eigelb (Abb. 8.3).

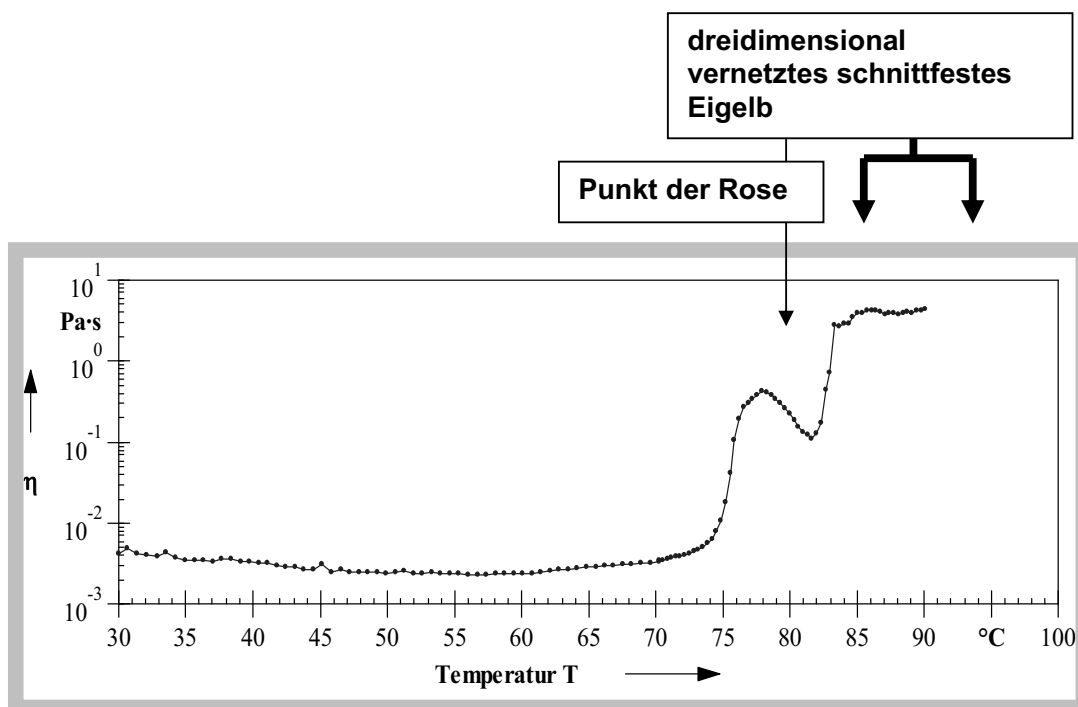


Abb. 8.3: Verhalten des Eigelbs unter thermischer Einwirkung

Phospholipase A1 und A2 wird eingesetzt, um gezielt eine Fettsäure aus den polaren Lipiden abzuspalten. Dadurch entsteht ein Lysophosphatid (mit nur einer Fettsäure), das wesentlich hydrophiler ist als das Ausgangsprodukt. Besonders die Phospholipase A2 spaltet ungesättigte Fettsäuren ab, so dass die enzymatisch behandelten Phosphatide sehr schnell einen bitteren Geschmack von freier Linol- oder Linolensäure bekommen. Die Phospholipase A2 spaltet mehr Linolsäure ab, da am mittleren C-Atom die mehrfach ungesättigten Fettsäuren dominieren. Setzt man z. B. Eigelb Phospholipase A1 oder A2 zu, so erzeugt man eine Eigelblösung, die nicht mehr koaguliert. In der Abbildung 8.3 ist die Bildung des dreidimensionalen vernetzten schnittfesten Eigelbgels durch den Viskositätsanstieg bei hohen Temperaturen dargestellt. Dieser Anstieg entfällt bei der Verwendung von Phospholipasen (JAEKEL und TERNES, 2008).

Die Phospholipase D spaltet den Cholin- oder Ethanolaminrest ab. Lysophospholecithin tritt in Wechselwirkung mit der Stärke, wodurch das Altbackenwerden von Gebäck vermindert werden kann. Lysophosphatidylcholine und -ethanolamine bilden in Emulsionen vorwiegend hexagonale Phasen, wobei die Kohlenwasserstoffketten nach innen gerichtet sind (Abb. 8.4).

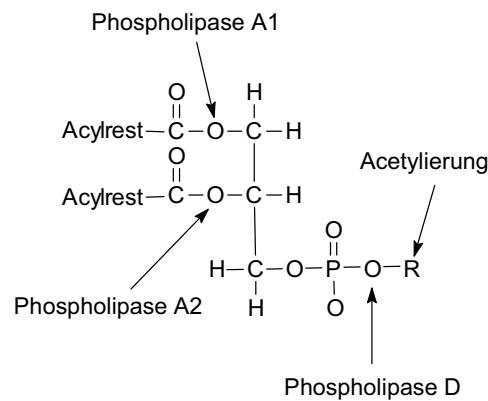


Abb. 8.4: Ansatzpunkte im Molekül zur Modifizierung der Phosphatide

Die Verwendung von kochstabiler Sauce Hollandaise ist erst durch den Einsatz von Phospholipase möglich geworden. Die Schaumbildung des Eigelbs wird durch die Phospholipase nicht beeinflusst, allerdings bleibt die Bildung eines starren schnittfesten Gels aus (JAEKEL und TERNES, 2008). Ein entsprechend behandeltes Eigelb kann für kochstabile Saucen (z. B. Sauce Hollandaise in Verbundverpackungen) eingesetzt werden. Ein Nachteil ist, dass Linolsäure bevorzugt an der 2. Stelle des Glycerinmoleküls vorkommt und ein erheblicher Teil freigesetzt wird. Da freie Linolsäure einen bitteren Geschmack aufweist, sind entsprechend behandelte Eigelbe nur begrenzt in geringen Konzentrationen einsetzbar. Bei etwa 70 mg Linolsäure pro 100 g Emulsion ist ein Bittergeschmack feststellbar. Dazu kommt, dass auch Linolensäure bei 12 mg pro 100 g Emulsion als Bittergeschmack wahrnehmbar ist.

8.5.2 Eigelb-Pulver

Durch thermische Einwirkung treten bei Eigelb irreversible Schäden auf, die die technofunktionellen Eigenschaften wie Emulgier- und Schaumbildungseigenschaften erheblich verschlechtern haben. Durch die Behandlung von Eigelb mit Phospholipase A konnte bei sprühtrocknetem Eigelbpulver die Emulgierfähigkeit und Stabilität bei Mayonnaise schon vor mehreren Jahrzehnten verbessert werden (ROS, 1994).

Die Verwendung von Phospholipase A hat bei sprühgetrocknetem Eigelbpulver eine erhebliche technofunktionelle Eigenschaftsverbesserung erbracht. Während eine Mayonnaise, hergestellt mit sprühgetrocknetem Eigelbpulver ohne Phospholipase oft instabil war, ist dieses nicht mehr bei den mit Phospholipase A2 behandelten Eigelbpulvern zu beobachten.

8.5.3 Gefrorenes Eigelb

Das Eigelb besitzt eine Trockenmasse von fast 50 % und seine Proteine haben Eigenschaften, die nicht mit anderen Proteinen z. B. Milchproteinen, vergleichbar sind. Alle Fette liegen in Lipoproteine gebunden vor. Diese Lipoproteine sind zu über 40 % im Eigelb vorhanden und bestimmen wesentlich dessen Eigenschaften.

Konventionell gefrorenes Eigelb bildet beim Einfrieren ein puddingartiges Gel aus, das die technofunktionellen Eigenschaften der Eigelbinhaltsstoffe verändert. Um dieses „Festwerden“ zu verhindern, muss der Temperaturbereich beim Gefrieren von -7 °C bis ca. -18 °C schnell durchschritten werden.

In einem Gefrierprozess, der oberhalb der Gelbildungstemperatur der LDL-Micellen (Bildung des unerwünschten puddingartigen Gels) liegt, wird dem pasteurisierten Eigelb die Kristallisationsenergie des enthaltenen Wassers entzogen. Anschließend wird in einem Doppelplattenkontaktgefrierverfahren der Bereich der Gelbildung der LDL-Micellen (-7 °C bis -18 °C) in wenigen Sekunden durchlaufen, so dass die Wechselwirkungen der LDL-Micellen und damit die Ausbildung des puddingartigen Gels beim Einfrieren verhindert werden.

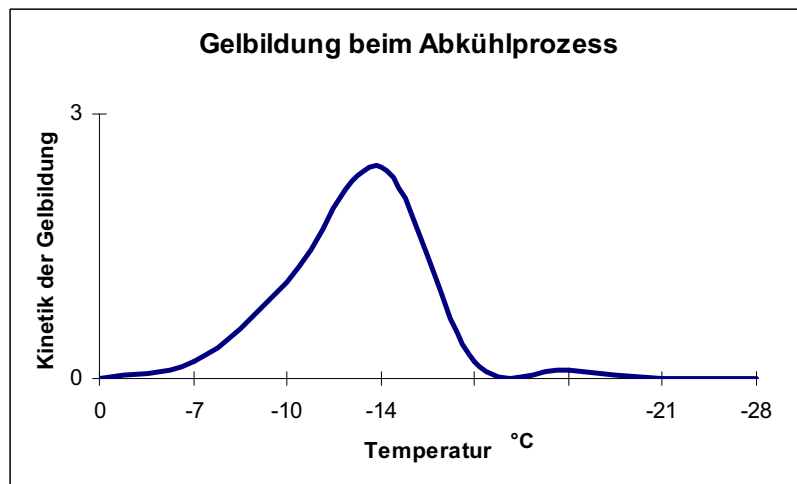


Abb. 8.5: Gelbildung der LDL-Micellen beim Einfrieren von Eigelb

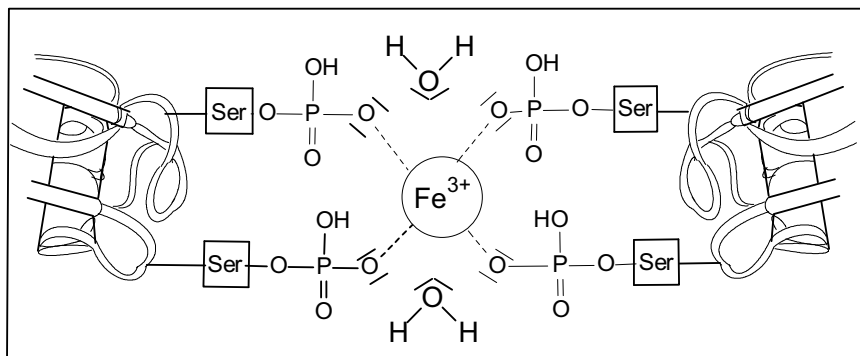
Der Bereich von -7 °C bis -18 °C muss schnell durchschritten werden, um eine irreversible Gelbildung, die durch Adhäsion von LDL-Micellen hervorgerufen wird, zu vermindern (Abb. 8.5).

Mit dem von JAEKEL et al. entwickelten Gefrierverfahren wird Eigelb ohne wesentliche Veränderungen und Verluste an technofunktionellen Eigenschaften eingefroren. Im anschließenden Gefriertrocknungsprozess wird das auskristallisierte Wasser entzogen, es entsteht eine offenporige Struktur, was zur Bildung von Hohl- und Kapillarräumen führt. In diese können im Rahmen der Verarbeitung des getrockneten Eigelbs das zugegebene Wasser oder andere Flüssigkeiten leicht wieder eindringen. Bei der Temperaturerhöhung während des Gefriertrocknungsverfahrens darf nicht mehr als 4 % Wasser vorhanden sein, ansonsten beginnt im kritischen Bereich wiederum die Gelbildung. Durch die Anwendung

des Gefriertrocknungsverfahrens ist es möglich, das getrocknete Eigelb im Glaszustand zu stabilisieren, um die technofunktionellen Eigenschaften der Eigelbproteine weitgehend bei Raumtemperatur zu erhalten. Gefrorene Eiprodukte, bei denen die Gelbildung unterbunden wurde, werden zum Teil in italienischen Eisdielen eingesetzt.

8.5.4 Gerichte mit Eigelbprodukten

Von überragender Bedeutung ist die Verwendung von Eigelb bei Mayonnaisen. Industrielle hergestellte Mayonnaise wird mit Kochsalz versetzt und erst dann beginnt der Emulsionsprozess. Durch die Zugabe von Salz wird die Granula gespalten und oberflächenaktives Material (Lipoproteine) werden frei, die an der Grenzfläche Öltröpfchen/Wasserphase adsorbiert werden. Es bildet sich bei Zugabe von Öl ein Lamellensystem. Die Mayonnaise wird dabei deutlich fester, weil die Dicke der Grenzschicht durch die Freisetzung von Granulaproteinen zunimmt und die Öltröpfchen nicht mehr so leicht zusammenfließen können. Wenn jedoch zur Säuerung statt Essig Zitronensaft dazu gegeben wird, verschlechtert sich die Oxidationsstabilität der Öle in der Mayonnaise während der Lagerung entscheidend. Zitronensaft wird besonders gern für Cocktailsaucen, für Früchte und Krustentiere verwandt. Durch Ascorbinsäure aus der Zitrone wird Fe^{3+} zu Fe^{2+} reduziert. Das Fe^{3+} ist im Phosvitin des Granulaproteins an die Aminosäure Serin komplex gebunden. Das gebildete Fe^{2+} -Ion wird aus dem Komplex freigesetzt und wirkt als Prooxidans, wobei die Öle oxidieren.



Bindung an Phosvitin (verminderte Resorption)

Abb. 8.6: Bindung des Eisenions im Phosvitin

Cholesterolreduzierte Eiprodukte sind besonders in den USA auf dem Markt. Dort gibt es schon entsprechende Extraktionswerke, die mittels β -Cyclodextrine Cholesterol aus dem Eiprodukt entfernen. Eine Extraktion mit hyperkritischem CO_2 ist ebenfalls bei getrocknetem Eigelbpulver möglich. Phospholipide lassen sich nicht durch eine überkritische CO_2 -Extraktion überführen (FRONING, 1992).

Eierlikör wird bei der Herstellung pasteurisiert und auf einen Ethanolgehalt von 17 bis 20 % eingestellt. Er enthält etwa 11 bis 15 % Eigelb und ca. 15 % Zucker. Bei dieser Ethanolkonzentration setzt ein Absterbeprozess z. B. von Salmonellen aber auch von Bacillus cereus ein, so dass eine Haltbarkeit bei Raumtemperatur von etlichen Monaten erreicht wird. Die Stabilität der Emulsion des Eierlikörs ist leicht durch das Beobachten eines Fettringes an der Oberfläche feststellbar. Bei einem guten Eierlikör treten die ersten Fetttropfchen erst nach einer Lagerzeit von fast 12 Monaten auf.

8.5.5 Eigelbfraktionen (Isolate)

Eieröl, das aus dem Eigelb gewonnene Öl wird kaum noch gehandelt. In der Kosmetikindustrie wird Eieröl bei einem Lipiddefizit der Haut zum Ausgleich eingesetzt. Aus dem Öl lässt sich da Eilecithin gewinnen. Im Lecithin, ein Eigelbphospholipid, liegt Cholin gebunden vor. Dieser Inhaltsstoff ist wichtig für die Gehirnentwicklung, hat positive Effekte bei der Leberfunktion und soll präventiv gegen Krebs wirken.

Der Markt für Eilecithin ist von 1995 bis 2002 um 320 % gestiegen. Es werden ca. 70 % in Lebensmitteln (50 % Säuglingsnahrung, 10 % Functional Food), 15 % für Klinische Anwendungen und 15 % als Kosmetika verwendet (LANGE, 2007). Im Vergleich zu Sojalecithin erreicht das Eigelblecithin mit Preisen von 60 bis 200 €/kg und zum Teil noch höher, einen erheblichen Marktwert. In Europa werden pro Jahr mehr als 300 Tonnen Lecithin aus Eigelb gewonnen. Der Verzehr von Eigelbphospholipiden soll die Symptome der Alzheimer-Krankheit mindern (ANTON et al. 2006).

Die gelbe Farbe des Eigelbs ist hauptsächlich auf die Carotinoide Lutein und Zeaxanthin zurückzuführen. Beide Substanzen vermindern das Risiko an der altersbedingten Makula-Degeneration und Grauen Star zu erkranken. Die Resorptionsrate ist aus Eigelb dreimal so hoch wie aus pflanzlichen Quellen. Besonders bei Eiern für die Verwendung in Teigwaren erfolgt eine Anreicherung der Farbstoffe durch gezielte Auswahl des Futters.

In den Livetinen des Eigelbs sind Immunglobuline enthalten, die in Japan Süßwaren zugesetzt werden, um die Aktivität der Kariesverursachenden Mikroorganismen zu vermindern. Durch Chromatographie isolierte Livetine werden eingesetzt deren Kosten sich für eine breite Anwendung als zu hoch erwiesen, so dass auch weniger aufgereinigte, nicht so teure Isolate von Interesse sind.

Die Lipoproteine des Plasmas des Eigelbs werden als Zusatz zur serumfreien Kultivierung von Tierzellen benutzt (STADELMAN und COTTERILL, 1995).

Sialinsäure (N-Acetylneuraminsäure) wird aus Hagelschnüren (Chalaza) und der Dottermembran gewonnen und als Reagenz für biochemische Untersuchungen oder als Ausgangssubstanz zur Synthese von Derivaten mit pharmazeutischer Wirkung eingesetzt. In Japan werden aus Eigelb Oligosaccharide isoliert, die Sialinsäure enthalten. Diese Oligosaccharide bieten einen Schutz vor Viren, Bakterien und sollen Toxine neutralisieren. Das hohe bioaktive Potential zeigt sich auch darin, dass in Muttermilch am Anfang sehr hohe Gehalte dieser Substanzgruppe vorkommen.

8.6 Eischalen

Eischalen verursachen der Eiproduktenindustrie in der Regel nur Kosten. Zwar verarbeitet die Zementindustrie Eischalen für die Zementproduktion als Calciumquelle, aber dies ist bei weitem nur ein geringer Absatzmarkt. In einem Eiproduktenwerk fallen im Durchschnitt pro Tag 5 Tonnen Eischalen und 3 Tonnen Höcker (Pappe zur Verpackung der Eier) an. GODTHAAB (2008) stellte ein Konzept vor, gebrannten Kalk aus Eierschalen zu erzeugen, wobei die Energiekosten weitgehend von den Höckern gedeckt sind. Der so hergestellte Kalk hat eine hohe Reinheit und könnte als Handelschemikalie verkauft werden. Ein weiterer Ansatz der patentiert ist (WO 98/41326, PCT/US98/05315) geht von der Isolation der Eierschalenmembranproteine aus. Mit diesem Verfahren wird Collagen Typ I und das ungewöhnliche Collagen Typ 10 gewonnen. Besonders im pharmazeutischen Bereich wird für dieses Collagen ein hoher Preis von 1.000 US-Dollar pro g erzielt. Dieses an sich interessante Verfahren hat bisher keine große Anwendung gefunden. Ein Problem dürfte sein, dass dieser Preis bei kommerzieller Isolierung nicht zu erzielen ist.

Literatur

- Ahmed, J., H.S. Ramaswamy, I. Alli, M. Ngadi (2003): Effect of high pressure on rheological characteristics of liquid egg. *Lebensm.-Wiss.u. Technol.* 36, 517 - 524
- Anton, M., F. Nau, Y. Nys (2006): Bioactive egg components and their potential uses. *World's Poultry Science Journal*, 62 429 - 438
- Franke, K., M. Kießling (2002): Influence of spray drying conditions on functionality of dried whole egg. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 82, 1837 - 1841
- Froning, G.W. (1992): Egg cholesterol removal by supercritical fluid extraction technology. Presentation Abstracts Poster Abstracts. Intern. Symposium on Non-Conventional Egg Uses and Newly Emerging Processing Technologies, Banff Springs Hotel, Banff, Alberta Canada, 19. April
- Godthaab, N. (2008): Abwasser-/Abfallverwertung und Energieeffizienz in der Eiproduktenindustrie. Vortrag DLG Fachtagung 14.-15. April, Leinfelden-Echterdingen
- Hammershøj, M., J.A. Nording, H.C. Rasmussen, J.H. Carstens, H. Pedersen (2006): Dry-pasteurization of egg albumen powder in a fluidized bed. I. Effect on microbiology, physical and chemical parameters. *International Journal of Food Science and Technology*, 41, 249 - 261.
- Hammershøj, M., H.C. Rasmussen, J.H. Carstens, H. Pedersen (2006): Dry-pasteurization of egg albumen powder in a fluidized bed. II. Effect on functional properties: gelation and foaming. *International Journal of Food Science and Technology*, 41, 263 - 274.
- Hammershøj, M., L.V. Peters, H.J. Andersen (2004): The significance of critical processing steps in the production of dried egg albumen powder on gel textural and foaming properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84, 1039 - 1048.
- Jaekel, T., K. Dautel, W. Ternes (2008): Preserving functional properties of hen's egg yolk during freeze-drying. *Journal of Food Engineering* 87 (4), 522 - 526
- Jaekel, T., W. Ternes (2008): Changes in rheological behaviour and functional properties of hens egg yolk induced by processing and fermentation with phospholipases. *International Journal of Food Science and Technology*, in press
- Lange, R. (2007): Egg Lecithins. Symposium "Egg Nutrition for Health promotion", 18.-21.4.2004 Alberta (Canada)
- Lechevalier, V., R. Jeantet, A. Arhaliass, J. Legrand, N. Françoise (2007): Egg white drying: Influence of industrial processing steps on protein structure and functionalities. *Journal of Food Engineering*, 83, 404 - 413.
- Ros, J. (1994): Ei und Eiprodukte, Kap. 14: Technologie der industriellen Verarbeitung von Eiern zu Eiprodukten, Verlag Paul Parey
- Stadelman, W.J., O.J. Cotterill (1995): Egg science and technology. Fourth Edition, Food products press
- Staggs, C.G., W.M. Sealey, B.J. McCabe, A.M. Teague, D.M. Mock (2004): Determination of the biotin content of select foods using accurate and sensitive HPLC/avidin binding. *Journal of Composition and Analysis* 17, 767 - 776
- Ternes, W., L. Acker, S. Scholtyssek (1994): Ei und Eiprodukte, Verlag Paul Parey
- Windhorst, H.W. (2003): Perspektiven für die Veredelungswirtschaft. *Nutztierpraxis aktuell* (4)
- Windhorst, H.W. (2005): Development of organic egg production and marketing in the EU. *World's Poultry Science Journal* 61 (3) 451 - 462
- Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle (ZMP) Marktübersicht (2007) Eiprodukte; Februar 2007, Bonn

Das geförderte Forschungsvorhaben (AiF-FV 14259 N) zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (via AiF) über den Forschungsbereich der Ernährungsindustrie e. V. (FEI) erbrachte über das Lebensmittel Eigelb einige Ergebnisse die in diesem Beitrag eingeflossen sind.