

CHEMIE-INGENIEUR-TECHNIK

Zeitschrift für technische Chemie, Verfahrenstechnik und Apparatewesen

34. Jahrgang 1962

Nr. 7

Seite 475-478

Verlag Chemie GmbH · Weinheim/Bergstr.

Verfahrenstechnische Fortschritte in der Lebensmitteltechnik

Bericht über das 1. Europäische Symposium „Lebensmitteltechnik“
am 26. und 27. Oktober 1961 in Frankfurt a.M.

Von Professor Dr.-Ing. J. KUPRIANOFF

Institut für Technologie der Lebensmittelverarbeitung der Technischen Hochschule Karlsruhe

Auf dem von der Europäischen Föderation für Chemie-Ingenieur-Wesen veranstalteten Symposium „Lebensmitteltechnik“ wurde von Fachleuten aus 16 Ländern aus den verschiedensten Gebieten der Lebensmitteltechnik über Neuentwicklungen und erzielte Fortschritte berichtet. Hierbei wurden neben allgemeinen Anwendungen der mechanischen und thermischen Verfahrenstechnik bei der Lebensmittelverarbeitung u. a. insbesondere Probleme der Zerkleinerung, der Kurzzeiterhitzung, der Vakuumbehandlung und Trocknung von Lebensmitteln sowie die Raffination von Ölen und die Automatisierung in der Lebensmittelindustrie behandelt; auf die konstruktive Gestaltung und Betriebseigenschaften zahlreicher Maschinen und Apparate wurde eingegangen, ebenso wie auf die Veränderungen der Lebensmittel durch ihre Verarbeitung.

Die Europäische Föderation für Chemie-Ingenieur-Wesen mit Sitz in Frankfurt a. M. hat sich eines wissenschaftlich-technischen Fachgebietes angenommen, das — zumindest auf internationaler Ebene — brachzuliegen schien und hat nach entsprechender Diskussion innerhalb ihrer Mitgliedsvereine beschlossen, ein Europäisches Symposium „Lebensmitteltechnik“ versuchsweise zu veranstalten. Zur Vorbereitung dieses Symposions wurde ein 6-köpfiges ad-hoc-Komitee berufen, in dem die Bundesrepublik Deutschland, England, Frankreich, Holland und die Schweiz vertreten waren. Mit der praktischen Vorbereitung und Durchführung der Veranstaltung wurden die Fachgruppe „Lebensmittelchemie und gerichtliche Chemie“ der Gesellschaft Deutscher Chemiker (Vorsitz Prof. Dr.-Ing. Dr. phil. W. Diemair, Frankfurt a. M.), die Fachgruppe „Lebensmitteltechnik“ im Verein Deutscher Ingenieure (Obmann Prof. Dr.-Ing. J. Kuprianoff, Karlsruhe) und die ДЕСHEМА, Deutsche Gesellschaft für Chemisches Apparatewesen, beauftragt. Das zweitägige 1. Europäische Symposium „Lebensmitteltechnik“ fand als 34. Veranstaltung der Europäischen Föderation für Chemie-Ingenieur-Wesen am 26. und 27. Oktober 1961 in Frankfurt a. M. unter starker Beteiligung von Vertretern von 16 Ländern statt; im Vordergrund des Interesses standen hierbei die besonderen Aspekte der Lebensmitteltechnik als Beispiel einer stoffgebundenen Verfahrenstechnik.

In 22 Berichten, darunter 4 Plenarvorträgen, wurden folgende Gebiete auf dem Lebensmittelsektor behandelt:

1. Zerkleinerung,
2. Strömungsprobleme,
3. Vakuumtechnik,
4. Trocknung,

5. Wärmebehandlungsprozesse,
6. Raffinationsprozesse,
7. Automation in der Lebensmittelindustrie (H. Schink¹⁾),
8. Ernährungsphysiologische Folgen der Lebensmittelverarbeitung (K. Lang¹⁾).

Eine umfassende Wiedergabe des Inhaltes der Berichte ist im Hinblick auf den großen Umfang der angeschnittenen Probleme nicht möglich, wohl aber auch nicht notwendig, da die Vorträge noch im Laufe dieses Jahres in vollem Wortlaut in einer ДЕСHEМА-Monographie abgedruckt werden¹⁾. Daher soll im folgenden nur eine kurze Übersicht über die in erster Linie die Verfahrens-Ingenieure allgemein interessierenden Themen gegeben werden.

Die besonderen Aspekte der Lebensmitteltechnik wurden zunächst am Beispiel der mechanischen Verfahrenstechnik in einem einleitenden Plenarvortrag von J. Kuprianoff¹⁾ herausgestellt, wobei sie zuvor als die Lehre von den technologischen Verfahren zur Behandlung, Konservierung und Verarbeitung von Lebensmitteln sowie von den technischen Mitteln zur Verwirklichung dieser Verfahren definiert wurde. Gegenüber der allgemeinen Verfahrenstechnik — deren mechanische und thermische Grundprozesse (Unit operations) ihr Fundament bilden — unterscheidet sich die Lebensmitteltechnik vor allem dadurch, daß in ihr u. a. spezielle mikrobiologische, hygienische, biochemische, ernährungsphysiologische, toxikologische und lebensmittelrechtliche Gesichtspunkte zu berücksichtigen sind. Die Lebensmitteltechnik weist alle Merkmale eines Grenzgebietes auf, das wegen seiner Sonderstellung intensive Kontakte zu den oben erwähnten Nachbargebieten pflegen muß; besonders enge Beziehung besteht u. a. auch zur Verpackungstechnik. Diese

besonderen Aspekte machen es auch erforderlich, die Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses auf eine entsprechend breite Grundlage zu stellen.

Zerkleinerung

Die Fragen der Zerkleinerung spielen im Zuge der Verarbeitung von Lebensmitteln eine wesentliche Rolle, wobei neben physikalischem Zerkleinern durch Anwendung mechanischer Kräfte auch chemisches Zerkleinern sehr interessiert. Beachtliche Fortschritte wurden auf dem Gebiete der mechanischen Zerkleinerung erzielt, wie am Beispiel der universell verwendbaren Hammermühle von W. C. Peck¹⁾ gezeigt werden konnte. Den besonderen Anforderungen der Lebensmittelindustrie, in der vorwiegend eine Weichstoffzerkleinerung (viscose Massen aus Früchten, Gemüse, Schokoladenrohmasse, gefrorene Eimasse, Pulverherstellung, Granulieren unter Wasserzusatz usw.) notwendig ist, entspricht die Hammermühle in bester Weise. Durch Verwendung von rostfreiem Stahl und sorgfältig ausgewählten sonstigen Werkstoffen wird jegliche ungünstige Beeinflussung oder Kontamination des verarbeiteten Lebensmittels vermieden. Durch konstruktive Gestaltung, Oberflächenbearbeitung und rasche Zerlegbarkeit wird eine sorgfältige Reinigungs- und Sterilisationsmöglichkeit geboten, so daß hygienische Anforderungen erfüllt werden können; zum Einhalten der gewünschten Temperatur beim Mahlen durch Kühlen oder Heizen wird ein Doppelmantel am Mühlengehäuse vorgesehen.

Die Möglichkeiten der chemischen Zerkleinerung (Frangodynamik) — die bei der Lebensmittelverarbeitung vielfach angewandt wird — wurden von F. Ruf¹⁾ an den Beispielen der Herstellung von Brühwurst und Schmelzkäse erläutert und die sich dabei abspielenden Vorgänge physikalisch-chemisch gedeutet: dabei handelt es sich um selektiven Aufschluß der Eiweißkomponente durch „zerkleinerungsaktive“ (frangodyname) Substanzen mit teilweiser Überführung in den Solzustand. Beim ersten Beispiel dienen Polyphosphate nach neueren Vorstellungen²⁾ zur Dissoziation von Actomyosin in Actin und Myosin im grobdispersierten Wurstbrät (unter Zerstörung der Myofibrillen mechanisch fein zerkleinerte Fleischmuskelfasern mit bestimmten Zusätzen), was zu einer feinen Verteilung des Muskelproteins und damit zur Bildung eines festen Eiweißgerüsts und zur guten Schnittfestigkeit des Fertigerzeugnisses nach Koagulation durch Erhitzen (Brühen) führt; bei dieser chemischen Zerkleinerung der fibrillären Muskeleiweißkörper durch Polyphosphate bleiben jedoch die bei der Herstellung von Brät mechanisch zerkleinerten Bindegewebsfasern erhalten und bedingen mit die faserige Struktur des Fertigproduktes. Die im Wurstbrät durch Polyphosphate eintretende Viscositätserniedrigung ist somit nicht auf Quellung oder Hydratation, sondern auf Dissoziation von Eiweißassoziaten, d. h. auf Zerkleinerungsvorgänge im molekularen Bereich bestimmter Eiweißkörper, also selektive Zerkleinerung, zurückzuführen. Demnach kommen für chemische Zerkleinerung neben Säuren und Basen durchaus auch Neutralsalze in Frage. Beim Käse findet die chemische Zerkleinerung der Proteine durch Auflösen eines großen Teils von ihnen durch Richtig- und Schmelzsäuren statt, wodurch der Schmelzkäse zuletzt den Zustand eines konzentrierten Sols mit stabilem und doch elastischem Gerüst annimmt; dieses Beispiel zeigt auch, daß Peptisation mit Gel-Sol-Umwandlung durch den Eiweiß-Aufschluß ermöglicht wird, wobei Polyphosphate anderen Salzen überlegen sind. Auch können Polyphosphate Suspensionen bzw. Emulsionen stabilisieren, wobei u. U. ein Dispergiereffekt auftritt. Demnach scheinen bei der Verarbeitung protein-haltiger Lebensmittel allgemein nicht Quellung und Hydratation, sondern chemische Zerkleinerung mit Überführung in den Sol-Zustand der entscheidende Faktor zu sein.

Strömungsprobleme

Beim Pasteurisieren der Milch zeigt sich eine deutliche Tendenz nach Anwendung höherer Temperaturen und kürzerer Erhitzungszeiten, wobei zugleich angestrebt wird, alle Milchteilchen möglichst gleichmäßig zu behandeln. Beim vorwiegend verwendeten Durchflußerhitzer (Platten-erhitzer) ist nach G. Wälzholz¹⁾ seine konstruktive Gestaltung im Hinblick auf die Strömungsführung und störungsfreien Betrieb von ausschlaggebender Bedeutung, da hier bei den üblichen Anlagen zur Milchförderung nur der Zentrifugendruck mit max. 4 at zur Verfügung steht; dabei werden bei einer Milchgeschwindigkeit von 1 bis 1,5 m/s Reynolds-Zahlen von 20 000 bis 50 000 erreicht. Wegen der möglichen Durchbiegung der Kanalplatten — wodurch u. a. ein Kurzschluß für den Milchstrom entsteht — werden heute zunehmend Einstromplatten verwendet, die in voller Breite durch Milch beaufschlagt werden; trotz geringerer Milchgeschwindigkeit von 0,5 m/s — und niedrigeren Druckverlusten — werden durch entsprechende Formgebung der Platte gute Turbulenz und hohe Wärmedurchgangszahlen (Mittelwerte von 2500 bis 3500 kcal/m² h °C bei Heißwasser/Milch) erzielt. Bei abwärtsgerichteter Strömung werden Luftblasen bei einer Strömungsgeschwindigkeit der Milch von über 0,25 m/s mitgenommen. Versuche in neuartigen Rohrerhitzern ergaben bei Reynolds-Zahlen von über 150 000 (Milch- und Heißwassergeschwindigkeit von über 6 m/s) Wärmedurchgangszahlen von 6000 kcal/m² h °C.

Der Einfluß der Strömung im Homogenisator auf die Eigenschaften der Emulsion wurden von V. R. Wenner und H. U. Bohren¹⁾ am Beispiel der Milch von 60 °C bei Homogenisierdrücken von 100 bis 300 at untersucht. Es zeigte sich, daß hohe Eintrittsgeschwindigkeiten notwendig sind, um eine gute Homogenisierung zu erreichen; sie lagen je nach Art der untersuchten Düsen bei 50 bis über 100 m/s. Dabei gibt es bei gegebenen Durchsatzleistungen für die Düsen-Spaltabstände kritische Werte (z. B. für 600 l/h: 0,1 bis 0,2 mm), nach deren Erreichen der Strömungswiderstand (Druck) sprunghaft ansteigt und der Homogenisierungseffekt stark zunimmt; zwischen Abnahme der Teilchengröße und Zunahme der Viscosität besteht strenge Korrelation. Der Homogenisierdruck bestimmt den Effekt und den Energiebedarf des Homogenisators.

Vakuumtechnik

Die Vakuumtechnik wird in der Lebensmittelindustrie in zunehmendem Ausmaß zum Herabsetzen des Wassergehaltes von Lebensmitteln bei niedrigen Temperaturen angewandt (J. Wiegand¹⁾); man bezweckt hierbei eine Konzentrierung — wobei wegen Arbeitermangel die Tendenz zu größeren Eindampfanlagen besteht —, Abkühlung — bis zum Gefrieren —, Entgasung, und Trocknung. Bei niedrigen Temperaturen wird das Wasser sehr schonend entzogen, so daß ein qualitativ höherwertiges Produkt entsteht; allerdings bedingen tiefe Temperaturen höheres Vakuum. Ein solches Vakuum kann durch mehrstufige Dampfstrahlsauger auf wirtschaftliche Weise erzeugt werden; so kommt man z. B. beim Eindampfen in fünfstufigen Anlagen auf einen Dampfverbrauch von 0,2 kg/kg verdampftes Wasser. Bei temperaturempfindlichen Lebensmitteln kommt es auf die Verkürzung der Erhitzungszeit und damit des Vorganges des Wasserentzuges selbst bei nicht zu hohen Temperaturen besonders an; man findet daher heute in der Lebensmittelindustrie vielfach Filmverdampfer mit hoher Wärmeübergangszahl, wie z. B. liegende Dünnschichtverdampfer mit geblasenem Film, Rotationsverdampfer, Plattenverdampfer mit fallendem und steigendem Film und Spezial-Hochkonzentratoren nach dem Fallstromprinzip, die ein Eindicken bis auf 80% Trockensubstanz ermöglichen. Manche Sonderentwicklung für die Lebensmittelindustrie hat sich später auch in der chemischen Industrie sehr gut bewährt (z. B. der Luwa-Dünnschichtverdampfer). Das Abkühlen von Flüssigkeiten durch

Teilverdampfung im Vakuum tritt momentan ein, und wird z. B. bei Milch nach rascher Erhitzung zwecks ihrer Pasteurisierung nach dem Uperisations-Verfahren angewandt; dabei tritt gleichzeitig das wünschenswerte Entlüften ein. Der Apfelsaft kann auf gleiche Weise bis auf eine Temperatur von $+2^{\circ}\text{C}$ abgekühlt und entlüftet werden, wodurch die anschließende Sättigung mit CO_2 -Gas beschleunigt wird. Bei befeuchtetem festem Gut (z. B. Gemüse) kann durch Anwendung der Dampfstrahlsauger ebenfalls eine rasche Abkühlung gewährleistet werden.

Versuche von R. Luithlen¹⁾ zum Entlüften viscoser Flüssigkeiten haben am Beispiel der Schokolade gezeigt, daß bei der Vakuumentlüftung die Aromastoffe entweichen. Das Entfernen der Luftblasen durch Rütteln erwies sich der Anwendung des Vakuums überlegen; Untersuchungen am Rütteltisch lieferten schließlich den Zusammenhang zwischen Frequenz und Amplitude des Rüttelns, die eine Wahl optimaler Werte ermöglicht.

Trocknung

Auf dem Gebiete der Zerstäubungstrocknung berichtete P. Hussmann¹⁾ über die Erfahrungen mit dem Birs-Verfahren. Dabei wird die Flüssigkeit im sog. Tropfenbildner zu verhältnismäßig großen Tropfen von einheitlicher Größe (300 bis 1000 μ Dmr.) versprüht, die dann in sehr großen Türmen von 16 bis 36 m Dmr. und bis über 70 m Höhe bei Fallzeiten von 50 bis 200 s durch aufwärts — u. U. schraubenförmig — strömende Luft von 0,1 bis 1 m/s (vorzugsweise unter 0,5 m/s) langsam bei Temperaturen von 16 bis 28°C getrocknet werden. Durch das langsame Trocknen wird Reversibilität der Wasserabgabe in hohem Maße gewährleistet und die Abgabe von Aromastoffen herabgesetzt. Das Pulver wird mechanisch oder pneumatisch herausgetragen und außerhalb des Turmes (z. B. auf einem Walzentrockner) ohne weitere Schädigung bis zum optimalen Wassergehalt nachgetrocknet. Die Luft wird bis auf maximal $\varphi = 3\%$ vortrocknet; der Dampfverbrauch beträgt 1,2 bis 1,8 kg/kg verdampftes Wasser. Fast alle Produkte haben Instantcharakter, d. h. sie lösen sich fast augenblicklich im Wasser auf. Der Raumbedarf des Trockenturmes ist allerdings verhältnismäßig hoch und liegt bei 15 $\text{m}^3 \cdot \text{h/kg}$.

Ein wirtschaftliches Verfahren zum schonenden Herstellen von Instantpulvern aus temperaturempfindlichen Flüssigkeiten und pastösen Massen bietet die Sch a u m - M a t t e n - T r o c k n u n g (Foam-mat drying), an dessen Entwicklung der Berichterstatter A. I. Morgan¹⁾ maßgebend beteiligt ist²⁾. Aus den Produkten wird in einem Mischer, u. U. unter geringfügigem Zusatz von z. B. Sojaprotein oder Methylcellulose, stabiler Schaum gebildet, auf ein laufendes perforiertes Band (Perforierung bis zu 33%) in dünner Schicht (rd. 5 mm) aufgetragen und durch Warmluft von 60 bis 100°C sehr gleichmäßig und schnell (unter 15 min) — ohne Überhitzung bei etwa 55°C — bis auf einen Wassergehalt von 1 bis 2% getrocknet. Die so gebildeten Schaum-Matten werden anschließend zerkleinert und die meisten Produkte unter Vakuum oder unter Stickstoff verpackt. Gute Trocknungsprodukte erhielt man u. a. aus Tomatenpüree, Orangenzkonzentrat, Säften von Trauben, Äpfeln, Ananas und Zitronen, Kartoffelpüree, Tee, Kaffee usw. Auch andere Produkte als Lebensmittel — die beim Trocknen Schwierigkeiten bereiten — können sehr gut nach diesen Verfahren getrocknet werden³⁾.

Weitere Fortschritte wurden auf dem Gebiete der Gefriertrocknung von Lebensmitteln erzielt, wie von U. Hackenberg¹⁾ am Beispiel einer kontinuierlichen Anlage gezeigt wurde; sie wird nach dem Baukastenprinzip aufgebaut und besteht aus einer Anzahl hintereinanderliegender Tunnelelemente, durch die das Gut — nachdem es in einem Gefriertunnel gefroren wurde — auf besonderen Schalen mit berippter Innenfläche transportiert und dabei durch Heizflächen temperiert wird. Das

Vakuum wird durch mechanische Pumpen erzeugt; die unter Vakuum stehenden Teile werden durch Schleusen-kammern, nach Wunsch unter Schutzgasatmosphäre, be- und entladen.

Wärmebehandlungsprozesse

Allgemeine Probleme der Wärme- und Stoffübertragung in der Lebensmitteltechnik wurden — durch zahlreiche Beispiele illustriert — von H. A. Leniger¹⁾ in einem umfassenden Plenarvortrag behandelt. Dabei ging er davon aus, daß die Wärmebehandlung meist zum Regeln von Reaktionsgeschwindigkeiten oder von Stoffübergängen angewandt wird, wobei u. U. auch physikalische Eigenschaften der Produkte verändert werden; da jedoch die Zusammensetzung und der Aufbau der Lebensmittel sehr komplex und heterogen und ihre Eigenschaften sehr verschieden sind, ergibt sich eine Vielzahl von spezifischen Problemen und komplizierten Umsetzungen. Daher kommt es auch, daß bei der Anwendung eines Verfahrens neben den angestrebten Reaktionen sich stets auch unerwünschte Vorgänge abspielen, deren Ausmaß allerdings der Ingenieur auf ein Minimum herabdrücken soll. U. a. wird hier auf den ungünstigen Einfluß verschiedener Verweilzeiten bei der Wärmebehandlung von flüssigen Lebensmitteln in kontinuierlich wirkenden Apparaten und die Schwierigkeiten, dieses Gebiet experimentell und theoretisch anzugehen — insbesondere bei den nicht-Newton-schen Flüssigkeiten — hingewiesen.

Auch für Verdampfungsvorgänge gilt die allgemein in der Lebensmitteltechnik bekannte und bewährte Regel, daß bei einer Erhöhung der Temperatur infolge hierdurch ermöglichter starker Verkürzung ihrer Einwirkungsdauer die Beeinträchtigung des Produktes geringer wird. Zur Verwirklichung möglichst schonender thermischer Behandlung hitzeempfindlicher Flüssigkeiten unter Anwendung dieser sog. Hochtemperatur-Kurzzeiterhitzung müssen die kontinuierlich wirkenden Verdampfer nach G. A. Dummett¹⁾ 1. kurze Verweilzeit bei sehr kleinen Füllmengen sicherstellen, 2. einen Betrieb unter Vakuum mit kleinen Temperaturdifferenzen und Druckverlusten — insbesondere bei Flüssigkeiten mit hohem Trockensubstanzgehalt — ermöglichen, 3. hohes Konzentrationsverhältnis pro Stufe ergeben und sich für viskose Produkte eignen, 4. lange Betriebszeiten ohne Reinigung erlauben sowie leichte Reinigungsmöglichkeiten aufweisen und 5. große spezifische Verdampferleistung, leichte Regelbarkeit und geringen Platzbedarf besitzen. Zwar ergeben z. B. nach dem Wärmepumpenprinzip betriebene Umlaufverdampfer, sofern sie bei Temperaturen unterhalb von 30°C betrieben werden, ein gutes Produkt, doch sind hier die Investitions- und Betriebskosten sehr hoch. Den obigen betrieblichen Anforderungen entsprechen am besten Durchlauf-Filmverdampfer mit ihren sehr hohen Wärmedurchgangszahlen. Hierzu zählt der Kestner-Verdampfer mit aufsteigendem Film (B. N. Reavel und G. A. Goodwin²⁾), der allerdings wegen der erforderlichen hohen spezifischen Wärmebelastung größere Temperaturdifferenzen zwischen dem Heizmedium und dem Gut notwendig macht, und der sich für viskose Flüssigkeiten schlecht eignet. Diese Nachteile werden bei den Fallstrom-Verdampfern (Wiegand, van der Ploeg) z. T. vermieden; dennoch treten hier Schwierigkeiten beim Bestreben einer gleichmäßigen Verteilung der Flüssigkeit auf viele Rohre — insbesondere bei hochkonzentrierten Flüssigkeiten — auf, so daß lange Fallrohre verwendet werden müssen. Eine Verbesserung in dieser Beziehung bringen die Einrohr-Fallstromverdampfer mit rotierenden Abstreif- bzw. Verteilerleisten (z. B. Luwa, Kontro), bei welchen Konzentrationsverhältnisse bis zu 10 : 1 erreicht werden; in hygienischer Beziehung sind sie jedoch schwieriger zu reinigen, haben u. U. große Bauhöhe und erfordern höhere Temperaturdifferenzen. Derartige Verdampfer werden in der Lebens-

mittelindustrie gerne für sehr viscose Flüssigkeiten verwendet. Ähnlich ist der Centri-Therm-Verdampfer der Fa. Alfa-Laval, über den jedoch keine Erfahrungsberichte vorliegen. Als Neuentwicklung wird der Platten-Verdampfer angeführt (vgl. ⁶⁾), bei dem eine Kombination des Steig- und Fallstromprinzips vorliegt, und der bis zur Verdampferleistung von 18 000 kg/h gebaut wird; als Beispiel für den erzielten Fortschritt dient eine ausgeführte zweistufige Anlage zur Konzentrierung von Orangensaft bis auf 60° Brix bei 75 und 49 °C, deren Verdampfungsleistung 6000 kg Wasser/h bei einer Verweilzeit des Saftes — je nach Betriebsbedingungen — von 30 bis 75 s beträgt, wobei die Qualität des Konzentrates nach Schnellabkühlung auf rd. 25 °C wesentlich besser ist als ein durch normales Eindampfen bei 15 bis 30 °C hergestelltes Produkt.

Auch bei der Sterilisation flüssiger Lebensmittel wird nach J. S. Gill¹⁾ die Hochtemperatur-Kurzzeiterhitzung zunehmend angewandt; beim Sterilisieren in Dosen muß zum Verbessern der Wärmeübertragung und zum Verhindern der Hitzeschädigung des Gutes die Dose rotieren, wobei sie von außen durch Heißwasser, Dampf, Luft oder neuerdings auch Gasflammen erwärmt wird. Bei säurehaltigen Produkten — wie Obstsaften — hat sich das sog. „Blitzpasteurisieren“ sehr gut bewährt, wobei man ausreichende Haltbarkeit durch rasche Erwärmung in Wärmeaustauschern (z. B. Plattenerhitzern) auf 150 °C und Heißabfüllung in Dosen nach anschließender Abkühlung auf 80 bis 88 °C erhält. Bei schwachsaurem Gut hat das Verfahren — trotz Einhaltung aseptischer Bedingungen beim Abfüllen — die erhoffte Ausbreitung nicht gefunden. Bei hermetisch geschlossener kontinuierlicher Verarbeitung kann die Hochtemperatur-Kurzzeiterhitzung angewandt werden; so kann z. B. im Kratzapparat (T. Berg¹⁾) das Sterilisieren von pastösem Eiskremmix bei 140 °C in 2 s erreicht werden, das bei 121 °C etwa 12 min erfordern würde.

Besondere Schwierigkeiten bietet eine Wärme- oder Kältebehandlung viscoser Flüssigkeiten und pastösen Gutes. Hier hat sich das Prinzip des Kratzkühlers⁷⁾ — insbesondere in seinen von T. Berg¹⁾ gezeigten neueren Konstruktionsformen — auch dann bestens bewährt, wenn das Gut dabei eine Zustandsänderung (Kristallisation, Gelatinieren, Emulgieren usw.) erfährt. Der Anwendungsbereich hat sich sehr ausgeweitet und umfaßt heute u. a. die Herstellung von Eiskrem — wobei die Masse dosiert belüftet wird —, Margarine, Backfetten, Stärke, Gelatine, sterilisierter Milch, Obstsaftkonzentraten, Schokolade, Süßwaren usw. Dabei werden durch die rotierenden Schabeleisten gute Rührwirkung und relativ hohe Wärmedurchgangszahlen erzielt, so z. B. (in kcal/m² °C h) beim Erhitzen von Toffeemassen 590, von Eiskremmix 5090; beim Abkühlen erhält man: bei Schokolade 590, bei Gelatine 1320.

Die Wärmedurchgangszahl wird u. a. beeinflusst vom Druck, unter dem das Produkt steht, von der Geschwindigkeit der Schabeleisten und der Aufenthaltsdauer des Produktes im Kratzkühler; die Lineargeschwindigkeit des Produktes entlang der Kühlerachse liegt üblicherweise bei 0,03 bis 0,1 m/s. Dabei kann die Reibungswärme — die mit zunehmender Viscosität bzw. abnehmender Temperatur zunimmt — beachtlich werden; so erreicht sie z. B. bei der Abkühlung von Margarine 25 bis 35% der abzuführenden Wärme. Dementsprechend erreicht der bei den praktisch benutzten Temperaturen und Drehzahlen auftretende Leistungsbedarf z. B. bei Margarine rd. 10, bei Fleischpaste 3,7, bei konzentrierter Gelatine 4,1 und bei synthetischem Kream 0,4 Wh/kg.

Raffinationsprozesse

Auf dem Gebiete der kontinuierlichen Raffination von Speiseölen sind in den letzten Jahren gute Fortschritte erzielt und beachtliche Erfahrungen gesammelt worden. S. G. Soureis¹⁾ berichtete über den auf Grund der Erfahrungen mit kontinuierlichen Gegenstrom-Extraktoren nach dem Prinzip der rotierenden Horizontaltrommel entwickelten Apparat zum kontinuierlichen Entschleimen, Entsäuern und Waschen von Ölen; die einzelnen Phasen werden durch Zentrifugalkräfte getrennt, wobei Beschleunigungen von 500 bis 3100 g angewandt werden. Beim Entschleimen (bei 70 bis 80 °C) und Entsäuern werden die Mischungen außerhalb des Rotors hergestellt, der lediglich eine saubere Trennung vornimmt. Beim Waschen von Ölen (mit Wasser von ca. 95 °C) wird auch das Wasser im Rotor zugeführt, wobei das Gegenstromprinzip verwirklicht ist; das gewaschene Öl enthält weniger als 0,4% H₂O und 50 bis 75 mg Seife/kg. Apparate mit einem Rotordurchmesser von 90 cm werden bis zu Leistungen von 13 t/h gebaut. Neuerdings wird durch Vormischen von Rohöl mit Lauge und anschließende Zufuhr von Wasser die Trennung in raffiniertes, gewaschenes Öl und Seifenstock in einem einzigen Rotor vorgenommen. Die Ölverluste können dabei sehr klein gehalten werden.

Auf nur 30 bis 40 s ist die Kontaktzeit zwischen Öl und Lauge begrenzt, bei der kontinuierlichen Raffination nach dem De-Laval-Short-Mix-Verfahren, wodurch Neutralöl selbst bei Überschuß von Lauge nicht verseift wird und bei dem im übrigen unter Überdruck arbeitende Zentrifugal-Separatoren verwendet werden (J. Neumann¹⁾); dabei erstreckt sich der Gesamtprozeß auf Entschleimung — empfiehlt sich besonders, wenn die anfallenden Schleimstoffe (vorwiegend Phosphatide) für Lecithin-Gewinnung verwendet werden —, Entsäuerung — nach Zuführung von Natronlauge bei 70 bis 90 °C im Schnellmischer gemischt und die gebildeten Seifenpartikel (Seifenstock) anschließend im Separator ohne Bildung von Emulsion entfernt —, Re-Raffination (Farb- und Geschmacksverbesserung) — Nachbehandlung von Neutralöl mit Lauge (evtl. mit Na₂CO₃-Zusatz) bei dunklen Ölen mit anschließendem Zentrifugieren —, Wasserwaschung — mit 10% heißem Wasser im Mischer und Separator (Seifengehalte von weniger als 70 mg/kg) — und gegebenenfalls Vakuum-Trocknung bei 15 bis 30 Torr durch Versprühen in einem Turm mit dreistufigem Dampfstrahlsauger (Restwassergehalt unter 0,05%). Um bessere Haltbarkeit zu erzielen, wird das Öl zuletzt in einem Plattenwärmeaustauscher gekühlt. Derartige Anlagen lassen sich vollautomatisch, mit Alarmsystem für Störungen vorsehen, für sehr verschiedene Leistungen (bis 140 t/Tag und darüber) bauen und schnell von einer Rohölsorte auf eine andere umschalten, da ihr Inhalt klein ist (rd. 0,2% der Tageskapazität) und die Reinigung mit Heißwasser nur 15 min dauert.

Eingegangen am 3. Mai 1962 [B 1459]

Literatur

- 1) 1. Europäisches Symposium „Lebensmitteltechnik“; erscheint demnächst in den DECHEMA-Monographien Bd. 46; Verlag Chemie GmbH., Weinheim/Bergstr. 1962.
- 2) L. Kotter, Zur Wirkung kondensierter Phosphate und anderer Salze auf tierisches Eiweiß. Hannover 1960.
- 3) A. P. 2 934 441, 2 955 046, 2 955 943, 2 981 629, u. a.
- 4) A. I. Morgan, R. P. Graham, L. F. Ginnette und G. S. Williams, Food Technol. 15, 37 [1961].
- 5) B. N. Reavel u. G. A. Goodwin, Chem. and Ind. 45, 1450 1958.
- 6) G. A. Dummett, DECHEMA-Monographien Bd. 33, S. 186. Weinheim/Bergstr. 1959.
- 7) H. G. Houlton, Ind. Engng. Chem. 36, 522 [1944].