

Verschäumbarkeit von Fetten durch kaltes Anschlagen und bei Kühlkristallisation

Heinz Kaiser, Nuthetal

Kurzfassung

Fettschäume haben neben den Proteinschäumen einen festen Platz bei der Herstellung von Lebensmitteln oder bilden selbst die Produktmatrix. Grundsätzlich sind Fettschäume Gasdispersionen, die durch die Adsorption der Gasphase an den kristallinen Festfettoberflächen entstehen. Für die Verschäumbarkeit von Fetten ist daher ein Mindestanteil von Festfett erforderlich. In der plastisch-konsistenten Matrix eines rührfähigen Fettes existieren keine den wäßrigen Schäumen analoge Gasblasen, die den Kapillarkräften an den Grenzflächen unterworfen wären. Damit unterscheiden sie sich in ihrer Struktur völlig von wäßrigen- bzw. von Proteinschäumen. Das Vorhandensein von festen Kristalloberflächen bzw. von festen Fetten ist für die Schaumbildung einerseits erforderlich, andererseits muß zur Dispergierung einer Gasphase die Fließ- bzw. Rührfähigkeit des Fettes gewährleistet sein. Für die Verschäumbarkeit bei Verarbeitungstemperatur muß daher ein fettspezifisches Wirkungsverhältnis zwischen Konsistenz und Festfettanteil gegeben sein. Darüber hinaus hat die Kristallmodifikation für die Luftaufnahme eine spezifische Bedeutung.

Bei einer "kalten" Verschäumung bei Raumtemperatur, z.B. mittels Planetenrührwerk, zeigen Fette unter diesen Gesichtspunkten sehr unterschiedliche Verschäumungsleistungen bzw. Aufschläge. Auch unterschiedliche Aufschlagtemperaturen und die zwangsläufige Erwärmung während des Aufschlagens haben Einfluß auf den Verlauf der Verschäumungskurven. Das Konsistenzverhalten in Abhängigkeit von der Temperatur und vom Festfettgehalt ist für die Verschäumung der wesentlichste Zusammenhang. Hierzu werden Ergebnisse für eine ganze Reihe von Fetten vorgestellt. Es ist nun nahe liegend zu untersuchen, wie eine Verschäumung verflüssigter Fette bei gleichzeitiger Kühlkristallisation bei Einsatz des statischen Verschäumungsverfahrens möglich ist. Bedingt durch die Geometrie des Dispergier- und Verschäumungsrohres besitzt die statische Verschäumung relativ große Kühlflächen, die bei der erforderlichen Temperaturdifferenz eine Abkühlung der Schmelze, verbunden mit einer Kristallisation als Voraussetzung für die Luftaufnahme, gewährleisten können. Der gleichzeitige Luft- oder Gaseintrag sowie die Dispergierung beider Phasen führen zu einer Schaumbildung bzw. einem Aufschlag des Fettes. Voraussetzung ist die Aufrechterhaltung der Fließfähigkeit des Fettes bis zum Austritt aus der Anlage. Diese Zusammenhänge wurden im Rahmen eines InnoWatt/EuroNorm-Projektes (Reg.-Nr.: 150/04) untersucht.

Es wurde überwiegend mit wasserfreien Reinfetten gearbeitet. Die Vorlauftemperatur der bei 60°C aufgeschmolzenen Fette betrug in der Anlage 40°C. Die Temperierung der Pumpe war in den Temperierkreislauf des Vorratsbehälters mit einbezogen. Das doppelwandig ausgeführte Dispergier- und Verschäumungsrohr wurde im Gleichstrom mit Wasser im Temperaturbereich zwischen 25°C und 5°C gekühlt. Die Verschäumungsversuche wurden i.d.R. ausgehend von 25°C Anfangskühltemperatur in Schritten von 5°C abnehmend bis zur jeweiligen Verarbeitungsgrenze (Fließfähigkeit) des Fettes durchgeführt. Verfahrensbedingt mußte die Fließfähigkeit des Fettes am Rohrauslauf bis zu einem Maximaldruck von 30 bar noch gewährleistet sein.

Als charakteristischer Unterschied der Fettschäume gegenüber den Proteinschäumen stellte sich heraus, daß die erzielbare Dichte des Fettschaumes nicht wesentlich durch das Volumenverhältnis der Flüssigphase (flüssiges Fett) und der Luft beeinflusst werden konnte. Die aufgenommene Luftmenge war temperaturabhängig und damit abhängig von der vorhandenen Fettkristalloberfläche. Je nach Fettart konnten Dichten des Fettschaumes, ausgehend von der Anfangsdichte der Fettschmelze im Bereich von 0,95 g/cm³, bis in den Bereich von 0,40 ... 0,35 g/cm³ erzielt werden. Mit der Abkühlung des Fettes verändern sich seine Fließigenschaften. In der Folge steigt der Systemdruck an, was jedoch kaum Auswirkung auf die Schaumdichte hat. Die

kältebedingte Erstarrung des Fettes und der Verlust der Fließfähigkeit des Fettschaumes stellt die kritische Grenztemperatur für dieses Verschäumungsverfahren dar. Mit einem erhöhten Druck kann der Anlagenbetrieb bei Rückgang der Fließfähigkeit des Fettes bis zum Grenzwert der Anlagenauslegung gewährleistet werden, es darf jedoch kein Verschluss des Rohres eintreten.

Die installierte Kühlleistung der Verschäumungsanlage ermöglichte es, mit der Kühlkreislauftemperatur im Ist stets den gewählten Soll-Temperaturen zu entsprechen. Die Einstellzeiten bis zum stationären Betriebszustand betragen an der Versuchsanlage unter 10 min. Die tatsächliche Fettaustrittstemperatur war wiederum abhängig von der Fettvorlauftemperatur sowie von der gewählten Kühlkreislauftemperatur. Die Höhe dieser Temperaturdifferenz bestimmte in Verbindung mit dem Durchsatz die Wärmemenge, die abgeführt werden konnte. Zusätzlich zu dieser Wärmemenge, resultierend aus der Wärmekapazität der Schmelze, muß auch die negative Kristallisationswärme abgeführt werden, da sonst keine Kühlkristallisation möglich ist. Schmelzen bzw. Erstarren sind prinzipiell isotherme Prozesse, die von der stoffspezifischen Schmelzwärme abhängen. Fettkristalle haben aber wegen ihres breiten Fettsäurespektrums unterschiedlicher Kettenlänge und Sättigungsgrad im Unterschied zu Wassereis einen breiten Schmelz- bzw. Erstarrungsbereich. Aus diesen Zusammenhängen resultieren die Ergebnisse, daß zur angelegten Kühlkreislauftemperatur (Ist-Temperatur Kühlkreislauf entsprach stets der Soll-Temperatur) fettabhängig eine Temperaturdifferenz bestehen blieb bzw. bleiben mußte, um bei isothermen Prozessen trotzdem einen Wärmetransport zu ermöglichen. Welche Kühlfläche dafür notwendig ist, hängt von der Dynamik der Fettkristallisation ab. Im Interesse der Fließfähigkeit müssen daher Kühlfläche und Temperaturdifferenz so gering wie möglich gehalten werden.

Der weitere Verlauf der Fettkristallisation wurde als z.T. erhebliche Verfestigung des Fettes nach der Verschäumung als Anstieg der Eindringkraft mit dem Textureanalyser gemessen. Dieses Nachkristallisieren hält mit abnehmender Geschwindigkeit je nach Fettart über 2 Stunden nach der Verschäumung an. Längere Stehzeiten, verbunden mit einer Temperaturangleichung an die Umgebungstemperatur, erweichen das Fett wieder. Bei gleicher Meßtemperatur haben die höher verschäumten Fette mit niedrigerer Dichte folgerichtig auch die geringere Festigkeit.

Mit diesen Arbeiten konnte festgestellt werden, daß jedes Fett unter spezifischen Temperaturbedingungen aus der Schmelze heraus verschäumt werden kann. Mit den vorverschäumten Fetten ergeben sich veränderte Verarbeitungsbedingungen der Fette als Rohstoff sowie weitere Applikationsmöglichkeiten. Neben Luft kann auch Stickstoff als Inertgas verwendet werden. Im Unterschied zum Rotor/Stator-System wird dabei nur begrenzt mechanische Energie eingetragen und es kann zu keiner Erwärmung kommen, die kontraproduktiv zur Abfuhr der Wärme im System steht. Die thermische Grenze dieses Verfahrens ist durch den Erstarrungspunkt der jeweiligen Fette vorgegeben. Das so verschäumte Fett unterliegt dann einer weiteren Nachkristallisation, die mit einer weiteren Verfestigung verbunden ist.

Die während des Vortrages gezeigte Präsentation ist [hier](#) einzusehen.

Anschrift der Verfasser:

Dr. Heinz Kaiser
Institut für Getreideverarbeitung GmbH
Arthur-Scheunert-Allee 40
14558 Nuthetal