



ANWENDUNGSTECHNISCHE
INFORMATION



**Floating –
Eine Herausforderung an die
Früchteverarbeiter?**

FLOATING – EINE HERAUSFORDERUNG AN DIE FRÜCHTEVERARBEITER?

Einführung

Der Einsatz von Pektin als Gelier- und Verdickungsmittel bei der Herstellung von Fruchtaufstrichen und Fruchtzubereitungen für die industrielle Weiterverarbeitung (z.B. Joghurtfruchtzubereitungen) hat eine lange Tradition.

Bei der industriellen Herstellung von Fruchtzubereitungen mit ganzen Früchten oder Fruchtstücken sind neben einer ansprechenden Textur und einem natürlich fruchttypischen Geschmack die gute Fruchterhaltung sowie eine optimale Fruchtverteilung im Gebinde sowohl bei Glasware als auch in Containern entscheidende Qualitätskriterien (Abb. 1).

Um Floating, d.h. das unerwünschte Aufsteigen der Früchte zu verhindern, können die Rezepturparameter so gestaltet werden, dass der Gelierprozess bereits bei der vorgegebenen Abfülltemperatur einsetzt und so die Früchte in der entstehenden Gelstruktur eingebunden werden. Dieses kann allerdings zur so genannten Vorgeeierung führen, was oftmals negative Auswirkungen auf die Textur und das Synäreseverhalten der Endprodukte hat.

Ziel der Untersuchungen war es, eine Methode zur Bestimmung des Floatingverhaltens von Fruchtzubereitungen zu entwickeln. Gleichzeitig sollte der Einfluss der zur Floatingverhinderung eingesetzten Maßnahmen auf die Textur der Endprodukte untersucht werden.

Neben der sensorisch visuellen Bestimmung des Floatingverhaltens und der Textur sind vor allem die Bestimmung der rheologischen Parameter Fließgrenze, Viskosität und Bruchfestigkeit von großer Bedeutung.

Es soll gezeigt werden, dass die Fruchtzubereitungen bei einer vorgegebenen Abfülltemperatur nicht nur eine definierte Viskosität, sondern auch eine bestimmte Fließgrenze benötigen, um das Aufsteigen der Früchte zu vermeiden. Weiterhin wurden spezielle Pektine untersucht, die einerseits in der Lage sind, Floating zu verhindern und andererseits Produkte mit ansprechender Textur ergeben.

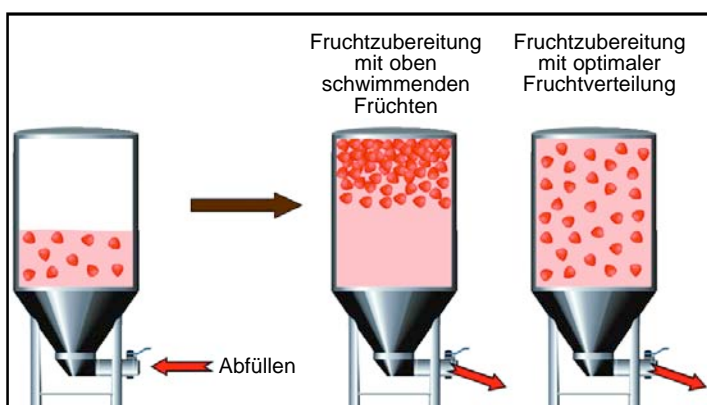


Abb. 1: Fruchtzubereitungen

Hierbei sind Textur und Geliereigenschaften der Fruchtzubereitungen im Wesentlichen von Rezepturparametern wie löslicher Trockensubstanzgehalt, Zuckerart, Zugabe von Puffersalzen, pH-Wert des Produkts sowie eingesetzter Pektintype und Abfülltemperatur abhängig.

Floating unter physikalischen Gesichtspunkten

Abbildung 2 beschreibt die drei Kräfte, die in einer gegebenen Fruchtzubereitung (bestehend aus Fluid und Partikeln) auf die Fruchtstücke wirken: die Auftriebskraft F_B , die Reibungskraft F_D und die Gewichtskraft F_W . Sowohl die Auftriebskraft F_B als auch die Reibungskraft F_D sind nach oben gerichtet. Die Auftriebskraft lässt die Fruchtstücke (Partikel) aufsteigen und die Reibungskraft wirkt der Erdanziehungskraft entgegen. Die Gewichtskraft F_W ist die einzige Kraft, die nach unten gerichtet ist und resultiert aus der Schwerkraft (Shearer, Hudson, 2008).

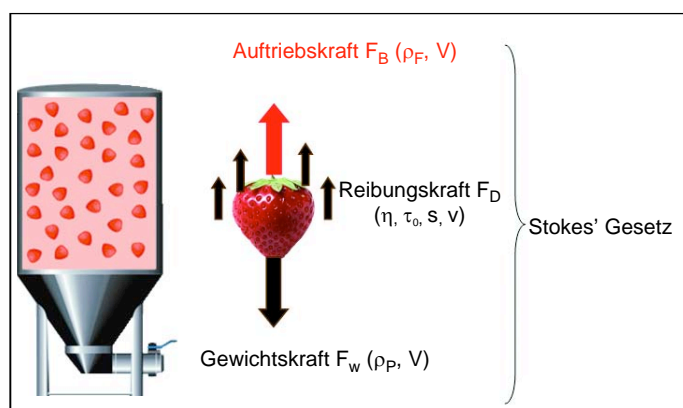


Abb. 2: Kräfte, die in einer Fruchtzubereitung auf die Fruchtstücke einwirken

Eine gleichmäßige Fruchtverteilung resultiert, wenn sich die Fruchtstücke im umgebenden Medium (Fluid) nicht bewegen können, also wenn sich die beschriebenen Kräfte ausgleichen:

$$F_W - F_B = F_D \quad [1]$$

F_W = Gewichtskraft [N]

F_B = Auftriebskraft [N]

F_D = Reibungskraft [N]

Ausgehend von kugelförmigen Partikeln und dass F_D den Fließwiderstand dieser Partikel im unbestimmten Raum beschreibt, kann $F_W - F_B$

wie folgt ersetzt werden:

$$F_W - F_B = \Delta m \cdot g = V_p \cdot \Delta \varphi \cdot g = V_p \cdot (\varphi_p - \varphi_f) \cdot g \quad [2]$$

Δm = Masse Partikel – Masse Fluid [kg]

g = Fallbeschleunigung [m/s²]

V_p = Partikelvolumen [m³]

$\Delta \varphi$ = Dichte Partikel – Dichte Fluid [kg/m³]

φ_p = Dichte Partikel [kg/m³]

φ_f = Dichte Fluid [kg/m³]

Weiterhin kann die Reibungskraft nach dem Gesetz von Stokes durch $F_D = 3 \cdot \pi \cdot d_p \cdot \eta \cdot v$ ersetzt werden. Hier steht d_p für den mittleren Partikeldurchmesser, η für die Viskosität des Fluids und v für die Partikelgeschwindigkeit.

$$F_D = 3 \cdot \pi \cdot d_p \cdot \eta \cdot v \quad [3]$$

d_p = mittlerer Partikeldurchmesser [m]

η = Viskosität des Fluids [Pas]

v = Partikelgeschwindigkeit [m/s]

Das Volumen der Partikel (ausgehend von kugelförmigen Partikeln) beträgt:

$$V_p = \frac{1}{6} \cdot \pi \cdot d_p^3 \quad [4]$$

Durch Umstellen der Faktoren in obiger Gleichung erhält man folgenden Zusammenhang für die Partikelgeschwindigkeit:

$$v = \frac{d_p^2 \cdot (\varphi_p - \varphi_f) \cdot g}{18\eta} \quad [5]$$

Ist die Dichte der Partikel größer als die des Fluids ($\varphi_p > \varphi_f$), ist deren Geschwindigkeit abwärts gerichtet, die Partikel sinken. Wenn im umgekehrten Fall die Dichte der Partikel geringer ist als die des Fluids ($\varphi_p < \varphi_f$), ist die Geschwindigkeit der Partikel nach oben gerichtet, das heißt,

dass die Partikel aufsteigen, sie floaten. Nur bei gleich großer Dichte ($\rho_p = \rho_f$), wird die Partikelgeschwindigkeit null und die Partikel bleiben in der Schwebelage.

Entsprechend dem Stoke'schen Gesetz [5] sind die Hersteller von Fruchtzubereitungen folglich

bestrebt, durch den Einsatz gezielter Maßnahmen eine möglichst geringe Partikelgeschwindigkeit zu erhalten. Um das Aufsteigen von Fruchtstücken zu verhindern, gibt es verschiedene Ansätze, die in Tab. 1 mit ihren Vorteilen sowie möglichen Nachteilen zusammengestellt sind:

| Maßnahme | Vorteile/Folge | mögliche Nachteile |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| starke Erhöhung der Heißviskosität | Anstieg von η | zerstört die Fruchtstücke |
| Absenken der Abfülltemperatur | Anstieg von η | Vorgelierung, mikrobiologische Probleme |
| Anpassung der Dichte der Fruchtstücke an die Dichte des Fluids, z.B. durch Verlängerung der Kochzeit | Reduktion von $\Delta \rho$ | abweichender Geschmack durch verlängerte Kochzeit, lange Produktionszeit |
| Verkleinerung der Fruchtstücke | Verringerung der Auftriebskraft F_B | Fruchtstücke zu klein |
| stärkeres Rühren | gleichmäßige Verteilung der Fruchtstücke | Zerstörung der Fruchtstücke |

Tabelle 1: Maßnahmen zur Verhinderung von Floating

Betrachtet man Gleichung [5] nochmals unter dem Gesichtspunkt der Viskosität, sieht man, dass die Geschwindigkeit der Partikel auch in dem Fall gegen Null geht, wenn die Viskosität gegen unendlich geht. Dieser besondere Fall tritt auf, wenn die Fruchtzubereitung eine Fließgrenze τ_0 besitzt. Die zur Verhinderung von Floating notwendige Fließgrenze wird als kritische Fließgrenze $\tau_{0,krit}$ bezeichnet.

Tab. 2 verdeutlicht, dass die erforderliche kritische Fließgrenze in der Praxis je nach Rezep-

tur unterschiedliche Werte aufweisen muss, um das Aufsteigen der ganzen Früchte oder Fruchtstücke sicher zu verhindern. Erst wenn bei der Herstellung der Fruchtzubereitung die kritische Fließgrenze $\tau_{0,krit}$ erreicht ist, bleiben die Fruchtstücke in Schwebelage. Die Höhe der notwendigen kritischen Fließgrenze hängt bei gegebener Abfülltemperatur sowohl von der Form der Fruchtstücke als auch vom Trockensubstanzgehalt der Fruchtzubereitung ab.



| | | Tendenz zu Floating bei Abfüllung | | |
|----------|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Frucht | Fruchtstücke | < 40 °Bx | 40 °Bx | > 40 °Bx |
| Himbeere | zerkleinert |  geringer | gering |  höher |
| Pfirsich | 6 mm Würfel | | mittel | |
| Kirsche | ganze Frucht | | mittel | |
| Erdbeere | 16 mm Würfel | | hoch | |
| | 10 mm Würfel | | hoch | |
| | ganze Frucht | sehr hoch | | |

Tabelle 2: Tendenz zu Floating für verschiedene Fruchtzubereitungen

Um bei den beschriebenen Untersuchungen in den jeweiligen Fruchtzubereitungen eine Fließgrenze zu erzeugen, wurde die Calciumdosierung in der jeweiligen Rezeptur variiert. Durch die rheologische Bestimmung der Fließgrenze und gleichzeitig visuelle Beobachtung des Floa-

tingverhaltens konnte dann die erforderliche kritische Fließgrenze $\tau_{0,krit.}$ bei vorgegebener Abfülltemperatur ermittelt werden. Für die Untersuchungen wurden je nach Trockensubstanzgehalt der Rezeptur Pektine mit geeigneter Calciumreaktivität eingesetzt.

Reaktivität niederveresterter, amidierter Pektine

| Pektin | | Calciumreaktivität | Geliergeschwindigkeit | typischer Veresterungsgrad | typischer Amidierungsgrad |
|-------------|-------------|--------------------|-----------------------|----------------------------|---------------------------|
| Apfel | Citrus | | | | |
| Amid AF 005 | Amid CF 005 | gering | langsam | 35 % | 15 % |
| Amid AF 010 | Amid CF 010 | mittel | mittel | 32 % | 18 % |
| Amid AF 020 | Amid CF 020 | hoch | schnell | 30 % | 20 % |

Tabelle 3: Reaktivität niederveresterter, amidierter Pektine

In Fruchtzubereitungen werden vor allem niederveresterte, amidierete Pektine eingesetzt. Niederveresterte, amidierete Pektine gelieren mit Calciumionen gemäß dem „egg-box model“. Je nach Trockensubstanzgehalt sind verschiedene Calciumreaktivitäten erforderlich.

Um das passende Pektin für die verschiedenen Trockensubstanzbereiche zu bestimmen, muss beachtet werden, dass niederveresterte, amidierete Pektine unterschiedliche Reaktivitäten aufweisen. Die Reaktivität ergibt sich aus unterschiedlichen Veresterungs- und Amidierungsgraden.

Basierend auf vorangegangenen Tests wurde das Pektin mit der für den jeweiligen Trockensubstanzbereich geeigneten Reaktivität ausgewählt. Die am besten geeigneten Pektine sind diejenigen, die aufgrund ihrer Reaktivität relativ unabhängig von der Calciumdosierung über einen weiten Bereich gleichmäßig fest gelierte Gele ausbilden können.

Abbildung 3 zeigt, dass für einen geringen Trockensubstanzgehalt von z.B. 20 % und einem pH-Wert von ca. 3,2 das niederveresterte, amidierete Pektin Amid AF 020 mit hoher Calciumreaktivität am besten geeignet ist.

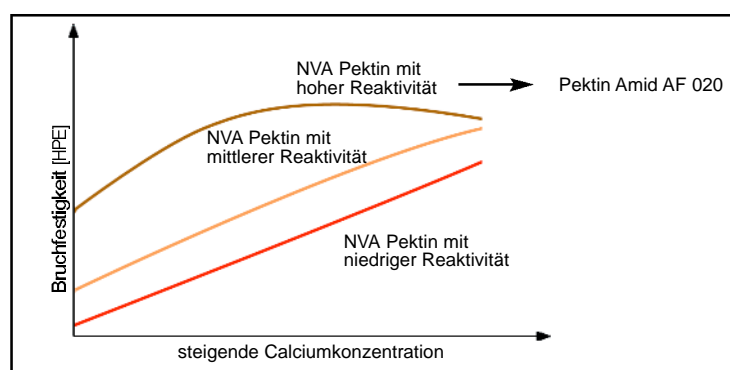


Abb. 3: Reaktivität niederveresterter, amidierter Pektine (20 % TS, pH 3,2)

Wie man in Abbildung 4 sieht, ist das niederveresterte, amidierete Pektin Amid AF 010 mit mittlerer Calciumreaktivität für tiefe Trockensub-

stanzbereiche von z.B. 40 % und einem pH-Wert von ca. 3,2 am besten geeignet.

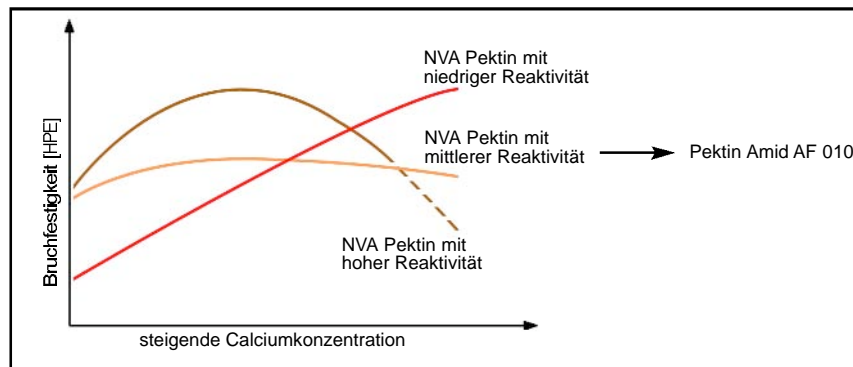


Abb. 4: Reaktivität niederveresteter, amidierter Pektine (40 % TS, pH 3,2)

Für hohe Trockensubstanzbereiche von z.B. 60 % und bei einem pH-Wert von ca. 3,2 eignet sich

das niederveresterte, amidierete Pektin Amid AF 005 mit geringer Calciumreaktivität (Abb. 5).

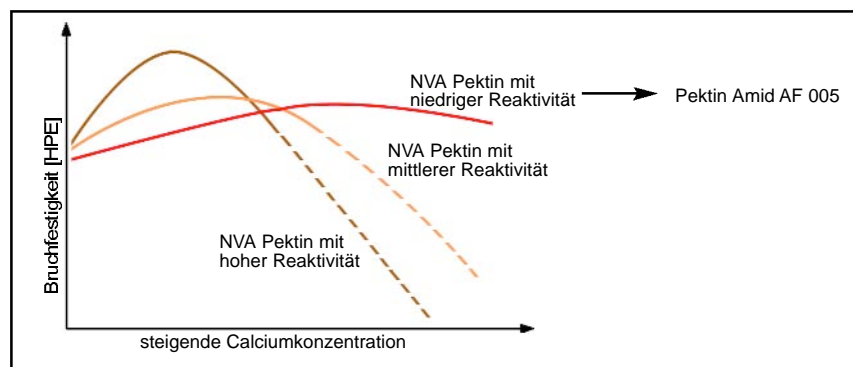


Abb. 5: Reaktivität niederveresteter, amidierter Pektine (60 % TS, pH 3,2)

Methoden zur Bestimmung der kritischen Fließgrenze und der Viskosität

Die kritische Fließgrenze und die Viskosität wurden bei 70 °C in Kirschruchzubereitungen mit unterschiedlichem Trockensubstanzgehalt in Abhängigkeit von der Calciumdosierung bestimmt. Vor Bestimmung der Fließgrenze und der Viskosität mittels Rheometer wurde die Fruchtzubereitung durch ein Sieb gestrichen, um mögliche, durch Fasern und Fruchtstücke verursachte Messfehler, auszuschließen. Die Fließgrenze, bei der die Früchte bei visueller Beobachtung erst-

mals nicht aufsteigen, wird als kritische Fließgrenze definiert.

Die Messung der Fließgrenze und Viskosität wurde bei der vorgegebenen Abfülltemperatur von 70 °C an einem schubspannungsgesteuerten Rheometer (Physica MCR 301) durchgeführt. Zur Bestimmung der Fließgrenze wurde die Schubspannung logarithmisch über die Zeit gesenkt. Die Auswertung kann z.B. mittels der Tangentenmethode im log gamma / log tau Diagramm erfolgen.

| | |
|---------------|---------------------------------------------------|
| Messsystem: | Z3 DIN |
| Schubspannung | 0,05 Pa – 50 Pa Rampe logarithmisch abwärts |
| Zeit | 120 s |
| Temperatur | 70 °C |

Zur Bestimmung der Viskosität wurde die Schergeschwindigkeit über die Zeit erhöht. Die Viskosität wurde bei einer definierten Schergeschwindigkeit ausgewertet.

| | |
|----------------------|--------------------------------------------------|
| Messsystem: | Z3 DIN |
| Schergeschwindigkeit | 0 – 120 s ⁻¹ Rampe linear aufwärts |
| Zeit | 120 s |
| Temperatur | 70 °C |

Beurteilung des Floatingverhaltens

Das Floatingverhalten der Fruchtzubereitungen wurde von einem Sensorik-Team bei definierter Abfülltemperatur von 70 °C beurteilt.

Bestimmung der Geliertemperatur

Die Bestimmung der Geliertemperatur der Fruchtzubereitungen erfolgte mit dem Oszillationsrheometer Bohlin CS 10. Für die Messung wurde die gesiebte Zubereitung in das Messsystem eingefüllt und unter definierten Bedingungen gekühlt.

| | |
|------------------|--------------------------------|
| Messsystem: | PP 40 (Platte-Platte, ø 40 mm) |
| Frequenz | 1 Hz |
| Schubspannung | 0,06 Pa, Rampe linear |
| Start-Temperatur | 95 °C |
| End-Temperatur | 20 °C |
| Kühlrate | 2 °C / Min. |
| Spalt | 1 mm |

Als Geliertemperatur des Ansatzes wurde die Temperatur definiert, bei der aufgrund der einsetzenden Gelierung die elastischen Anteile stark zunehmen und somit ein starker Anstieg des Speichermoduls G' resultiert (Tangentenmethode).

Bestimmung der Bruchfestigkeit

Da es aufgrund der Fruchtstücke nicht möglich ist, die Bruchfestigkeit von Kirschfruchtzubereitungen reproduzierbar zu bestimmen, wurden für diese Tests die Kirschen durch Erdbeerpulpe ersetzt. Die Bestimmung der Bruchfestigkeit (20 °C) erfolgte mit dem Herbstreith-Pektinometer Mark IV.

In Tab. 4 sind nochmals die Rezepturparameter sowie die Methoden zusammen gestellt.

| Material | Methoden |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Herstellung von Kirschfruchtzubereitungen mit stückig erhaltenen Kirschen <ul style="list-style-type: none"> • Erhöhung der Calciumdosierung • variierender Trockensubstanzgehalt (30 – 60 %) • $T_{\text{Füll}} = 70 \text{ °C}$ | <ul style="list-style-type: none"> • sensorische Auswertung des Floatings bei $T_{\text{Füll}}$ und der Textur des Endproduktes → Sensorik-Team • rheologische Bestimmung von Fließgrenze und Viskosität bei Abfülltemperatur $T_{\text{Füll}}$ (70 °C) • rheologische Bestimmung der Geliertemperatur |
| Herstellung von Erdbeerfruchtzubereitungen mit Erdbeerpulpe <ul style="list-style-type: none"> • Erhöhung der Calciumdosierung • variierender Trockensubstanzgehalt (30 – 60 %) • $T_{\text{Füll}} = 70 \text{ °C}$ | <ul style="list-style-type: none"> • rheologische Bestimmung von Fließgrenze und Viskosität bei Abfülltemperatur $T_{\text{Füll}}$ (70 °C) • rheologische Bestimmung der Bruchfestigkeit |

Tabelle 4: Material und Methoden

Ergebnisse

Betrachtet man die Fließgrenze und die Viskosität in Abhängigkeit von der Calciumdosierung, kann für alle untersuchten Trockensubstanzbereiche (30 – 60 %) ein typischer Kurvenverlauf beobachtet werden:

In Abbildung 6 ist solch ein typischer Kurvenverlauf dargestellt. Betrachtet man die Fließgrenze in Abhängigkeit der Calciumdosierung, kann die Kurve in drei Bereiche mit unterschiedlicher Steigung eingeteilt werden. Wird in jedem Bereich eine Tangente an die Kurve angelegt, ergeben sich die Schnittpunkte A und B. Eine Fließgrenze kann gemessen werden, sobald in der Gelzubereitung elastische Anteile durch die Ausbildung eines Gelnetzwerkes vorhanden sind. Je mehr Calciumionen verfügbar sind, desto mehr Verbindungspunkte gibt es und desto höher wird folglich die gemessene Fließgrenze (Bereich 1). Ab einer bestimmten Calciumdosierung (Punkt A) setzt die Gelierung bereits bei Temperaturen oberhalb der Messtemperatur (70 °C) ein. Dies zeigt sich auch bei der Bruchfestigkeit der Erdbeerfruchtzubereitungen, die bei derselben

Temperatur (70 °C) abgefüllt wurden, denn das Maximum der Bruchfestigkeitskurve liegt im Bereich von Punkt A (siehe Abb. 8). Die maximale Bruchfestigkeit wird bei Calciumdosierungen erreicht, bei welchen die Geliertemperatur der Gelzubereitung der Abfülltemperatur entspricht. Bei höheren Calciumdosierungen ist die Geliertemperatur höher als die Abfülltemperatur, es kommt zur sogenannten Vorgelierung und die Gele werden wieder weicher. Vorgelierung heißt, dass eine Überreaktion zwischen Pektinmolekülen und den Calciumionen auftritt. Es bilden sich feine Gelpartikel, das Gelgefüge verliert seinen elastischen Charakter und die Textur wird pastös, was sich in einer geringeren Gelstärke bemerkbar macht. Unter mechanischer Belastung verliert das Gel Wasser, Synärese tritt auf.

Je mehr Calciumionen in der Rezeptur verfügbar sind, desto schneller erfolgt die Gelbildung (Abnahme der Gelierzeit). Durch diesen einsetzen den Gelierprozess steigt die Fließgrenze in Bereich 2, also zwischen den Punkten A und B, stark an.

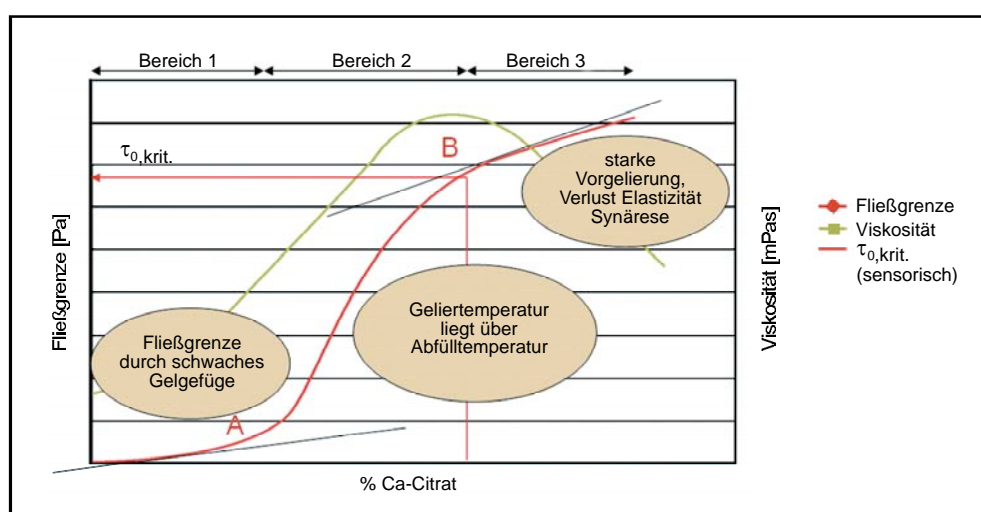


Abb. 6: Kritische Fließgrenze bei 70 °C

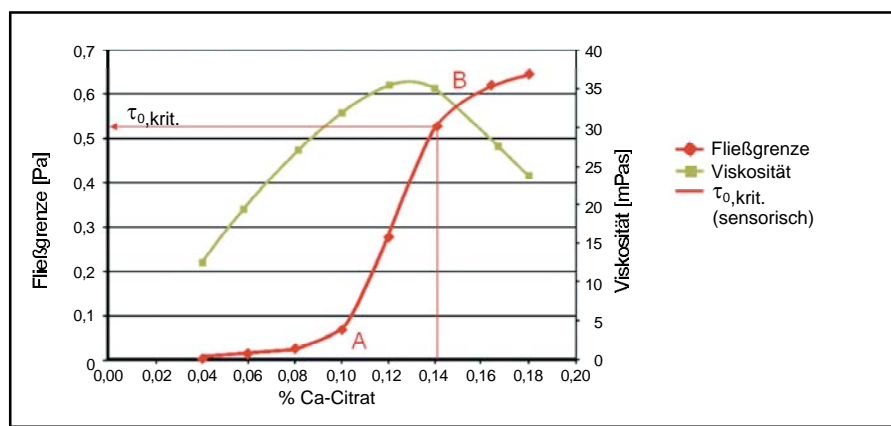


Abb. 7: Fließgrenze und Viskosität von Kirschfruchtzubereitungen (70 °C), 30 % TS, pH 3,2, Pektin Amid AF 020

Bei weiterer Erhöhung der Calciumdosierung, sind die Produkte oberhalb B so stark vorgeliert, dass bei Erreichen der Messtemperatur (70 °C) die Viskosität und die Fließgrenze durch ungebundenes Wasser wieder stark abnehmen.

Die kritische Fließgrenze (Fließgrenze bei welcher zum ersten Mal kein Floating zu beobachten war) lag in allen Versuchsreihen bei höheren Calciumdosierungen als dies in Punkt A der Fall war und häufig im Bereich der maximalen Viskosität.

Für die Praxis bedeutet dies, dass durch die Zugabe von Calciumionen die kritische Fließgrenze zwar erreicht werden kann, die Textur der Fruchtzubereitung ist dann jedoch vorgeliert und neigt zu Synärese.

In Abbildung 7 sind die Viskosität und die Fließgrenze der gesiebten Kirschfruchtzubereitungen in Abhängigkeit von der Calciumdosierung dargestellt.

Die Kurve der Fließgrenze zeigt den typischen s-förmigen Verlauf in Abhängigkeit von der Calciumdosierung, während die Viskosität der untersuchten Fruchtzubereitungen bis zu einem Maximum ansteigt und dann ab einer bestimmten Calciumkonzentration wieder fällt. Bei der sensorischen Bestimmung des Floatingverhaltens konnte eine kritische Fließgrenze von 0,53 Pa bestimmt werden. Diese liegt im Bereich des Viskositätsmaximums.

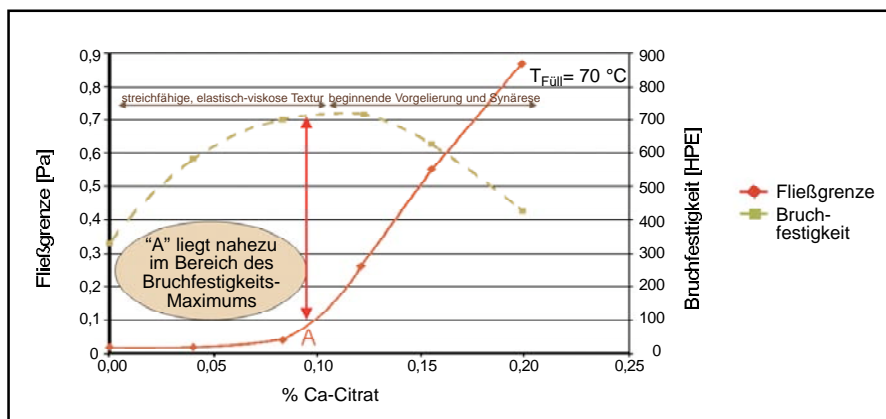


Abb. 8: Fließgrenze (70 °C) und Bruchfestigkeit (20 °C) von Erdbeerfruchtzubereitungen, 30 % TS, pH 3,2, Pektin Amid AF 020

Abbildung 8 zeigt die Bruchfestigkeit und die Fließgrenze der Fruchtzubereitungen, die mit Erdbeerpulpe in Abhängigkeit von der Calciumdosierung hergestellt wurden. Die Fließgrenze hat in Abhängigkeit von der Calciumdosierung einen vergleichbaren Kurvenverlauf wie in der Kirschzubereitung. Die Bruchfestigkeit steigt bis zu einer gewissen

Calciumdosierung an und nimmt dann wieder ab. Die Textur der Fruchtzubereitung ist zunächst streichfähig und bekommt mit steigender Calciumdosierung einen elastisch-viskosen Charakter. Bei Calciumdosierungen oberhalb des Bruchfestigkeitsmaximums werden die Produkte wieder weicher und weisen eine zunehmend vorgelierte Textur auf.

Die Abbildungen 9, 11 und 13 beschreiben die Viskosität und die Fließgrenze von Kirschfruchtzubereitungen in Abhängigkeit von der Calciumdosierung bei 40, 50 und 60 % TS. Die Fruchtzubereitungen wurden jeweils mit dem für diesen Trockensubstanzbereich geeigneten Pektin hergestellt. Alle untersuchten Trockensubstanzbereiche zeigen vergleichbare Kurvenverläufe

von Fließgrenze und Viskosität. Je höher der Trockensubstanzgehalt der Fruchtzubereitung liegt, umso höher liegt die ermittelte kritische Fließgrenze. Mit steigendem Trockensubstanzgehalt steigt die Viskosität der Fruchtzubereitung an und die kritische Fließgrenze nähert sich an Punkt A an.

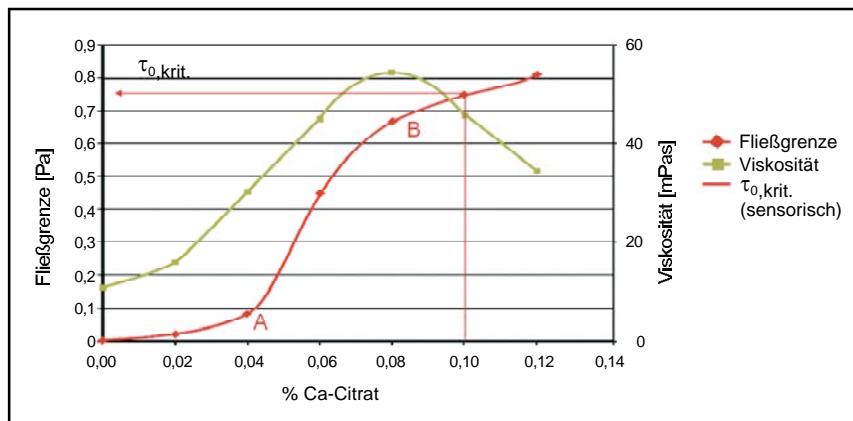


Abb. 9: Fließgrenze und Viskosität Kirschfruchtzubereitungen (70 °C), 40 % TS, pH 3,2, Pektin Amid AF 010

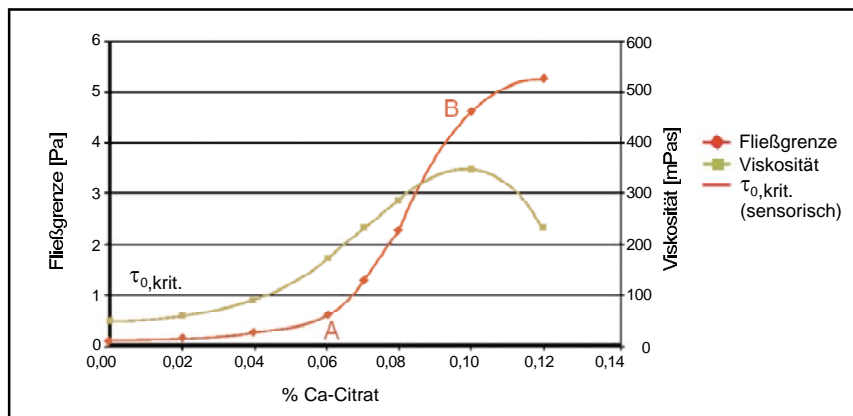


Abb. 11: Fließgrenze und Viskosität Kirschfruchtzubereitungen (70 °C), 50 % TS, pH 3,2, Pektin Amid AF 005

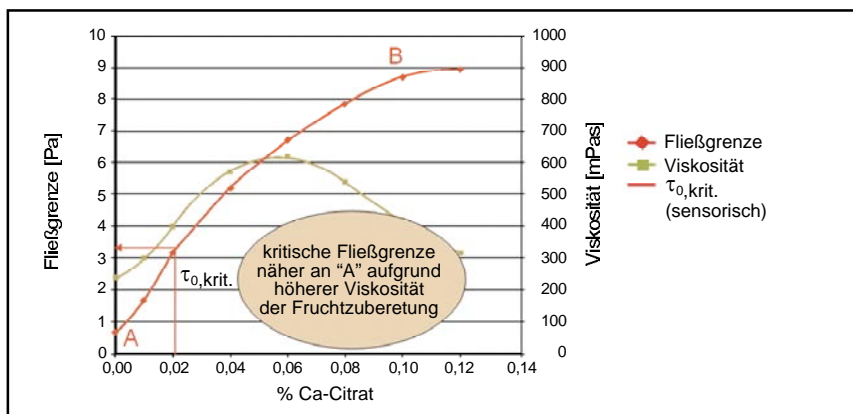


Abb. 13: Fließgrenze und Viskosität Kirschfruchtzubereitungen (70 °C), 60 % TS, pH 3,2, Pektin Amid AF 005

In den Abbildungen 10, 12 und 14 sind die Fließgrenze und die Bruchfestigkeit von Erdbeerfruchtzubereitungen in Abhängigkeit von der Calciumdosierung bei 40, 50 und 60 % TS dargestellt. Die Fruchtzubereitungen wurden jeweils mit dem für diesen Trockensubstanzbe-

reich geeigneten Pektin hergestellt. Die maximale Bruchfestigkeit aller untersuchten Fruchtzubereitungen liegt in Punkt A, bei höheren Calciumdosierungen kommt es zur Vorgelierung mit sinkender Gelstärke.

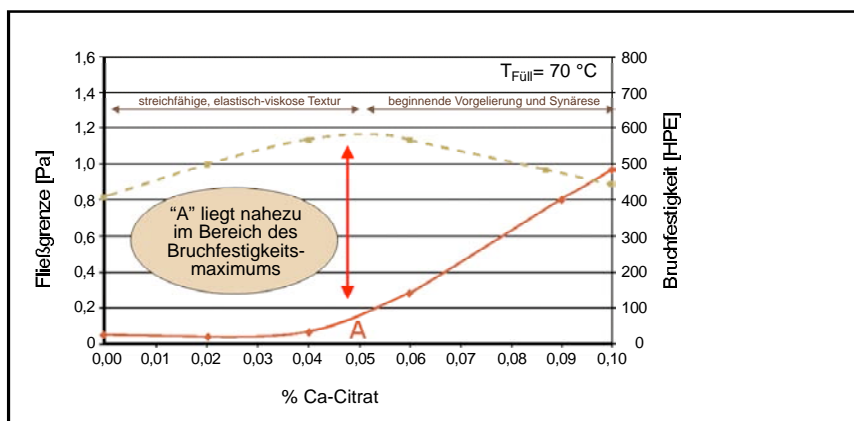


Abb. 10: Fließgrenze (70 °C) und Bruchfestigkeit (20 °C) von Erdbeerfruchtzubereitungen, 40 % TS, pH 3,2 Pektin Amid AF 010

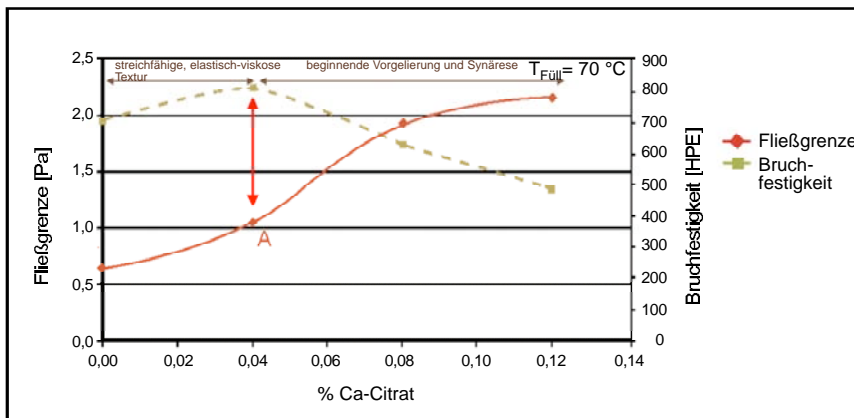


Abb. 12: Fließgrenze (70 °C) und Bruchfestigkeit (20 °C) von Erdbeerfruchtzubereitungen, 50 % TS, pH 3,2 Pektin Amid AF 005

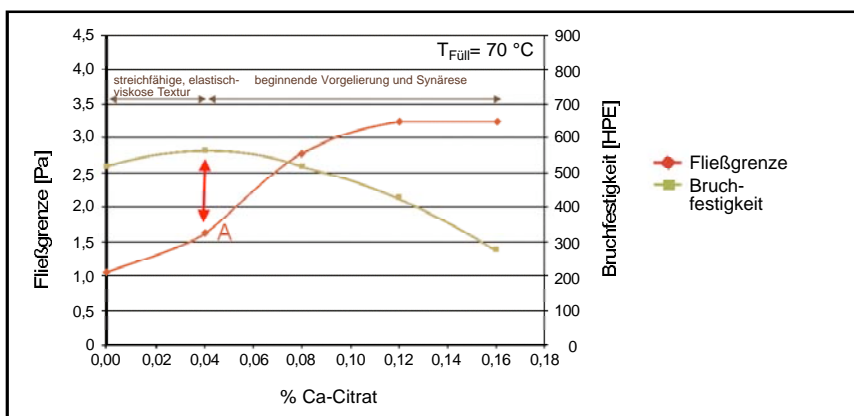


Abb. 14: Fließgrenze (70 °C) und Bruchfestigkeit (20 °C) von Erdbeerfruchtzubereitungen, 60 % TS, pH 3,2 Pektin Amid AF 005

Zusammenfassend zeigt Abbildung 15 die Fließgrenze von Kirschfruchtzubereitungen mit unterschiedlichen Trockensubstanzgehalten in Abhängigkeit von der Calciumdosierung sowie die kritische Fließgrenze, die für jeden Trockensubstanzbereich ermittelt wurde.

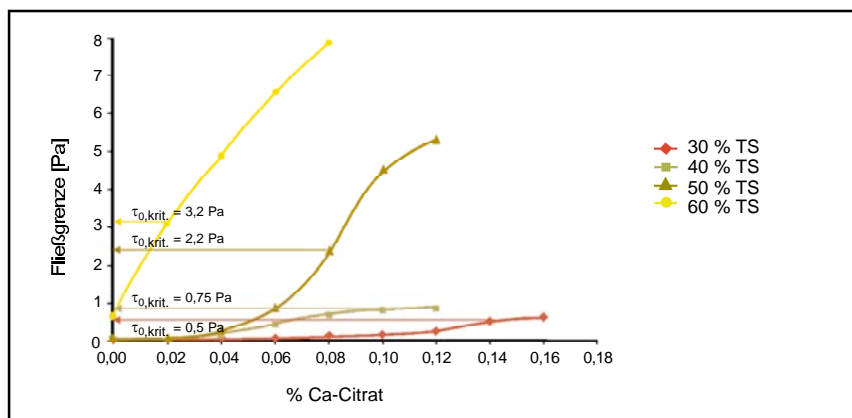


Abb. 15: Fließgrenze und Viskosität von Kirschfruchtzubereitungen (70 °C), 30 – 60 % TS, pH 3,2

In Abbildung 16 ist die kritische Fließgrenze in Abhängigkeit des Trockensubstanzgehaltes der untersuchten Kirschfruchtzubereitungen (Abfülltemperatur 70 °C) dargestellt. Je höher der Trockensubstanzgehalt der Fruchtzubereitung ist, desto höher ist die kritische Fließgrenze, die das Aufsteigen der Früchte verhindert. Dabei ist zu beachten, dass diese Werte nicht als Absolutwerte gesehen werden können, sie gelten nur für die vorliegenden Bedingungen.

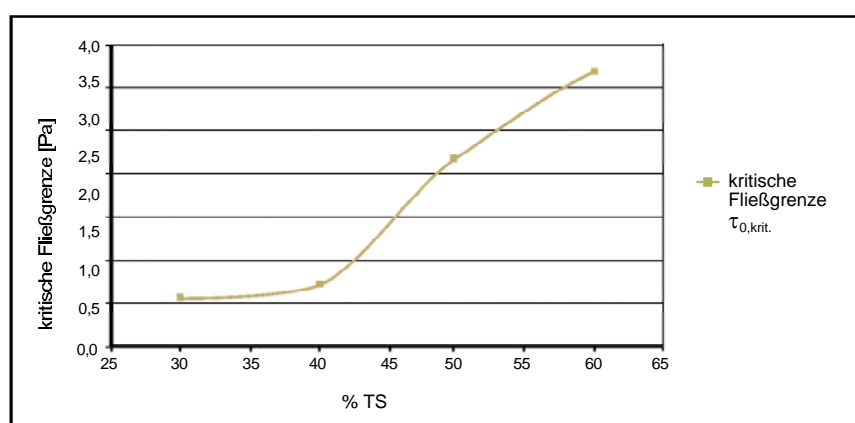


Abb. 16: Kritische Fließgrenze von Kirschfruchtzubereitungen (70 °C), 30 – 60 % TS

Spezialpektine zur Floatingverhinderung

Die Theorie zeigt, dass das Aufsteigen von ganzen Früchten oder Fruchtstücken nur durch Vorhandensein einer Fließgrenze sicher verhindert werden kann.

In den vorangehenden Versuchsreihen wurde dies durch die Modifikation der Rezepturparameter (in diesem Fall der Calciumdosierung) erreicht. Die hierbei erhaltenen Produkte erfüllen jedoch aufgrund der vorgelierten Textur nicht die Anforderungen der Hersteller von Fruchtzubereitungen.

Herbstreith & Fox hat daher zur Floatingverhinderung Spezialpektine entwickelt, die aufgrund ihres Herstellungsprozesses in der Lage sind, bereits ohne separate Calciumzugabe eine Fließgrenze aufzubauen, die oberhalb der kritischen Fließgrenze liegt.

Die Produkte zeichnen sich weiterhin durch eine streichfähige bis elastisch-viskose Textur und geringe Synäreseneigung aus.

Abbildung 17 zeigt die Fließgrenze und die Bruchfestigkeit von Erdbeerfruchtzubereitungen mit einem Trockensubstanzgehalt von 40 %, die mit den Pektinen A und B hergestellt wurden. Die kritische Fließgrenze der Fruchtzubereitung mit Pektin A (Pektin Amid AF 010) in diesem System beträgt ca. 0,75 Pa und liegt in Punkt B. Die Fruchtzubereitung, hergestellt mit dem Spezialpektin B baut bereits ohne Zugabe von Calcium eine Fließgrenze auf, die mit 1,1 Pa deutlich oberhalb der notwendigen kritischen Fließgrenze liegt. Das Maximum der Bruchfestigkeitskurve der Fruchtzubereitungen mit Pektin B wird bei einer Calciumdosierung von ca. 0,05 % erreicht. Bei Calciumdosierungen unterhalb dieses Maximums sind die Produkte elastisch-viskos und weisen eine streichfähige Textur ohne Vorgelierung auf.

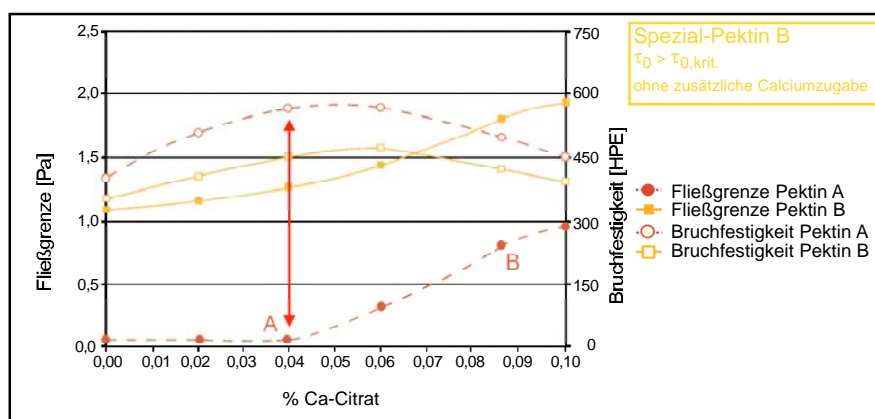


Abb. 17: Fließgrenze (70 °C) und Bruchfestigkeit (20 °C) von Erdbeerfruchtzubereitungen, 40 % TS, pH 3,2

Somit können mit den Spezialpektinen von H&F Fruchtzubereitungen hergestellt werden, bei denen das Aufsteigen der Früchte über einen weiten Trockensubstanzbereich zuverlässig ver-

hindert wird und die gleichzeitig, je nach Rezeptur, streichfähig-viskose bis elastisch-viskose Texturen ohne Vorgelierung und Synärese aufweisen.

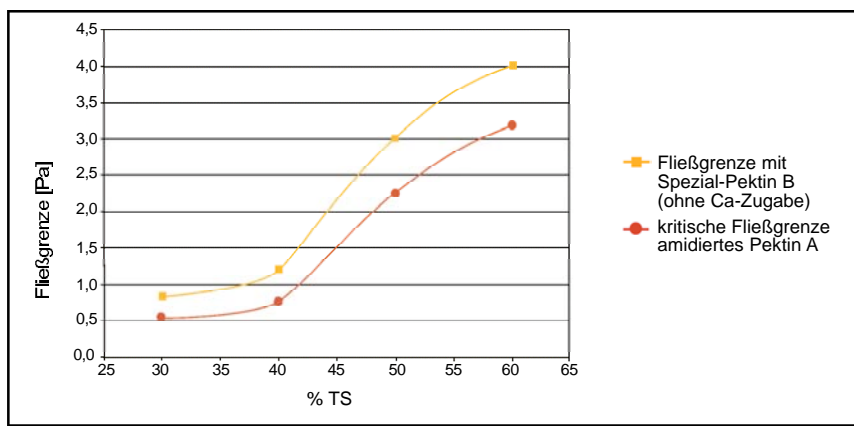


Abb. 18: Kritische Fließgrenze und Fließgrenze von Fruchtzubereitungen, hergestellt mit Spezial-Pektinen in Abhängigkeit des Trockensubstanzgehaltes (Kirschfruchtzubereitungen, pH 3,2, 70 °C)

Abbildung 18 zeigt die kritische Fließgrenze und die Fließgrenze, die mit Spezialpektinen von H&F in Abhängigkeit vom Trockensubstanzgehalt ohne separate Calciumzugabe erreicht wird. Die Werte beziehen sich auf die untersuchte Kirschfruchtzubereitung und eine Abfülltemperatur von 70 °C. Man sieht, dass die Spezialpektine von H&F immer eine höhere als die kritische Fließgrenze ausbilden und somit das Aufsteigen der Früchte zuverlässig verhindern.

Anhand der Bestimmung der elastischen und viskosen Anteile kann belegt werden, dass H&F-Spezialpektine zur Floatingverhinderung bereits bei sehr hohen Temperaturen überwiegend über elastische Anteile verfügen, obwohl der Gelierprozess noch nicht eingesetzt hat. Die Messbedingungen entsprechen der Bestimmung der Geliertemperatur einer Geleefruchtmasse am Rheometer Bohlin CS 10 (oszillierende Messung, Temperaturgradient bei konstanter Frequenz und Amplitude). Die Messkurven G' und G'' bzw. der Phasenverschiebungswinkel δ geben Information über das Verhältnis von elastischen zu

viskosen Anteilen. Überwiegen die elastischen Anteile in einer Gelzubereitung, ist eine Fließgrenze vorhanden.

Abbildung 19 zeigt, dass Spezialpektine von H&F über einen weiten Temperaturbereich und bereits bei sehr hohen Temperaturen eine Fließgrenze auszubilden können, ohne dass der Gelierprozess bereits eingesetzt hat.

Fruchtzubereitungen, hergestellt mit Pektin B, haben aufgrund ihrer Fließgrenze bereits bei hohen Temperaturen mehr elastische als viskose Anteile ($G' > G''$), der Phasenverschiebungswinkel δ beträgt $< 45^\circ$. Fruchtzubereitungen ohne Fließgrenze besitzen mehr viskose als elastische Anteile ($G'' > G'$), der Phasenverschiebungswinkel δ ist dann höher als 45° .

Die eigentliche Gelierung setzt jedoch erst bei der Temperatur ein, bei welcher die elastischen Anteile überproportional ansteigen. Nach Auswerten der G' -Kurve mittels der Tangentenmethode wurde für beide Pektine A und B eine Geliertemperatur von 65 °C bestimmt.

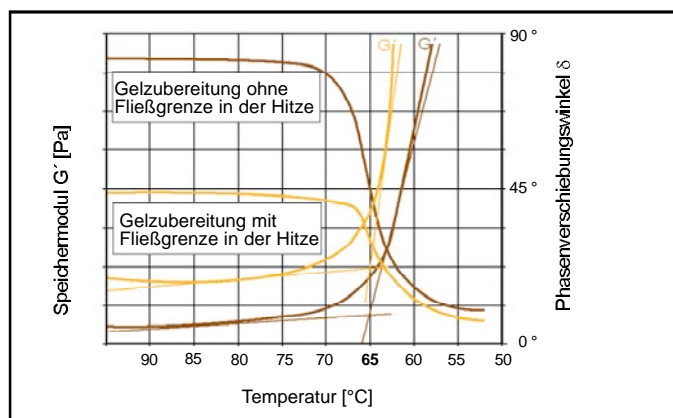


Abb. 19: Bestimmung der Geliertemperatur

Zusammenfassung

Um das Aufsteigen von ganzen Früchten oder Fruchtstücken in Fruchtzubereitungen zu verhindern, müssen diese bei Erreichen der Abfülltemperatur eine definierte Fließgrenze (kritische Fließgrenze $\tau_{0,krit.}$) aufweisen. Wird diese Fließgrenze durch Modifikation der Rezepturparameter wie z.B. Erhöhung der Calciumdosierung erreicht, werden zwar Produkte mit gleichmäßiger Fruchtverteilung erhalten, jedoch ist die Textur vorgeliert und das Produkt neigt zu Synärese.

Mit speziell entwickelten Pektinen von H&F ist es möglich, Fruchtzubereitungen herzustellen, die bereits während des Kochvorgangs und ohne separate Calciumzugabe eine ausreichend hohe Fließgrenze ausbilden.

Dadurch wird das Aufsteigen von ganzen Früchten und Fruchtstücken in Fruchtzubereitungen zuverlässig verhindert. Die Produkte zeichnen sich durch ihre ansprechende Textur aus und sind auch hervorragend für die industrielle Weiterverarbeitung geeignet.

Mehr zu den Antifloating-Pektinen von H&F erfahren Sie in der neuen Anwendungstechnischen Information "Pektine mit Antifloating-Effekt".

Literatur:

Shearer, Scott A., Hudson, Jeremy R., Fluid Mechanics: Stokes' Law and Viscosity. Measurement Laboratory. Investigation No. 3. <http://www.engr.uky.edu/~egr101/ml/ML3.pdf>

FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG
HERBSTREITH & FOX UNTERNEHMENSGRUPPE
23.12.2008