

Gezieltes Vorkristallisieren: „Ein revolutionärer Prozess“

Mit einem Verfahren zum gezielten Vorkristallisieren von Schokolade und Fettmassen, gibt Bühler-Bindler den Anwendern neue Verarbeitungsmöglichkeiten und Qualitätspotenziale an die Hand und bezeichnet das neue Verfahren als revolutionär.

Das Verfahren des Impfkristallisierens wurde in enger Forschungs Kooperation gemeinsam mit namhaften Schweizer Schokoladenherstellern an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich unter Leitung von Professor Erich Windhab entwickelt (1). Die Umsetzung der Erkenntnisse und die Bereitstellung der verfahrenstechnischen Expertise bei Bühler-Bindler ermöglichten die Realisierung im industriellen Maßstab. Jetzt stellt Bühler-Bindler der Schokoladenwelt mit dem SeedMaster eine Anlage zur Vorkristallisation nach dem neuen Vorkristallisationsverfahren zur Verfügung.

DAS KLASSISCHE TEMPERIEREN HAT TÜCKEN

Die geschmolzene Schokoladenmasse ist eine konzentrierte Suspension bestehend aus Zucker, Kakao- und Milchfeststoffen als disperse Phase, Kakaobutter, MilCHFett sowie andere pflanzliche Fette/Öle als kontinuierliche Phase. Kakaobutter ist polymorph. Sie kann in verschiedenen Kristallmodifikationen kristallisiert werden. Die Kristallmodifikationen unterscheiden sich in ihren Kristallstrukturen, ihren unterschiedlichen Schmelztemperaturbereichen und ihrer Stabilität. Ziel einer Vorkristallisation ist es, stabile Kakaobutterkristallkeime, in der Regel in der β_V/β_{VI} -Modifikation, in genügender Menge zu erzeugen.

In den herkömmlichen Vorkristallisationsverfahren (Temperierverfahren), werden verschiedene Temperaturstufen (i. d. R. drei) durchlaufen, bis die Schokoladenmasse mit einer Arbeitstemperatur von 31 °C (dunkle Schokolade) die Temperiermaschine verlässt. Bereits kleine Temperaturschwankungen wirken sich deutlich auf den Temperiergrad und damit auf die Einstellbarkeit einer gleichmäßigen Kristallisationsgüte aus. Bei einer tieferen Austrittstemperatur wird die Schokoladenmasse übertemperiert und mit höherer Temperatur untertemperiert. Die da-

mit verbundenen Viskositätsschwankungen erschweren die weitere Verarbeitung – Gießen, Formen, Endkühlen – der vorkristallisierten Schokoladenmassen.

Rezepturbedingt muss die herkömmliche Temperiermaschine für die Vorkristallisation von Milchsokolade und Füllmassen mit Haselnuss- und Mandelölanteil mit zusätzlichem Aufwand betrieben werden. Das MilCHFett, die Nussöle und andere pflanzliche Fette wirken verzögernd auf das Kristallisationsverhalten der Kakaobutter. Mit einer herkömmlichen Temperiermaschine können Füllmassen oft ungenügend vorkristallisiert werden. Dies führt zu erheblichem Qualitätsverlust der gefüllten Schokoladenprodukte durch Fettreibung während der Lagerung. Aus diesen Gründen wurde ein neues Vorkristallisationsverfahren an der ETH-Zürich in enger Zusammenarbeit mit Firmen der Schweizer Schokoladenindustrie entwickelt, bei dem die Vorkristallisation von Schokoladen bzw. schokoladenähnlichen Massen durch Impfung mit Kakaobutterkristallsuspension (KBKS) erfolgt.

DER PROZESS DER IMPFVORKRISTALLISATION

Der Prozess besteht prinzipiell aus zwei Schritten. Im ersten Schritt gilt es, die Kakaobutterkristallsuspension zu erzeugen. Im zweiten Schritt muss die vorzukristallisierende Schokoladenmasse ohne Kristallbildung abgekühlt und mit der nötigen Menge an Kakaobutterkristallsuspension vermischt werden (1, 2, 3).

Eine Impfvorkristallisationsanlage besteht damit aus einer zentralen Kristallisationseinheit zur Herstellung von Kakaobutterkristallsuspension, einer Einheit zur kristallfreien Abkühlung der zu impfenden Schokoladenmasse und einer oder mehreren Impfeinheiten zum Dosieren und Vermischen von Schokoladenmassen mit KBKS (s. Abb. 1).

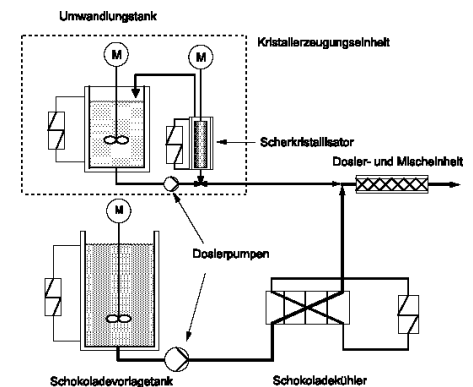


Abbildung 1: Schematische Darstellung des Impfvorkristallisationsprozesses.

HERSTELLEN DER KBKS

Die Kristallisationseinheit besteht aus einem Umwandlungstank mit Rührwerk, einer Pumpe und einem Scherkristallisator (s. Abb. 1).

Die im Tank aufgeschmolzene Kakaobutter (Anfangstemperatur: 40 - 50 °C) wird durch eine Pumpe zum Scherkristallisator gefördert und bei einer Kühlwassertemperatur von 5 - 15 °C scherkristallisiert. Die scherkristallisierte Kakaobutter wird in den Tank zurückgeführt und mit dem Rest der Kakaobutter im Tank durch Rühren vermischt. Um die Kristalle (β_V/β_{VI} -Modifikationen), die durch den Scherkristallisator gebildet werden (3, 5), im Tank nicht wieder aufzuschmelzen, wird der Tank zunächst für ca. 100 Minuten bei einer Kühlwassertemperatur von 24 - 28 °C gekühlt. Durch diese Kühlung können zusätzliche Kristalle im Tank gebildet werden. Gleichzeitig findet eine Kristallumwandlung von β_V -Modifikation zur β_{VI} -Modifikation statt.

Nach ca. 100 Minuten hat die KBKS im Tank einen Kristallgehalt von ca. 16 % erreicht. Die Wassertemperatur des Tanks wird auf ca. 32 °C erhöht und der Scherkristallisator abgestellt und auf ca. 50 °C erwärmt. Die KBKS wird dann in die Ringleitung (temperiert bei

ca. 32 °C) gefördert und zirkuliert zwischen der Ringleitung und dem Tank. Während einer Zirkulationsdauer von ca. 30 min. erfolgt die weitergehende Umwandlung zu β_{VI} und es stellt sich ein thermodynamisches Gleichgewicht der KBKS ein. Die KBKS bleibt danach in Bezug auf ihre Kristallmodifikation (β_{VI}), Kristallgehalt (ca. 12%) und Fließeigenschaften konstant. Sie ist damit für die Impfvorkristallisation von Schokolade bereit.

Abbildung 2 zeigt die DSC-Schmelzkurve einer im thermodynamischen Gleichgewicht befindlichen β_{VI} -KBKS (Probe 2). Als Vergleich wird eine DSC-Schmelzkurve einer β_V -Kristallsuspension (Probe 1) dargestellt.

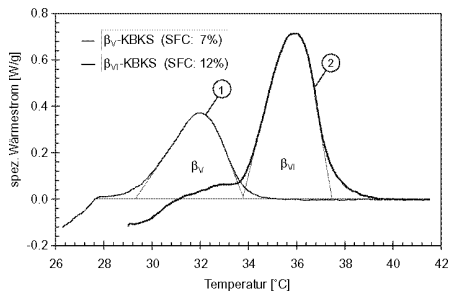


Abbildung 2: DSC-Schmelzkurven einer β_{VI} -KBKS bzw. einer β_V -KBKS (Heizrate 4 °C/min, DSC Gold Plus, RheometricScientific).

Die Probe 1 wurde zu Prozessbeginn am Ausgang des Scherkristallisators genommen. Die Probe 2 wurde zwei Stunden nach Prozessbeginn aus dem Umwandlungstank genommen. Infolge thermischer und mechanischer Behandlung werden mit der Zeit mehr und stabilere β_{VI} -Kristalle erzeugt. Der Schmelzbereich der β_{VI} -Keimkristalle liegt dabei zwischen 33,6 und 37,5 °C. Bei gleichbleibenden Prozessbedingungen bleiben die Charakteristiken der β_{VI} -KBKS über Tage konstant. Somit ist eine konstante Produktqualität gewährleistet.

DIE IMPFVORKRISTALLISATION

Bei der Impfvorkristallisation wird die Schokoladenmasse zunächst abgekühlt. Zur kristallfreien Abkühlung der Schokolade werden statische oder dynamische Wärmetauscher eingesetzt, die ein effizientes Abkühlen bei erhöhten Wassertemperaturen erlauben. Die so vorgekühlte Schokolade wird dann in der Dosier- und Mischeinheit mit der Kakaobutterkristallsuspension versetzt. Die Vermischung erfolgt dabei in einem statischen Mischer, der ein schonendes und effizientes Mischen garantiert (s. Abb. 1 und Fotos 1, 2).

Durch die zentrale Bereitstellung der Kristallsuspension können mehrere Dosier- und Mischeinheiten über eine Ringleitung mit KBKS versorgt werden. Eine gleichzeitige und individuelle Vorkristallisation mehrerer, unterschiedlicher Schokoladenmassen (z. B. Hül-

se, Füllung 1, Füllung 2, Deckel) ist damit möglich.



Foto 1: Kristallisationseinheit SeedMaster cryst zur Herstellung der Kakaobutterkristallsuspension.

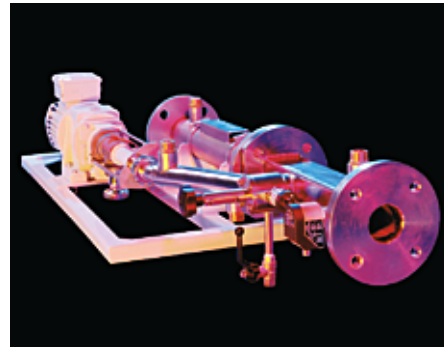


Foto 2: Dosier- und Mischeinheit SeedMaster mix zur kontinuierlichen Animpfung der Schokoladenmasse mit KBKS.

EINFLUSSGRÖSSEN: IMPFKONZENTRATION UND IMPFTEMPERATUR

Eine Dunkelschokoladenmasse wurde bei verschiedenen Impftemperaturen (31 - 34 °C) mit β_{VI} -KBKS impfvorkristallisiert. Der Temperiergrad der impfvorkristallisierten Masse wurde mittels Tempermeter analysiert. Bei einer gleichbleibenden Impfkonzentration (1,0 %) bleibt der Temperiergrad bei Impftemperaturen zwischen 31 und 34 °C praktisch konstant (s. Abb. 3), d. h., der Temperiergrad der mit β_{VI} -KBKS impfvorkristallisierten Dunkelschokoladenmasse ist gegen Temperaturschwankung zwischen 31 und 34 °C stabil (4).

Im Falle des herkömmlichen Vorkristallisationsverfahrens ist der Temperiergrad stark von der Massenaustrittstemperatur an der Temperiermaschine abhängig. Bei Temperaturen >32 °C können keine hinreichend wirksamen Kristallkeime gebildet werden.

Ein wesentlich innovativer Punkt ist, dass durch Impfvorkristallisation mit β_{VI} -KBKS die Verarbeitungstemperatur der Schokoladenmassen gegenüber konventionell temperierten Massen um 3 - 4 °C erhöht ist. Höhere Verarbeitungstemperaturen ermöglichen tiefere Verarbeitungsviskositäten. Die Masse

wird somit niedrigviskoser und lässt sich leichter verarbeiten. Die Produktqualität bleibt in einem erweiterten Temperaturbereich konstant.

Infolge des viskositätsabsenkenden Effektes ergibt sich damit einerseits das Potenzial Kakaobutter einzusparen, andererseits ermöglicht dieser Effekt die verbesserte Verarbeitbarkeit hochviskoser Massen.

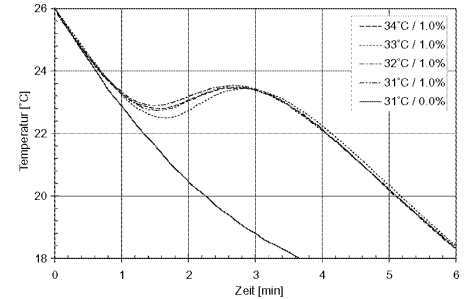


Abbildung 3: Temperaturkurven von impfvorkristallisierter Dunkelschokolade. Impfkonzentration von KBKS konstant (34 °C), Impftemperatur variiert (Messtemperatur 8 °C, Tempermeter Exotherm 7000, Systech Analytics).

Die Kakaobutterkristalle in β_{VI} -Modifikation besitzen dieselbe Kristallgitterstruktur (triklines Kristallgitter), wie die Kristalle in β_V -Modifikation. Obwohl die Schokoladenmasse mit β_{VI} -Kristallkeimen vorkristallisiert wurde, kristallisiert sie während der Endkühlung in β_V -Modifikation aus. Die mit β_{VI} -KBKS impfvorkristallisierte Schokolade zeigt nach der Endkühlung ein identisches Schmelzverhalten, wie die in herkömmlichen Temperiermaschinen vorkristallisierte Schokolade. Dies zeigen entsprechende, vergleichende DSC-Messungen (s. Abb. 4). Lediglich ein kleiner Schmelzpeak im DSC-Schmelztemperaturbereich von 34,5 bis 37 °C beweist das Vorhandensein der angeimpften β_{VI} -Keimkristalle.

Das DSC-Messergebnis stimmt mit der Tatsache überein, dass die impfvorkristallisierte Schokolade gleiche sensorische Wahrnehmung ergibt, wie die konventionell temperierte Schokolade. Ein wachsiges Mundgefühl, wie es von Schokolade mit hohen Gehalten an β_{VI} -Kakaobutterkristallen (durch lange Lagerzeit) bekannt ist, ist bei impfvorkristallisierter Schokolade ausgeschlossen.

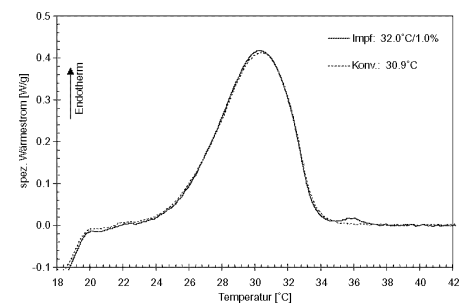


Abbildung 4: DSC-Schmelzkurve der unterschiedlich vorkristallisierten Dunkelschokolade nach der Endkühlung.

PRODUKTQUALITÄT UND LAGERSTABILITÄT

Die mit β_{VI} -KBKS impfvorkristallisierten Schokoladeprodukten zeigen nach der Endkühlung einen deutlich besseren Glanz und festere Struktur. Insbesondere gilt dies für die gefüllten Schokoladeprodukte, deren Füllmasse fremde pflanzliche Fette/Öle enthalten.

Vergleichend zeigen impfvorkristallisierte, gefüllte Produkte eine höhere Festigkeit nach dem Abkühlen und weisen damit eine dichtere und kompaktere Struktur auf.

Abbildung 5 zeigt das Ergebnis von Penetrationskraftmessungen. Hierzu wurden in industriellen Versuchen gefüllte Produkte (Haselnuss- und Mandelöle sowie Kakaobutter) sowohl konventionell temperiert als auch impfvorkristallisiert. Unmittelbar nach Verlassen des Kühltunnels wurde die Festigkeit gemessen. Wie zu erkennen ist, zeigt die impfvorkristallisierte Probe einen deutlich erhöhten Penetrationswiderstand im Vergleich zur konventionell temperierten Probe. Die erhöhte Festigkeit, lässt auf ein dichteres und damit kompakteres Gefüge der impfvorkristallisierten Probe zurückschließen.

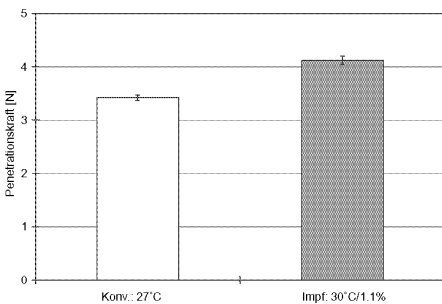


Abbildung 5: Festigkeit (Penetrationskraft bei Eindringtiefe von 3 mm) der Füllmasse nach der Endkühlung im Kühltunnel.

Die Migration der flüssigen Fette/Öle wird durch das kompaktere Gefüge des impfvorkristallisierten Produkts erschwert.

Impfvorkristallisierte Produkte zeigen daher deutlich bessere Fettreifbeständigkeit als konventionell temperierte.

Die Fotos 3a und 3b zeigen ein gefülltes Schokoladeprodukt, dessen Füllmasse neben Kakaobutter auch Haselnuss- und Mandelöle enthält. Nach einer Lagerdauer von sieben Monaten zeigt das mit β_{VI} -KBKS impfvorkristallisierte Produkt eine einwandfreie Qualität (s. Foto 3a), dagegen erscheint auf der Oberfläche der konventionell temperierten Schokoladen (s. Foto 3b) starke Fettreifbildung.

Foto 4 zeigt einen gefüllten Schokoladen-Artikel. Die Füllmasse enthält außer Nussöl noch laurinsäurehaltiges CBR. Eine bessere Fettreifbeständigkeit dieses Produkts konnte ebenfalls durch Impfvorkristallisation erzielt werden. Die Produkte stammen von verschiedenen Herstellern, die beide bereits heute das Impfvorkristallisationsverfahren im Einsatz haben.



Foto 3a: Impfkristallisiertes Produkt mit nusshaltiger Füllung nach 6-monatiger Lagerdauer bei 18 - 20 °C.



Foto 3b: Konventionell hergestelltes Produkt mit nusshaltiger Füllung nach 6-monatiger Lagerdauer bei 18 - 20 °C.

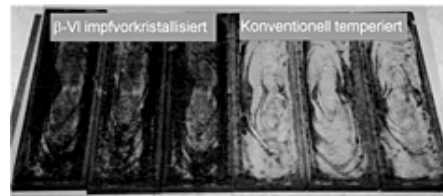


Foto 4: Gefülltes Schokoladeprodukt nach einer Lagerdauer von 5 Monaten (links: mit β_{VI} -KBKS impfvorkristallisiert; rechts: konventionell temperiert). Fotos (5): Werk

Abbildung 6 zeigt die Entwicklung von Fettreif für ein gefülltes Produkt. Die Füllung besteht dabei aus Haselnuss-, Mandelmasse und Kakaobutter. Die Produkte stammen aus der normalen industriellen Produktion eines Schweizer Schokoladenherstellers. Es handelt sich dabei um mehrere Produktionschargen, die sowohl konventionell temperiert als auch impfvorkristallisiert wurden.

Die Produkte wurden beim Produzenten bei 18 - 20 °C gelagert und nach verschiedenen Zeiten visuell hinsichtlich Fettreif bewertet.

Es ist zu erkennen, dass die herkömmlich temperierten Proben deutlich früher Fettreif ausbilden als die impfvorkristallisierten Proben. Eine deutliche Erhöhung der Fettreifstabilität konnte mit der Impfvorkristallisation erreicht werden.

Basierend auf den industriellen Ergebnissen kann die Schlussfolgerung gezogen werden,

dass mit dem neuen Vorkristallisationsverfahren die Fettreifstabilität signifikant verbessert werden kann und den Schokoladenproduzenten ein Verfahren an die Hand gegeben wird, welches neue Möglichkeiten in der Produkt- und Prozessentwicklung offeriert.

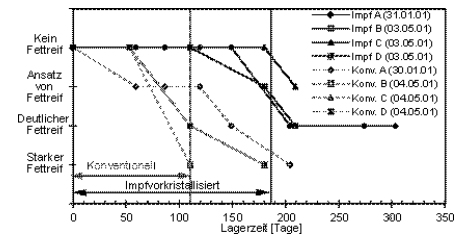


Abbildung 6: Vergleich von acht industriell hergestellten Produktchargen. Produkte mit nusshaltiger Füllung, gelagert bei 18 - 20 °C. Die Veränderung wurde visuell bewertet. Abbildungen (6): Werk

ZUSAMMENFASSUNG

Bei dem neuen Impfvorkristallisationsverfahren wird Schokoladenmasse durch Animpfen mit Kakaobutterkristallsuspension vorkristallisiert. Die Kakaobutterkristallsuspension wird in Mengenanteilen von 0,2 bis 2 % der vorgekühlten und fettkristallfreien Schokoladenmasse kontinuierlich zudosiert. Ein statischer Mischer dient dabei zur schonenden und homogenen Vermischung der beiden fließfähigen Teilströme.

Da die Schokoladenmasse direkt mit Kakaobutterkristallen der stabilen β_{VI} -Modifikation (2) angeimpft wird, liegt die mögliche Verarbeitungstemperatur 3 - 4 °C höher als bei herkömmlich temperierten Massen.

Mit dem neuen Impfvorkristallisationsverfahren wird die Schokoladenmasse mit einer großen Anzahl sehr feiner Kristallkeime angeimpft. Die so produzierten Artikel weisen nebst deutlich besserem Glanz ein dichteres Gefüge und höhere Festigkeit auf, was die Fettmigration signifikant verzögert und solchermaßen zu einer deutlich erhöhten Lagerstabilität führt.

Besondere Vorteile der Impfvorkristallisation zeigen sich für schokoladenähnliche Massen, deren kontinuierliche Fettphase neben Kakaobutter andere Fette/Öle (z. B. Haselnuss-, Mandelöl, gehärtete laurinsäurehaltige pflanzliche Fette u. ä.) enthalten. Da die Animpfung mit Kristallkeimen aus reiner Kakaobutter erfolgt, bleibt die nachteilige, kristallisationsverzögernde Wirkung dieser Fette/Öle während des Keimbildungsprozesses aus. Obwohl die Schokoladenmasse mit β_{VI} -Keimkristallen vorkristallisiert wird, kristallisiert die Kakaobutter während der Endkühlung im Kühltunnel wie die herkömmlich temperierte Masse in β_V -Modifikation aus.

Ein glattes und im Vergleich zu herkömmlich temperierten Produkten unverändertes Mundgefühl (keine Wachsigkeit) ist gewährleistet.

SUMMARY

The novel tempering technology applies the technique of precrystallizing chocolate with a pre made seed cocoa butter crystal suspension. The suspension containing cocoa butter crystals is added to the pre-cooled chocolate in quantities from 0.2 to 2 %. The cocoa butter crystal flow is thereby homogeneously mixed with the chocolate in a static mixing system. The cocoa butter crystals are present in the most stable form β -VI which offers the opportunity to precrystallize the chocolate at temperatures 3 - 4 °C higher as in conventional tempering technology. The special advantages of the novel tempering process become apparent in significantly increased fat bloom stability, accelerated solidification, ability to crystallize mixtures of vegetable fats and cocoa butter and diminishing of the inhibiting effects of milk fat. These positive effects are based on the fact that stable cocoa butter crystals are externally generated and introduced into the various fat chocolate and chocolate like systems as very fine seed crystals. Consequently a large number of nuclei are present providing the basis to form a dense, fine stranded fat crystal network. Although the seed crystals are in the β -VI state, the chocolate solidifies in the β -V state. This gives a smooth texture and avoids a waxy mouthfeel that is commonly associated with the β -VI state.

LITERATUR:

- (1) Windhab E.J., Zeng Y., Verfahren zur Herstellung von Fettschmelze basierten Impfkristallsuspensionen. Patent WO 00/72695, PCT/EP99/03734 (2000)
- (2) Windhab E.J., Zeng Y., Impfkristallisation von Schokoladen mit β_{VI} -Impfkristallen; Internationales ZDS Symposium Schoko-Technik'2000, 12-14. 12. 2000, Köln (2000)
- (3) Windhab E.J., Zeng Y., Hochscher- und Animpfkristallisation von Schokolade; Internationales ZDS Symposium Schoko-Technik'98, 7-9. 12. 1998, Köln (1998)
- (4) Zeng Y., Windhab E.J., Kontinuierliche Vorkristallisation von Schokoladen durch Animpfen mit hochstabilen β_{VI} -Kakaobutterkristallen; Chemie Ingenieur Technik 71 (9), 1008-1009 (1999)
- (5) Windhab E. J. und Niediek E. A.: Tief-temperatur-Scherkristallisation. Neue Aspekte der Temperiertechnik. Süßwaren 3/1993. 32-37.

Autoren: Dr. Peter Braun,
Dr. Yuantong Zeng, Bühler AG;
Prof. Dr.-Ing. Erich J. Windhab,
Laboratorium für Lebensmittel-
verfahrenstechnik, Institut für Lebensmittel-
wissenschaften, ETH Zürich
