

Lebensmit

Gute Keimkonservierung mit der Fließbett-trocknung

Andreas Thomet, Robert Sieber, Eidgenössische Forschungsanstalt für Milchwirtschaft, Liebefeld (FAM), CH-3003 Bern
R. Gugolz, C. Gantenbein-Demarchi, Hochschule Wädenswil (HSW), Abteilung Lebensmitteltechnologie, CH-8820 Wädenswil
Auskünfte: Andreas Thomet, e-mail: andreas.thomet@fam.admin.ch, Fax +41 (0)31 323 82 27, Tel. +41 (0)31 323 26 52

Zusammenfassung

Die Fließbett-trocknung wird schon seit längerer Zeit zur Konservierung verschiedenster Produkte eingesetzt. Erste Versuche zur Konservierung von Milchsäurebakterien haben positive Resultate ergeben. Eine kommerzielle Nutzung der Fließbett-technologie zur Erhaltung und Konfektionierung von Gärungsorganismen ist denkbar. Doch sind noch weitere eingehende Studien erforderlich.

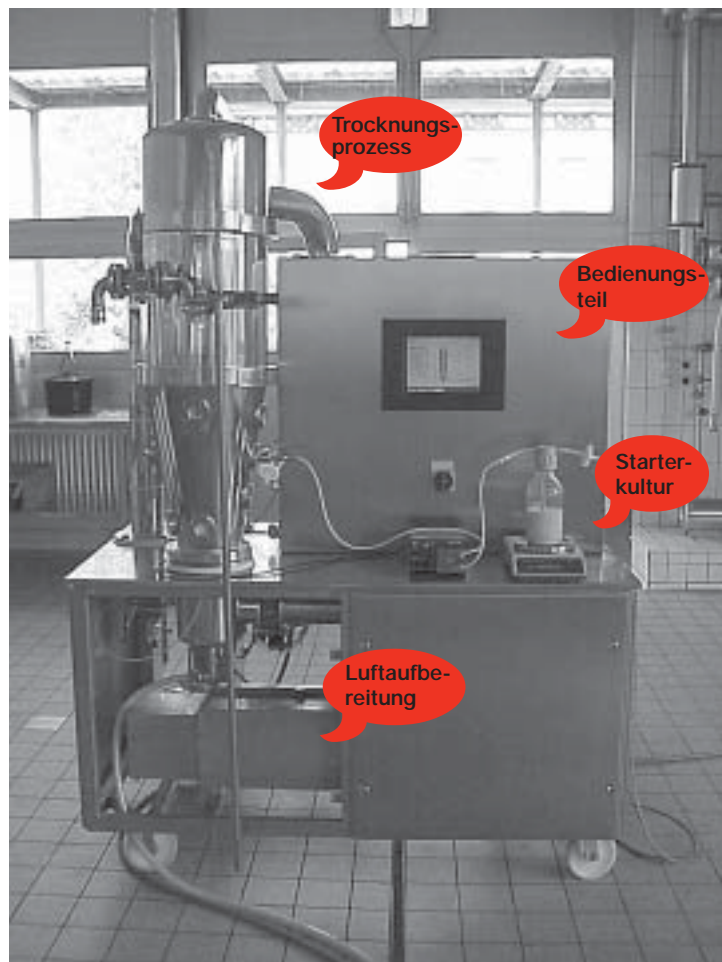
Bis zum Ende des 19. Jahrhunderts war es üblich, bei der Fermentation von Milchprodukten einen Teil des Produktes zurückzubehalten, um dieses für

die nächste Fermentation als Starterkultur einzusetzen. Auf natürliche Weise wurden so die benötigten Mikroorganismen angereichert. Diese Methode ge-

nügt jedoch nicht mehr den modernen Marktanforderungen an fermentierte Milchprodukte.

Vor rund 30 Jahren hat die Forschungsanstalt für Milchwirtschaft (FAM) angefangen, in gut fabrizierenden Käsebetrieben Fettsirtenkulturen zu isolieren. Diese so genannten Rohmischkulturen (RMK) weisen gute Eigenschaften in Bezug auf Textur und Geschmack der Rohmilchkäse auf. Die verschiedenen RMK wurden identifiziert, gefriergetrocknet und gelagert, damit sie den Käseereien auch Jahre später als Gärmaterial noch zur Verfügung stehen. Die Mischkulturen aus der FAM-Stammsammlung werden jährlich aktiviert, über zwei Passagen angezüchtet, in kleine Portionen abgefüllt und anschliessend bei minus 40°C konserviert. Aus diesen stellt die FAM wöchentlich die Versandkulturen in flüssiger Form für die Käseereien her. Der wöchentliche Vertrieb von Gärungsorganismen in flüssiger Form ist aufwändig und teuer. Auch die Einsatzmöglichkeiten von flüssigen Starterkulturen sind limitiert. Das Trocknen von Starterkulturen zu deren Konservierung bringt mehrere Vorteile: Einfachere Lager- und Transportbedingungen, geringere Versandvolumina, längere Lagerungszeiten vor dem Einsatz sind möglich, Produktion und Versand werden zeitlich entkoppelt, der Einsatz in den Käseereien wird einfacher und ist mit weniger Risiken verbunden.

Abb. 1. Frontansicht der Pilotanlage WFP-1 (Firma DMR, Kaiser-augst).



Fließbettrocknung zur Keimkonservierung

Die FAM suchte ein Verfahren zur schonenden Konservierung von Milchsäurebakterien mit dem Ziel, Starter mit hoher Aktivität und Keimdichte zu erhalten. Aspekte wie Natürlichkeit und Bioverträglichkeit sind weitere wichtige Kriterien bei diesen Forschungsarbeiten, um den vielfältigen Kundenwünschen und den Anforderungen in bezug auf Rohmilchkäse, AOC- und Biolabels gerecht zu werden. Zur Konservierung von Gärungsorganismen wurde der Einsatz einer speziellen Fließbettrocknung untersucht. Als Verfahren ist die Fließbettrocknung – oft auch Wirbelschichtrocknung genannt – schon seit längerer Zeit bekannt. Sie wird zur Konservierung verschiedenster Produkte eingesetzt. Wegen der relativ tiefen Temperaturen während dem Trocknen bietet das Verfahren Vorteile für thermisch labile Produkte und eignet sich auch für die Konservierung von Mikroorganismen. In der Literatur sind nur wenige Anwendungen zur Konservierung von Mikroorganismen mit dieser Methode beschrieben.

Die Arbeiten beziehen sich mehrheitlich auf die Konservierung von für die Lebensmittelindustrie interessanten Hefen (Simon, 1981).

Für die Versuche zur Fließbettrocknung von Kulturen stand eine Pilotanlage der Firma DMR Prozesstechnologie, Kaiseraugst, zur Verfügung (Abb. 1). Bei diesem Verfahren der Wirbelschichtrocknung wird eine Suspension – in diesem Fall die Bakterienkultur – auf ein Trägermaterial aufgesprüht und in einem vertikalen Luftstrom getrocknet (Gugolz, 2001, Mühlekamp, 2001). Als Trägermaterial wird Magermilchpulver verwendet. Beim Trocknen von thermolabilen biologischen Materialien, wie es die Mikroorganismen darstellen, beeinflussen die Trocknungsbedingungen (Zimmermann, 1987) in entscheidender Weise die Überlebensrate und Aktivität der Keime. Aus diesem Grund ist es sehr wichtig, den optimalen Temperaturbereich für schonendes Trocknen zu ermitteln. Auch das Verhältnis Sprühmenge zu Trägermaterial ist richtig einzustellen, um eine genügende Agglomeration

- jedoch ohne Verklumpung des Endproduktes - zu erhalten. Eine Agglomeration bringt den Vorteil der Instantisierungsfähigkeit des getrockneten Gutes. Technische Informationen zur Pilotanlage sowie nähere Angaben zu den Einstellparametern bei den Konservierungsarbeiten sind im Kasten ersichtlich.

Trocknen von Einzelstämmen

Konservierungsverfahren wirken auf die Milchsäurebakterien sehr stammspezifisch (Heschel, 2002). Deshalb wurde zuerst das Konservieren von Einzelstämmen studiert. Auch wollte man dadurch Erkenntnisse mit thermophilen und mesophilen Keimen sowie von Laktobazillen und Streptokokken gewinnen. Es wurde mit vier Einzelstämmen gearbeitet (Tab. 1) und insgesamt wurden 16 Versuchsvarianten im Doppel durchgeführt.

Nach erfolgreicher Optimierung des Trocknungsprozesses in Tastversuchen wurde das in Abbildung 2 aufgeführte Vorgehen für die Hauptversuche ausgewählt. Die Flüssigkultur bestand aus den angezüchteten Einzel-

Tab. 1. Untersuchte Milchsäurebakterienstämme und durchgeführte Versuchsvarianten

Spezies	Stamm (FAM Bezeichnung)	Dosiermenge (g/Batch)		Trocknungstemperatur (°C)	
<i>Streptococcus thermophilus</i>	a	400	800	32	40
<i>Lactococcus lactis</i>	17	400	800	32	40
<i>Lactobacillus lactis</i>	119.16	400	800	32	40
<i>Lactobacillus helveticus</i>	124.23	400	800	32	40

Wissenswertes zu Fließbettrocknung und Versuchsanlage

a) Prinzip der Fließbett-Sprühtrocknung

Die Fließbett-Sprühtrocknung stellt einen Sonderfall der Wirbelschichttechnologie dar. Sie vereinigt die Möglichkeit der Sprühtrocknung mit den Vorteilen der Wirbelschichtrocknung. Auf eine gewirbelte Vorlage des gleichen oder eines anderen Produktes wird eine Suspension oder eine Lösung aufgesprüht, die unter Luftstrom im Wirbelbett getrocknet wird. Für die Trocknung wird die grosse Oberfläche ausgenützt, welche die einzelnen Partikel im aufgewirbelten Zustand darstellen. Die Tröpfchengrösse der aufgesprühten Flüssigkeit hat nur eine Bedeutung für die Benetzung und auftretenden Agglomeriervorgänge der Vorlage. Somit werden an die Versprühung keine extremen Anforderungen gestellt. Für die Dosierung ist eine Schlauchquetschpumpe und für die Versprühung eine Zweistoffdüse ausreichend.

b) Fließbettrockner WFP-1

Die Pilotanlage WFP-1 der Firma DMR Prozesstechnologie, Kaiseraugst, ist ein Technikumsgerät zur Herstellung von Mustermengen im Batch-Betrieb sowie zur Erarbeitung von Rezepturen. Dabei können Mengen von 100 g bis 5 kg durch unterschiedlichste Prozesse hergestellt werden. Die Anlage besteht aus drei Hauptteilen, dem eigentlichen Prozessor, der Luftaufbereitung und dem Bedienungsteil:

- Der Prozessor besteht aus einem Zuluftteil, einem Materialbehälter mit speziellem Konidurboden abgestimmt auf das Trocknungsgut, einem Filterteil mit pneumatisch abreinigenden Filtern aus Edelstahl und der Sprüheinrichtung.
- Der Luftaufbereitungsteil beinhaltet einen Zuluftfilter, einen frequenzgesteuerten Ventilator, einen Abluftsicherheitsfilter sowie eine elektrische Heizung für die Erwärmung der angesaugten Luft.
- Der Bedienungsteil ist ausgerüstet mit einer speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS) mit Visualisierung und enthält alle elektrischen Absicherungen, Anzeigen und Regelungen der prozessrelevanten Parameter.

c) Technische Daten zur Versuchsanlage

Luftmenge	50 – 220 m ³ /h
Temperatur	20 – 100 °C
Heizleistung	9,0 kW
Ventilator	1,8 kW
Sterilisierungssystem	nachgerüstet bei FAM-Folgeversuchen
Abluft-/Zuluftsystem	Entkeimungsfilter nachgerüstet

d) Optimierte fixe Einstellparameter für die Keimkonservierung

Sprühdruck	1,0 bar
Luftvolumen	120 m ³ / h
Menge Trägermaterial	2000 g Magermilchpulver
Dosierleistung Flüssigkultur	13 g / min

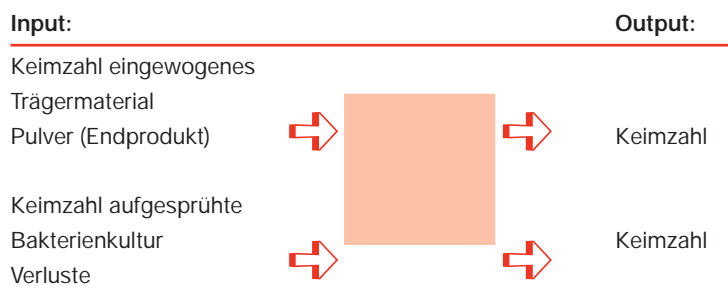
stämmen mit hohen Keimdichten (10⁷ bis 10⁹ Kbe/g je nach Stamm). Eine Erhöhung der Keimdichte mittels eines zusätzlichen Aufkonzentrierungsschrittes der Flüssigkultur ist nicht erfolgt.

Ziel dieser Arbeiten ist die Ermittlung der Überlebensrate sowie die Überprüfung der Aktivität (Säuerungsvermögen) der getrockneten Keime. Im Vergleich dazu wurden die gleichen Einzelstämme an der Hochschule Wädenswil mittels Gefrier-trocknung konserviert und die ermittelten Überlebensraten und Aktivitätskurven miteinander verglichen.

Gute Überlebensraten

Der Trocknungsvorgang kann als Black-Box angesehen werden. Es muss ermittelt werden, wie die Mikroorganismen auf das Trocknen reagieren:

Es wird der Output der Black-Box dem Input gegenübergestellt, um die Rate an überlebenden Keimen zu errechnen, wie dies am Beispiel von *Streptococcus thermophilus* a (40°C Trocknungstemperatur,



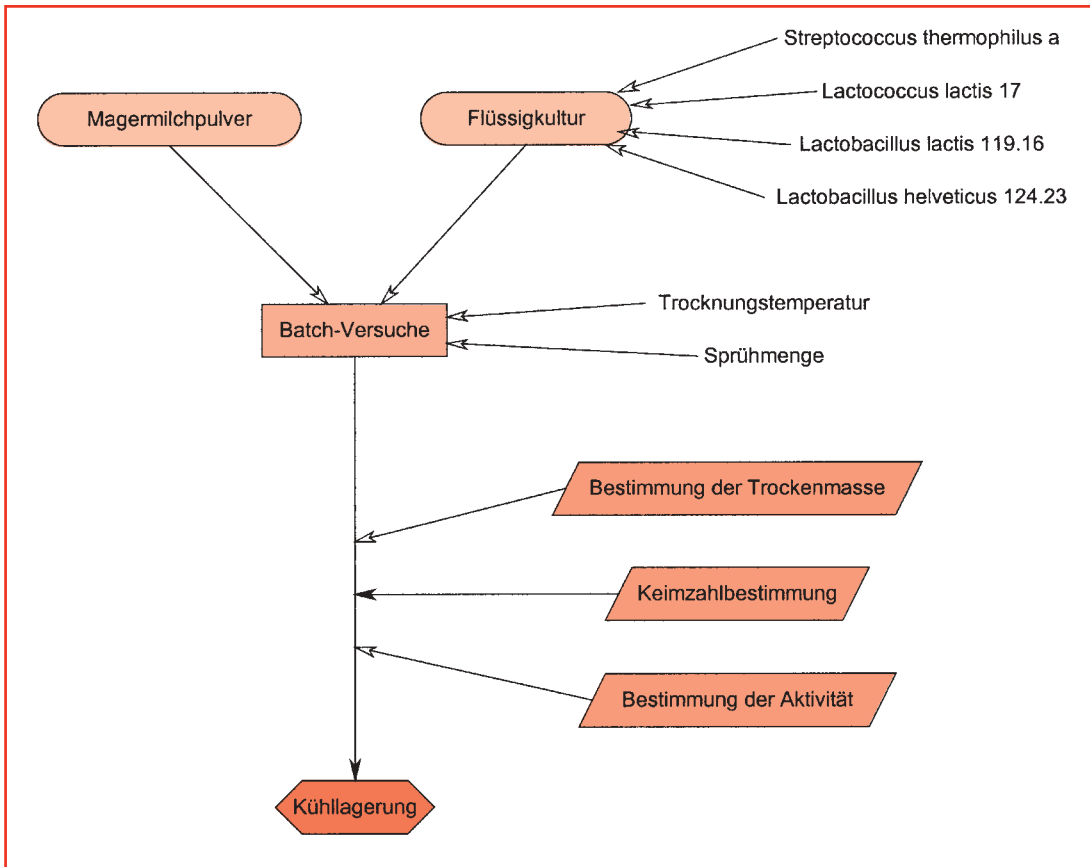


Abb. 2. Vorgehen zur Fließbett-trocknung von Milchsäurebakterien.

800 g Bakterienkultur) dargestellt werden kann:

Total eingebrachte Bakterienmenge (Input)

Keimzahl eingewogenes Trägermaterial: 0
 Keimzahl aufgesprühte Bakterienkultur: $1,36 \times 10^{12}$
 Total Keimzahl pro Versuch (Batch): $1,36 \times 10^{12}$

Total überlebte Bakterienmenge (Output)

Keimzahl Pulver (Endprodukt): $4,20 \times 10^{11}$
 Keimzahl Verluste: $4,50 \times 10^{10}$
 Total Keimzahl pro Versuch (Batch): $4,65 \times 10^{11}$

Überlebensrate 34,2 %

Die Keimzahlen der Verluste in der Pilotanlage sind gering und beeinträchtigen die Überlebensrate wenig. Sie wurden jeweils nur am Ende eines Produktionstages ermittelt.

Die ermittelten Überlebensraten der vier untersuchten Stämme sind im Vergleich zu der Gefrier-trocknungsvariante bedeutend besser, wie Abbildung 3 zeigt. Sehr gut sind die Werte (45 bis 50 %) bei den Kokkenstämmen und beim *Lb. helveticus*. Die Überlebensrate des *Lb. lactis*-Stammes (1,1 %) beweist die

stammspezifischen Unterschiede im Überleben der Keime. Einzelne Stämme reagieren empfindlich auf Konservierungsverfahren, welche die Keime «stressen» und schwächen. Ebenso könnte der Sauerstoff in der warmen Trocknungsluft die Keime negativ beeinflussen. Die Verbesserung der Überlebensraten

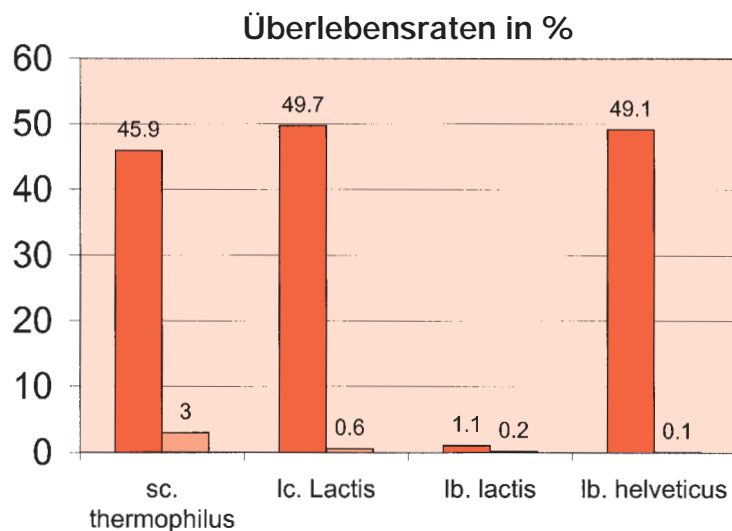


Abb. 3. Überlebensraten (in %) der konservierten Einzelstämme.

Tab. 2. Säuregradwerte der fermentierten Keimkonserven (1 % Impfmenge) im Vergleich mit den FAM-Kulturen (1 ‰ Impfmenge)

Einzelstämme	Fliessbettgetrockneter Stamm °Th	Lyophilisierter Stamm °Th	Versandkulturen FAM °Th
<i>Str. thermophilus</i> (nach 5 h)	51	35	40 - 55
<i>Lc. lactis</i> (nach 17 h)	102	46	96 - 109
<i>Lb. lactis</i> (nach 17 h)	126	116	120 - 140
<i>Lb. helveticus</i> (nach 17 h)	85	87	120 - 140

von «heiklen» Stämmen sind Gegenstand weiterer Arbeiten zur Keimkonservierung.

Auch bei der Aktivitätsbestimmung zeigen sowohl die pH-Kurven der Fermentationen als auch die Säurewerte (°Th) am Ende der Fermentation (Tab. 2) bei den fließbettgetrockneten Streptokokken die besseren Werte. Als Referenzwerte sind hier die °Th-Werte der FAM-Kulturen aufgeführt, die das Labor vor dessen Versand bestimmt. Die gefriergetrockneten Streptokokken sind wenig aktiv, denn die Werte liegen unterhalb vom Zielwert der FAM-Versandkultur. Aufgrund der unterschiedlichen Impfmengen sind diese Werte nur bedingt vergleichbar. Erstaunlicherweise ist die Aktivität von *Lb. lactis* trotz der tieferen Überlebensraten besser als bei *Lb. helveticus*.

Einsatzmöglichkeiten

Die Ergebnisse zur Keimkonservierung mit der vorgestellten Fließbettmethode sind vielversprechend und eröffnen verschiedene Anwendungen. Weitere Forschungsarbeiten auf diesem Gebiet befassen sich mit Lagertests zur Bestimmung von Haltbarkeitsdauer und Aktivitätserhaltung, der Konservierung der FAM-Mischkulturen (RMK), der Erhaltung der Biodiversität in den RMK, der Herstellung von Hart- und Halbhartkäsen (Alptyp) mit fließbett-konservierten Keimen, der Herstellung und Reifung von Modellkäsen, der Einsatzoptimierung der Trockenkulturen in der Käseherstellung (Betriebskultur/Direkteinsatz) und der Ermittlung von Überlebensraten und Aktivitätskurven von probiotischen Keimen (*L. acidophilus*, Bifidobakterien).

Technologien und Verfahren zur Keimkonservierung haben ein gutes Potenzial und bieten viele Möglichkeiten für den Einsatz in traditionellen fermentierten Milchprodukten (Käse, Joghurt, übrige Sauermilchprodukte). Fließbettgetrocknete Milchsäurebakterien können auch für innovative Milchprodukte oder in andern Lebensmitteln wie Fleisch, pflanzliche Konserven, Getränke, aber auch im Bereich von Functional Food, Wellness- und Diätprodukten eingesetzt werden.

Literatur

- Gugolz R. (2001), Konservieren von Milchsäurebakterien mittels spezieller Fließbetttrocknung. Diplomarbeit Hochschule Wädenswil.
- Heschel I. (2002), Lehrmittel Kryobiologie am Helmholtz-Institut (RWTH, Uni Aachen), www.hia.rwth-aachen.de
- Mühlkamp S. (2001), Neuer Glanz. Erweiterter Einsatzbereich von Wirbelschichtenanlagen. Process Pharma TEC, Nr. 1, 62
- Simon E.J. (1981), Die Trocknung aktiver Backhefe in der Wirbelschicht. *Chemie-Technik*, Nr. 7, 703-707.
- Zimmermann K. (1987), Einflussparameter und mathematische Modellierung der schonenden Trocknung von Starterkulturen. VDI Verlag Düsseldorf.

RÉSUMÉ

Bonne conservation des germes grâce au séchage sur lit fluidisé

On utilise depuis longtemps déjà le séchage sur lit fluidisé pour la conservation de toutes sortes de produits. Les premiers essais effectués en vue de conserver les bactéries lactiques ont débouché sur des résultats positifs. Une utilisation commerciale de la technologie sur lit fluidisé afin de concevoir des organismes de fermentation est envisageable. Des études plus approfondies sont cependant nécessaires.

SUMMARY

Efficient conservation of microorganisms by Flow Bed-Drying

The process of flow bed drying has been used for the conservation of several different products for some time. Preliminary experiments for the conservation of lactic acid bacteria gave positive results. Commercial use of the flow bed-drying technology for the conservation and confectioning of microorganisms used in fermentation processes seems to be realisable, however, further specific studies still have to be done.

Key words: conservation of microorganisms, Flow Bed-Drying, lactic acid bacteria, shelf life of microorganisms