

Gezielte Nutzung *in situ* produzierter Exopolysaccharide zur Struktur- und Qualitätsverbesserung von fermentierten Milchprodukten

Koordinierung:	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI), Bonn
Forschungsstelle:	Technische Universität Dresden Institut für Naturstofftechnik Professur für Lebensmitteltechnik Prof. Dr. Harald Rohm/PD Dr. Doris Jaros
Industriegruppe:	Milchindustrie-Verband e.V. (MIV), Berlin
	Projektkoordinator: Dr. Bernd Hammelehle Molkerei Hainichen-Freiberg GmbH & Co. KG, Oberschönegg
Laufzeit:	2015 – 2018
Zuwendungssumme:	€ 222.140,-- (Förderung durch BMWi via AiF/FEI)

Ausgangssituation:

Bei der fermentativen Herstellung von Milcherzeugnissen, besonders der sog. „weißen“ Produktpalette (Joghurt, Quark, Frisch- und Weißkäse), werden seit längerer Zeit Milchsäurebakterien eingesetzt, die extrazelluläre Polysaccharide (EPS) bilden. Diese *in situ* produzierten EPS führen zu ähnlichen Effekten wie sie zum Beispiel durch den Zusatz von Hydrokolloiden erreicht werden können. Vorrangige Ziele sind hierbei eine Erhöhung der Viskosität und die Verbesserung der Viskositätsstabilität bei Behandlungsschritten nach der Fermentation sowie die Verringerung der Synärese.

Die von den Starterkulturen induzierte strukturverbessernde Wirkung hängt sowohl von der molekularen Struktur der EPS als auch für spezifische EPS von deren Konzentration im Produkt ab; beide Faktoren sind vom genetischen Potenzial des betreffenden Stammes abhängig. Die chemische Struktur der EPS wird durch den primären Aufbau (Homo- oder Heteropolysaccharide), die Molekülmasse, den Grad der Verzweigung und die Länge der Seitenketten bestimmt. Weitere Klassifizierungsmerkmale, die zu den makromolekularen Aspekten zählen, sind die Ladung (neutral, negativ), ihr fadenziehender Charakter (beschrieben als „ropy“ und „non-ropy“) und ihre Konformation (steif oder flexibel, dadurch ge-

streckt oder knäueförmig) sowie ihre Lokalisation im Produkt. Wenn sich die EPS nach ihrer Synthese von der Zellwand der Bakterien ablösen, spricht man von freien EPS (fEPS); bleiben sie hingegen nicht-kovalent an die Zellwand gebunden, von zellgebundenen EPS (cEPS). Zellgebundene EPS haben in der Regel geringere Molekülmassen als freie EPS und auch andere Funktionalitäten, die bislang noch nicht hinlänglich erforscht sind.

Ziel des Forschungsvorhabens war die nähere Untersuchung des Zusammenhanges zwischen EPS-Art und Produkteigenschaft, um das Nutzungspotenzial der EPS-bildenden thermophilen und mesophilen Milchsäurebakterien in der Milchindustrie zu erhöhen.

Forschungsergebnis:

In einem ersten Schritt konnten zunächst 21 *Streptococcus-thermophilus*-Stämme (ST) und 9 *Lactococcus-lactis*-Stämme (LL) nach Art und Menge ihrer EPS in die Kriterien „hohe EPS-Mengen“, „cEPS vorhanden/nicht vorhanden“ und „fadenziehend/nicht fadenziehend“ klassifiziert werden. Dies erlaubte eine systematische Untersuchung des Einflusses der jeweiligen EPS-Eigenschaften auf das Endprodukt im Vergleich zu einem EPS-negativen Referenzstamm. Dazu wurden im Labormaßstab Proto-

kolle zur Herstellung von Modellprodukten (Joghurt, Frischkäse und Weißkäse) etabliert und diese umfassend analysiert.

Die dynamische Viskosität η der Molke von Säuregelen liefert einen Hinweis auf fEPS, weil bei der Zentrifugation die cEPS mit den Bakterienzellen abgetrennt werden. Für ST-1G, der hauptsächlich cEPS bildet, war η der Molke deshalb geringer ($\sim 1,4$ mPa.s) als für ST-2E (fadenziehende fEPS, $\sim 1,6$ mPa.s). Es konnte eine signifikante Korrelation zwischen η der Molke und η der Säuregele ermittelt werden ($r = 0,90$; $p = 0,05$), so dass die Molkenviskosität als Indikator für die Produktviskosität dienen kann.

Die aus Transmissionsprofilen einer optischen Photozentrifuge (LumiSizer) ermittelten Sedimentationsgeschwindigkeiten v_s von gerührten Säuregelen waren für die EPS-Bildner niedriger (ST-1G: $8,7 \mu\text{m/s}$; ST-2E: $11,3 \mu\text{m/s}$; Referenz: $12,8 \mu\text{m/s}$). Die gleichzeitig geringere erzwungene Synärese ist in Kombination mit der ausgeprägten Verzögerung der Phasentrennung für cEPS ein eindeutiges Indiz für deren gutes Wasserbindungsvermögen. Dieses trug auch in Frischkäse zu einer glatteren, weniger grießigen Textur sowie einer geringeren Synärese bei, könnte jedoch auch zur Notwendigkeit einer Parameteranpassung bei der Molkenabtrennung führen, um die gewünschte Trockenmasse zu erreichen.

Doppelrahmfrischkäse, der im Technikum eines Unternehmens des Projektbegleitenden Ausschusses mit LL-1B (stark fadenziehende fEPS und cEPS) hergestellt wurde, wies in Penetrationsversuchen (1 mm/s, 10 mm Eindringtiefe) eine signifikant höhere Festigkeit auf als Frischkäse mit LL-2B (nicht-texturierende fEPS). Dies spiegelte sich auch nach 14 Tagen Lagerung in höheren statischen Fließgrenzen von ~ 1.000 Pa im Vergleich zu LL-2B (556 Pa) wider. In Duo-Trio-Prüfungen wurde die von der Referenz abweichende Probe in 42 von 48 Triaden richtig erkannt, wobei Frischkäse mit LL-2B signifikant häufiger mit dem Attribut „körnig“ und mit LL-1B mit „cremig“ beschrieben wurde ($p < 0,05$). Im paarweisen Vergleich wurde Frischkäse mit LL-1B auch als signifikant streichfähiger wahrgenommen ($p < 0,05$).

Die Schnittfestigkeit von im Technikum eines Unternehmens des Projektbegleitenden Ausschusses hergestelltem Weißkäse als Maxi-

mum der Kraft-Weg-Kurve nach Penetration mit einer Drahtgeometrie war für LL-1B über den gesamten Lagerzeitraum höher als für LL-2B. In einer firmeninternen Verkostung wurden die Weißkäse von LL-1B zwar als weniger trocken, homogener und cremiger beschrieben, allerdings wurde die stark fadenziehende Molke als „negativ“ erachtet.

Die Technikumsversuche zur weißen Produktlinie (Joghurt, Doppelrahmfrischkäse, fettarme Quarkcreme und Weißkäse) bestätigten die Laborergebnisse und tragen maßgeblich zur Darstellung der industriellen Umsetzbarkeit und zur Potenzialabschätzung bei. Aus diesen Versuchen wurde außerdem deutlich, dass die EPS bei Einsatz einer Ultrafiltration zur Molkenabtrennung fast vollständig im Produkt verbleiben. Die Tatsache, dass stark fadenziehende fEPS ohne negative Effekte zu cremigeren, streichfähigeren Frischkäsen führte, verdeutlicht sehr anschaulich die Notwendigkeit von geeigneten Kombinationen aus EPS-Bildnern und Verfahrens- bzw. Beanspruchungsbedingungen zur gezielten Steuerung positiver Produkteigenschaften.

Wirtschaftliche Bedeutung:

Die Ergebnisse zeigen für die milchverarbeitende Industrie zusätzliche Wertschöpfungspotentiale auf. In Deutschland wurden im Jahr 2017 von 153 milchverarbeitenden Betrieben 792.000 t Joghurt, 815.000 t Frischkäse und 160.000 t Weichkäse hergestellt; 65 % dieser Unternehmen verarbeiten weniger als 300.000 t Milch pro Jahr. Festzustellen ist außerdem eine stetig steigende Nachfrage nach fettreduzierten bzw. High-Protein/Low-Fat-Produkten (Zuwachs 2015: 54 %).

Effekte auf die Textur von fettreduzierten und/oder proteinangereicherten Produkten sind stark von der Art der EPS abhängig. Im Projekt wurde der Einfluss verschiedener EPS erstmals für eine große Produktgruppe in Laborexperimenten gezeigt und im Technikum- bzw. Produktionsmaßstab bei Unternehmen des Projektbegleitenden Ausschusses bestätigt. Damit liegen Ergebnisse zum Scale-Up und zur Machbarkeit vor, mit denen auch betriebsinterne Kosten und Potenziale abgeschätzt werden können.

Die Hersteller von EPS-basierten fermentierten Milcherzeugnissen können mit den erzielten

Erkenntnissen unterschiedliche Wertschöpfungsstrategien verfolgen und ihr Wettbewerbs- und Wachstumspotential im nationalen und internationalen Markt in mehrfacher Hinsicht verbessern:

- durch konsumentenorientierte Qualitätsoptimierung existierender Produkte im Standard-Segment und im fettreduzierten Segment vor allem hinsichtlich Textur (z.B. cremigere Struktur ohne schleimiges Mundgefühl) mit der Option für Clean-Labeling,
- durch Steigerung der Rohstoffeffizienz (geschätzt ca. 3 %) bei konstant guter Robustheit und Homogenität,
- durch betriebsinterne Investitions- und Anlagenoptimierung eine Verbesserung des Kostenmanagements,
- sowie durch Senkung des Fettgehalts für Light-Produkte als Beitrag für eine gesunde und dennoch genussreiche Ernährung.

Die Fermentation von Milcherzeugnissen mit EPS-bildenden Kulturen erfordert keine neuen Investitionen, sondern kann mit den molkereiüblichen Reifungsanlagen durchgeführt werden. Die im Projekt gewonnenen Erkenntnisse werden ohne größere technische Hürden oder der Hilfe externer Dienstleister umsetzbar sein und sind für ein optimales Betriebsergebnis einfach an firmeninterne Bedingungen anpassbar.

Auch Kulturenhersteller profitieren von den gewonnenen Erkenntnissen über die Performance ihres derzeitigen EPS-Kulturen-Portfolios und den Informationen bezüglich Funktionalität und Prozessstabilität der EPS in den Produkten.

Um die Konsumentenzufriedenheit und das Qualitätsniveau für fermentierte Milchprodukte der „weißen“ Palette zu steigern und damit die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Hersteller zu festigen, ist die systematische Detektierung von Qualitätspotentialen absolut erforderlich; dazu leisten die Forschungsergebnisse einen wichtigen Beitrag.

Publikation (Auswahl):

1. FEI-Schlussbericht 2018.

2. Rohm, H., Jaros, D. & Surber, G.: Exopolysaccharidbildende Milchsäurebakterien: Herausforderungen und Nutzen für Starterkulturenhersteller und Milchverarbeiter. *Molk. Ind.* 1, 27-29 (2019).
3. Surber, G., Wefers, D., Spiegel, T., Wolf-schoon-Pombo, A., Mende, S., Jaros, D. & Rohm, H.: Extrazelluläre Polysaccharide von Milchsäurebakterien: Zusammenhang von molekularer Struktur und Textur von Frischkäse. *Lebensmittelchem.* 73 (Suppl.), 129. doi: 10.1002/lemi.201951129 (2019).
4. Surber, G., Mende, S., Jaros, D. & Rohm, H.: Clustering of *Streptococcus thermophilus* strains to establish a relation between exopolysaccharide characteristics and gel properties of acidified milk. *Foods* 8, 146. doi:10.3390/foods8050146 (2019).
5. Surber, G., Jaros, D. & Rohm, H.: Shear end extensional rheology of acid milk gel suspensions with varying ropiness. *J. Text. Stud.* 51, 111-119. doi: 10.1111/jtxs.12458 (2019).
6. Surber, G., Bulla, J., Schäper, C. Nitschel, L., Jaros, D. & Rohm, H.: Relating particular properties of *Lactococcus lactis* exopolysaccharides to the rheological characteristics of fresh and white cheese. *Ann. Trans. Nordic Rheol. Soc.* 26, 65-69 (2018).
7. Surber, G., Constantinescu, V., Jaros, D. & Rohm, H.: Stabilitätsuntersuchungen von fermentierten Milchprodukten. *FOOD-Lab*, 1, 55-58 (2018).
8. Surber, G., Mende, S., Constantinescu, V., Jaros, D. & Rohm, H.: How the type of exopolysaccharide affects the rheological properties of fermented products. *Ann. Trans. Nordic Rheol. Soc.* 25, 51-54 (2017).
9. Surber, G., Mende, S., Jaros, D. & Rohm, H.: Fadenzug im Joghurt: Methoden zur Quantifizierung. *dmw Milchwirt.* 8, 114-116 (2017).

Weiteres Informationsmaterial:

Technische Universität Dresden
Institut für Naturstofftechnik
Professur für Lebensmitteltechnik
Bergstraße 120, 01069 Dresden
Tel.: +49 351 463-39283
Fax: +49 351 463-37761
E-Mail: doris.jaros@tu-dresden.de

Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI)
Godesberger Allee 125, 53175 Bonn
Tel.: +49 228 3079699-0
Fax: +49 228 3079699-9
E-Mail: fei@fei-bonn.de

... ein Projekt der **Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)**

gefördert durch/via



Das o. g. IGF-Vorhaben der Forschungsvereinigung Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Godesberger Allee 125, 53175 Bonn, wird/wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.