



Käsefabrikation und Exopolysaccharide

August 2002, Nr. 444

Inhaltsverzeichnis:

Zusammenfassung	3
Bildung von Exopolysacchariden durch Milchsäurebakterien	3
Struktur der verschiedenen Exopolysaccharide	3
Stammspezifische Bildung von Exopolysacchariden	4
Exopolysaccharide in Käse	6
- Mozzarella aus Magermilch	6
- Fettarmer und fettreduzierter Mozzarella	7
- Frischkäse	8
Schlussfolgerung	8
Literatur	9
Résumé	11
Summary	11

Titelbild:

Monosaccharidzusammensetzung der Exopolysaccharide des
Laktobazillenstammes 182, der auf einem mit Laktose (MRS-L) oder
Saccharose (MRS-S) angereicherten MRS-Medium gezüchtet wurde

Original erschienen in:

AGRARForschung 9, (6), 246-251 (2002)

Impressum:

Herausgeber:

FAM
Eidg. Forschungsanstalt für Milchwirtschaft
Liebefeld
CH-3003 Bern
Telefon +41 (0)31 323 84 18
Fax +41 (0)31 323 82 27
<http://www.admin.ch/sar/fam>
e-mail info@fam.admin.ch

Autoren:

Robert Sieber, Marie-Therese Fröhlich-Wyder

Kontaktadresse für Rückfragen:

Dr. Robert Sieber
e-mail robert.sieber@fam.admin.ch
Telefon +41 (0)31 323 81 75
Fax +41 (0)31 323 82 27

Erscheinungsweise:

In unregelmässiger Folge mehrmals jährlich.

Ausgabe:

August 2002, Nr. 444

ISSN 1660-2587

Käsefabrikation und Exopolysaccharide

Robert Sieber, Marie-Therese Fröhlich-Wyder
Eidgenössische Forschungsanstalt
für Milchwirtschaft (FAM),
Liebefeld, CH-3003 Bern

Zusammenfassung

Verschiedene Mikroorganismen sind in der Lage, Exopolysaccharide zu bilden. Solche schleimbildenden Milchsäurebakterienstämme werden bei der Herstellung von skandinavischen Sauermilchprodukten eingesetzt. Bei der Käseherstellung, vor allem von fettreduziertem Mozzarella, führt deren Verwendung zu einem höheren Wassergehalt und damit auch zu einer verbesserten Schmelzbarkeit.

Polysaccharide sind Makromoleküle, die entweder aus dem gleichen (homo) oder auch aus mehreren (hetero) Zuckerbausteinen aufgebaut sind. Als bekannteste Beispiele für die erste Gruppe sind die Reservekohlenhydrate von Pflanzen (Stärke), Tier und Mensch (Glykogen) sowie das Stützmaterial der Pflanzen (Cellulose) zu erwähnen, die alle aus Glukoseresten bestehen. Aus mehreren Zuckerbausteinen aufgebaut sind zum Beispiel weitere Bestandteile der Pflanzen wie die Hemicellulosen (Glucose-, Galaktose-, Arabinose- und/oder Xylosereste, Stützmaterial) und das Pektin (α -D-Galakturonsäure, Arabinose, Galaktose). Ebenso produzieren Mikroorganismen Exopolysaccharide (EPS) (de Vuyst *et al.* 2001). Im Folgenden soll über die Bedeutung solcher EPS-bildenden Mikroorganismen bei der Käseherstellung berichtet werden.

Bildung von Exopolysacchariden durch Milchsäurebakterien

Die meisten lebensmitteltauglichen Mikroorganismen sind in der Lage, EPS zu bilden (de Vuyst *et al.* 2001; Gorret *et al.* 2001; Roberts *et al.* 1995). Es handelt sich dabei um Homo- und Heteropoly-

saccharide (Tab. 1). Die von den Bakterien synthetisierten EPS werden durch die Membran in die Umgebung der Zelle ausgeschieden (sog. Schleim-EPS) oder verbleiben an der Zelle angehaftet (sog. Kapsel-EPS). Milchsäurebakterien bilden EPS in Konzentrationen von etwa 0,1 bis 1,5 g/l.

Struktur der verschiedenen Exopolysaccharide

Zahlreiche Strukturauflösungen wurden an EPS, die aus verschiedenen Milchsäurebakterien isoliert wurden, durchgeführt (de Vuyst *et al.*, 2001). Diese weisen eine unterschiedliche Struktur auf und sind meist aus den Zuckerbausteinen Glukose, Galaktose, Rhamnose oder N-Acetylgalaktosamin zusammengesetzt, aber auch Mannose, Xylose und Arabinose können vorhanden sein. Sie sind über eine 1→3-, 1→4- und/oder 1→6-Brücke miteinander verbunden und können auch Seitenketten enthalten. Beim Grundgerüst kann es sich um eine Tri-, Tetra-, Penta-, Hexa- oder Heptasaccharid-wiederkehrende Einheit handeln. Auch zeigt sich, dass die Struktur der EPS stammesspezifisch ist. Deren Strukturauflösung basiert auf der Analyse der methylierten

Tab. 1. Klassifizierung der Exopolysaccharide, die von Milchsäurebakterien gebildet werden (de Vuyst und Degeest 1999)

Polysaccharide	Vertreter	Milchsäurebakterien
Homo-	α -D-Glukane:	<i>Leuc.mesenteroides</i> ssp. <i>mesenteroides</i>
	Dextrane	<i>Leuc.mesenteroides</i> ssp. <i>dextranicum</i>
	Alternane	<i>Leuc.mesenteroides</i>
	Mutane	<i>Str.mutans</i> , <i>Str.sobrinus</i>
	β -D-Glukane	<i>Pediococcus</i> spp. <i>Streptococcus</i> spp.
Hetero-	Fruktane	<i>Str.salivarius</i>
	Polygalaktane	<i>L.lactis</i> ssp. <i>cremoris</i>
	verschiedene mesophile:	<i>Lc.lactis</i> ssp. <i>lactis</i>
		<i>Lc.lactis</i> ssp. <i>cremoris</i>
		<i>L.casei</i>
		<i>L.sake</i>
		<i>L.rhamnosus</i>
	verschiedene thermophile:	<i>L.acidophilus</i>
		<i>L.delbrueckii</i> ssp. <i>bulgaricus</i>
		<i>L.helveticus</i>
<i>Str.thermophilus</i>		

Tab. 2. Monosaccharidzusammensetzung der Exopolysaccharide von Laktobazillenstämmen, die auf verschiedenen, flüssigen Medien gezüchtet wurden (van Geel-Schutten *et al.* 1998)

Monosaccharide		Stamm LB 121		Stamm LB 181		Stamm LB 182	
		MRS-S	MRS-R	MRS-L	MRS-S	MRS-L	MRS-S
Glukose	%	24	1	25,5	21	28,5	24
Galaktose	%			17	5	21	5
Mannose	%			31,5	23	27	16
Fruktose	%	75	96	0	30	-	41
Glukuronsäure	%			22	17,5	19,5	11
Arabinose	%			4	3,5	4	3
andere	%	1	3				
Gesamtgehalt an EPS (mg/l)		4800	2655	160	145	110	250

Abkürzungen: MRS-L = mit Laktose angereichertes MRS-Medium; MRS-S = mit Saccharose angereichertes MRS-Medium; MRS-R = mit Raffinose angereichertes MRS-Medium

von ~1, 8,8 und 69,2 mm²/s auf (Yang *et al.* 2000). Das Gleiche gilt auch für die Viskosität nach Posthumus der neutralen EPS von *Str. thermophilus* Rs und Sts, obwohl die gleiche Heptasaccharid-repetierende Einheit nachgewiesen wurde. Doch hatten die EPS dieser Stämme unterschiedliche Molekularmassen (Faber *et al.* 1998).

Exopolysaccharide in Käse

EPS-bildende Kulturen werden in der Milchwirtschaft vornehmlich bei der Herstellung von Joghurt und fermentierten Sauer Milchprodukten eingesetzt (Duboc und Mollet 2001). Aus einem Weichkäse wurde der *L. casei*-Stamm CG11 isoliert, der ein Heteropolysaccharid mit hauptsächlich Glukose und Rhamnose sowie in geringerem Masse Galaktose und Arabinose als Zuckerbausteinen bildet (Kojic *et al.* 1992). Dagegen bildeten die aus griechischem Kasseri Käse isolierten 32 *Str. macedonicus*-Stämme keine EPS (Georgalaki *et al.* 2000), im Gegensatz dazu fanden Vincent *et al.* (2001) in der Starterkultur von griechischen Schaf- und Ziegenkäsen den EPS-bildenden *Str. macedonicus*-Stamm Sc136.

In der Patentliteratur (Pruss und Bahrs 1981; Nauth und Hayashi 1995) finden sich Hinweise, dass in der Käseherstellung fadenziehende Stämme zur Verbesserung der Textur und der funktionellen Eigenschaften verwendet werden. Dabei wurde bei der Herstellung von Weichkäse die Milch zuerst einer Membranfiltration unterworfen. Um das Auftreten einer mehlig und/oder sandigen Textur zu verhindern, wurde ein schleimbildender *Str. diacetylactis*-Stamm als Starterkultur erfolgreich verwendet (Pruss und Bahrs 1981). Auch zur Herstellung von Pasta-filata-Käsen mit einem tiefen Fettgehalt, insbesondere von Mozzarella, wurden fadenziehende *Str. thermophilus* und *L. bulgaricus* eingesetzt (Nauth und Hayashi 1995). Nach Aufnahmen im Raster-Elektronen-Mikroskop erscheinen in Mozzarella, die mit EPS-produzierenden Kulturen hergestellt wurden, die EPS als Filamente, die sich von den Mikroorganis-

men zur Proteinmatrix ausdehnen. Diese sind dünn und wiesen einen Durchmesser von 0,01 bis 0,05 µm auf. Dabei sind diese EPS mit den Streptokokken verbunden (Bhaskaracharya und Shah 2000a). Andere Autoren (Perry *et al.* 1997, 1998; Fecera *et al.* 1995; Low *et al.* 1997) haben keine solchen fädigen EPS gefunden, da die dabei verwendeten Kulturen eher Kapseln als lose hängende EPS bildeten.

Neuerdings wurde vor allem bei der Fabrikation von fettarmem wie auch von fettreduziertem Mozzarella der Einsatz von EPS-bildenden Kulturen mehrfach untersucht (Bhaskaracharya und Shah 2000b; Broadbent *et al.* 2001; Low *et al.* 1998; Perry *et al.* 1997, 1998; Petersen *et al.* 2000). Denn die Verminderung des Fettgehalts führt zu mangelhaften Dehnungseigenschaften von Käse. Bei der traditionellen Herstellung von Mozzarella werden als Starterkulturen *L. helveticus* und *Str. thermophilus* verwendet.

Mozzarella aus Magermilch

Mozzarella wurden mit EPS- oder nicht-EPS-bildenden Starterkulturen (*Str. thermophilus* St 2010, *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* Lb 2515) aus Magermilch hergestellt und wiesen weniger als 30 g/kg Fett auf. Die so genannten EPS-Käse zeigten einen um 17 g/kg höheren Wasser-Gehalt als die Nicht-EPS-Käse. Auch hatten die EPS-Käse im Vergleich zu den Nicht-EPS-Käsen eine verminderte Härte, Kohäsion (Festigkeit) und Adhäsion, dagegen waren sie elastischer. Auch die Mikrostruktur wurde beeinflusst, indem die Anzahl an leeren Löchern in den EPS-Käsen erhöht war (Bhaskaracharya und Shah 2000a).

¹Bei den Käsen im Pilot-Plant-Massstab wurde die Milch bis zu einem pH 6,3 vorgesäuert, da bei einem pH-Wert von 6,0 der Bruch ganz klebrig wurde. Zudem wurde der Bruch nach dem Schneiden konstant gerührt, um zu vermeiden, dass der Bruch an den Schneidmessern haften bleibt (Perry *et al.*, 1998).

Tab. 3. Zusammensetzung von fettarmem Mozzarella mit und ohne Exopoly-saccharid-produzierende Starterkulturen

Starterkultur	Zusatzkultur	Wasser g/100 g	Fett g/100 g	Protein g/100 g	Schmelzbarkeit nach 1 Tag cm
Labormassstab (Perry <i>et al.</i> 1997)					
Nicht-EPS	-	58,2±0,50	6,3±0,33	26,3±1,70	10,7±0,4 ^a
EPS	-	61,0±0,47	6,2±0,20	25,9±0,63	12,1±0,6 ^a
Nicht-EPS	EPS	60,9±0,12	6,2±0,20	26,5±0,60	~11,2
EPS	EPS	62,2±0,38	6,4±0,20	24,7±0,63	~14,8
Pilot-Plant-Massstab (Perry <i>et al.</i> 1998)					
Nicht-EPS	-	55,3±0,15	6,2 – 6,3	kA	9,5±0,1
EPS	-	57,1±0,35	6,2 – 6,3	kA	10,6±0,5

^a zitiert nach Broadbent *et al.* (2001)

Fettarmer und fettreduzierter Mozzarella

Mozzarella mit einem Fettgehalt von 60 g/kg wurden im Labor- (Kapazität des Kessis: 10 kg Milch) (Perry *et al.* 1997) und im Pilot-Plant-Massstab (Kapazität des Kessis: 454 kg Milch) (Perry *et al.* 1998) produziert¹. Dabei wurden eine Nicht-EPS- (*Str. thermophilus* TA061, *L. delbrueckii ssp. bulgaricus* LH100) und eine EPS-Misch-Starterkultur (*Str. thermophilus* MR-1C, *L. delbrueckii ssp. bulgaricus* MR-1R) verwendet. Im Laborversuch wurde zudem noch eine EPS-produzierende Zusatzkultur SDSG-HB als Direktstarter in Form von tiefgekühlten Pellets der Milch hinzugefügt. Im Labor wie auch im Pilot-Plant-Massstab erhöhte sich der Wassergehalt der mit EPS-Kulturen produzierten Käse und verbesserte sich deren Schmelzbarkeit im Alter von einem Tage (Tab. 3). Bei den im Labor hergestellten Käsen wurde die Schmelzbarkeit während 28 Tagen gemessen. Bei den Käsen mit Nicht-EPS-Kulturen veränderte sich die Schmelzbarkeit nicht, während sich bei denjenigen mit EPS-Starter-Kulturen die Schmelzbarkeit vom Tag 1 bis Tag 14 verbesserte und nachher bis zum Tag 28 wieder verschlechterte. Dabei zeigte sich, dass Käse mit höherem Wasser-Gehalt auch eine höhere Schmelzbarkeit aufwiesen (Perry *et al.* 1997).

In weiterführenden Studien wurde von Low *et al.* (1998) abgeklärt, ob für den erhöhten Wassergehalt in fettarmem Mozzarella *Str. thermophilus* MR-1C und/oder *L. delbrueckii ssp. bulgaricus* MR-1R verantwortlich sind. In Käseversuchen, bei denen Käse mit diesen Stämmen wie auch mit einem EPS-negativem *Str. thermophilus* TA061 oder mit einer EPS-negativen Mutante von MR-1C (= DM10) oder mit *L. helveticus* LH100 produziert wurden, war *Str. thermophilus* MR-1C der einzige Faktor für den erhöhten Wassergehalt (Tab. 4).

Fettreduzierter Mozzarella² wurde neben *L. helveticus* LH100 mit vier verschiedenen *Str. thermophilus*-Keimen produziert: Bezeichnung Cps⁺ mit der Fähigkeit, kapselförmiges EPS zu bilden oder Cps⁻ nicht zu bilden, Bezeichnung EPS⁺ mit der Fähigkeit, EPS zu bilden oder EPS⁻

² Petersen *et al.* (2000) halten fest, dass sie einen fettreduzierten Mozzarella-Käse herstellten. In der Nährwerttabelle des USDA (http://www.nal.usda.gov/fnic/cgi-bin/nut_search.pl) weisen Mozzarella folgenden Wasser- und Fettgehalt auf (g/100 g):

Vollmilch	54,14	21,60
Vollmilch, Wassergehalt tief	48,38	24,64
fettreduziert	53,78	15,92
fettreduziert, Wassergehalt tief	48,57	17,12

Tab. 4. Wassergehalt von fettarmem Mozzarella mit und ohne Exopolysaccharid-produzierende Starterkulturen (Low *et al.* 1998)

<i>Str. thermophilus</i>	<i>L. delbrueckii</i> ssp. <i>bulgaricus</i>	<i>L. helveticus</i>	Wassergehalt (g/100 g)
MR-1C ^a	MR-1R ^a		62,8
MR-1C ^a		LH100 ^b	62,7
TA061 ^b	MR-1R ^a		61,5
TA061 ^b		LH100 ^b	61,4
DM10 ^c		LH100 ^b	57,7; 58,8; 58,8
MR-1C ^a		LH100 ^b	61,2; 62,8; 61,8

^a Exopolysaccharid-positiv

^b Exopolysaccharid-negativer Mozzarella-Starter

^c Exopolysaccharid-negative Mutante des Stammes MR-1C

nicht zu bilden (Petersen *et al.* 2000). Wie schon bei den fettarmen Mozzarella war durch die Verwendung von EPS-produzierenden Keime eine statistisch signifikant höhere Ausbeute und ein höherer Wassergehalt erreicht (Tab. 5). Dagegen unterschieden sich der pH-Wert und der Gehalt an Fett, Kalzium und Kochsalz nicht voneinander, wohl aber der Proteingehalt. Auch auf das Schmelzverhalten der Käse hatte die Anwendung dieser Streptokokken ihre Auswirkungen: deutlich längere Schmelzdistanz bei den mit dem EPS⁺-produzierenden Keim MTC360 hergestellten Käsen (Tab. 5).

Petersen *et al.* (2000) unternahmen diese Studien, um den Einfluss der vier verschiedenen *Str. thermophilus*-Keime auf das Verhalten der Molke zu studieren. Bei deren Weiterverarbeitung mit Hilfe der Membrantechnologie ist eine Anreicherung von EPS in der Molke unerwünscht, da der Wirkungsgrad vermindert wird. Nicht-konzentrierte und Ultrafiltration-konzentrierte Molke von Käsen, die mit dem fadenziehenden Stamm MTC360 hergestellt wurden, waren visköser als die anderen Molken (Tab. 5).

Frischkäse

Für die Herstellung eines Brotaufstriches wird Frischkäse einer Hitzebehandlung unterworfen. Danach wird er körnig, meh-

lig und kreidig. Um dieses Resultat zu vermeiden, wird in einem Patent (Bodor *et al.* 2001) vorgeschlagen, die EPS-bildenden Kulturen *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus* 291 und *L. helveticus* NCDO 766 zu verwenden. Diese bilden ein kapsuläres EPS im Gegensatz zu *Lc. lactis* ssp. *cremoris* H414, der freie EPS bildet.

Schlussfolgerung

Um diese Erkenntnisse bei der Käseherstellung, vor allem von fettreduzierten Käsen, anzuwenden, ist es erforderlich, dass die eingesetzten Kulturen auf ihre Fähigkeit EPS zu bilden, überprüft werden. Bereits Sebastiani (1994) hat erwähnt, dass alle Rotholzer Stämme bis auf wenige Ausnahmen als schwach schleimbildend einzustufen sind. Auch andere Autoren haben meist nur wenige EPS-bildende Milchsäurebakterien nachgewiesen. Bei einem solchen Screening von Laktobazillen und Kulturen ist zu bedenken, dass verschiedene Faktoren wie das verwendete Substrat (Tab. 2) und dessen Konzentration im Medium sowie die Dauer der Inkubation die Zusammensetzung der EPS beeinflussen können. Auch können die Milchsäurebakterien die Fähigkeit zur EPS-Bildung verlieren, da diese bei verschiedenen Stämmen auf Plasmiden lokalisiert ist (Duboc und Mollet 2001).

Tab. 5. Verwendung von Exopolysaccharid-produzierenden und Exopolysaccharide-nicht-produzierenden *Str. thermophilus*-Keimen auf verschiedene Parameter von fettreduziertem Mozzarella (Petersen *at al.* 2000)

		MR-1C Cps ⁺	DM10 Cps ⁻	MTC360 EPS ⁺	TAO61 EPS ⁻
Ausbeute	g/10 kg Milch	1083±3	993±7	1130±15	1013±7
Wasser	g/100 g	53,81±0,21	49,88±0,38	57,22±1,33	51,11±0,42
Fett	g/100 g	20,25±0,14	20,25±0,14	20,08±0,08	20,42±0,08
Protein	g/100 g	24,19±0,17	26,16±0,13	22,52±0,24	24,88±0,74
Kalzium	g/100 g	0,53±0,02	0,56±0,03	0,57±0,02	0,56±0,03
Salz	g/100 g	1,41±0,01	1,41±0,02	1,32±0,03	1,44±0,04
pH		5,28±0,02	5,34±0,08	5,33±0,02	5,23±0,02
Schmelzdistanz	cm	10,4±0,52	8,8±0,19	12,5±0,55	9,3±0,40
Viskosität					
Molke nicht-konz.	centipoise	1,97±0,073	1,69±0,007	2,20±0,074	1,93±0,056
Molke konz.	"	2,56±0,073	2,37±0,046	3,04±0,040	2,51±0,067

Abkürzungen: Cps⁺ = kapselbildender Exopolysaccharidbildner; Cps⁻ = kapselbildender Nicht-Exopolysaccharidbildner, EPS⁺ = fadenziehender Exopolysaccharidbildner, EPS⁻ = Nicht-Exopolysaccharidbildner

Literatur

- Bhaskaracharya R.K., Shah N.P., 2000a. A simplified method for examination of microstructure of mozzarella cheeses with scanning electron microscopy. *Aust. J. Dairy Tech.* 55, 28-32.
- Bhaskaracharya R.K., Shah N.P., 2000b. Texture characteristics and microstructure of skim milk mozzarella cheeses made using exopolysaccharide or non-exopolysaccharide producing starter cultures. *Aust. J. Dairy Tech.* 55, 132-138.
- Bodor J., Kuiper J., Ledebøer A.M., Pleijsier M.T., de Smit J.C., Ijsseldijk Y.M., Vreeker R., 2001. Method of preparing a dairy spread. U.S. Patent 6217917.
- Broadbent J.R., McMahon D.J., Oberg C.J., Welker D.L., 2001. Use of exopolysaccharide-producing cultures to improve the functionality of low fat cheese. *Int. Dairy J.* 11, 433-439.
- Bubb W.A., Urashima T., Fujiwara R., Shinnai T., Ariga H., 1997. Structural characterisation of the exocellular polysaccharide produced by *Streptococcus thermophilus* OR 901. *Carbohydr. Res.* 301, 41-50.
- de Vuyst L., Degeest B., 1999. Heteropolysaccharides from lactic acid bacteria. *FEMS Microbiol. Rev.* 23, 153-177.
- de Vuyst L., de Vin F., Vaningelgem F., Degeest B., 2001. Recent developments in the biosynthesis and applications of heteropolysaccharides from lactic acid bacteria. *Int. Dairy J.* 11, 687-707.
- Duboc P., Mollet B., 2001. Applications of exopolysaccharides in the dairy industry. *Int. Dairy J.* 11, 759-768.
- Faber E.J., Zoon P., Kamerling J.P., Vliegthart J.F.G., 1998. The exopolysaccharides produced by *Streptococcus thermophilus* Rs and Sts have the same repeating unit but differ in viscosity of their milk cultures. *Carbohydr. Res.* 310, 269-276.
- Fecera R.M., McMahon D.J., Oberg C.J., 1995. Effect of EPS-producing cultures on moisture retention in low fat mozzarella cheese. IFT Annual Meeting Technical Session 134, zitiert nach Bhaskaracharya und Shah (2000a).
- Frengova G.I., Simova E.D., Beshkova D.M., Simov Z.I., 2000. Production and monomer composition of exopoly-

- saccharides by yogurt starter cultures. *Can. J. Microbiol.* 46, 1123-1127.
- Georgalaki M.D., Sarantinopoulos P., Ferreira E.S., de Vuyst L., Kalantzopoulos G., Tsakalidou E., 2000. Biochemical properties of *Streptococcus macedonicus* strains isolated from Greek Kasserli cheese. *J. Appl. Microbiol.* 88, 817-825.
- Gorret N., Maubois J.L., Engasser J.M., Ghoul M., 2001. Study of the effects of temperature, pH and yeast extract on growth and exopolysaccharides production by *Propionibacterium acidipropionici* on milk microfiltrate using a response surface methodology. *J. Appl. Microbiol.* 90, 788-796.
- Kojic M., Vujcic M., Banina A., Cocconcelli P., Cerning J., Topisirovic L., 1992. Analysis of exopolysaccharide production by *Lactobacillus casei* CG11, isolated from cheese. *Appl. Environ. Microbiol.* 58, 4086-4088.
- Low D., McMahon D.J., Oberg C.J., Hornel D., Broadbent J.R., 1997. Influence of *Streptococcus thermophilus* 1 OJC EPS on the moisture of low fat mozzarella cheese. *J. Dairy Sci.* 80 (S. 1) 107.
- Low D., Ahlgren J.A., Horne D., McMahon D.J., Oberg C.J., Broadbent J.R., 1998. Role of *Streptococcus thermophilus* MR-1C capsular exopolysaccharide in cheese moisture retention. *Appl. Environ. Microbiol.* 64, 2147-2151.
- Nauth K.R., Hayashi D.K., 1995. Method for manufacture of low fat pasta filata cheese. U.S. Patent 5431931.
- Perry D.B., McMahon D.J., Oberg C.J., 1997. Effect of exopolysaccharide-producing cultures on moisture retention in low fat Mozzarella cheese. *J. Dairy Sci.* 80, 799-805.
- Perry D.B., McMahon D.J., Oberg C.J., 1998. Manufacture of low fat Mozzarella cheese using exopolysaccharide-producing starter cultures. *J. Dairy Sci.* 81, 563-566.
- Petersen B.L., Dave R.I., McMahon D.J., Oberg C.J., Broadbent J.R., 2000. Influence of capsular and ropy exopolysaccharide-producing *Streptococcus thermophilus* on Mozzarella cheese and cheese whey. *J. Dairy Sci.* 83, 1952-1956.
- Pruss H.D., Bahrs L.W., 1981. Preparation of cheese with ropy lactic acid bacteria. U.S. Patent 4243684.
- Roberts C.M., Fett W.F., Osman S.F., Wijey C., O'Connor J.V., Hoover D.G., 1995. Exopolysaccharide production by *Bifidobacterium longum* BB-79. *J. Appl. Bact.* 78, 463-468.
- Sebastiani H., 1994. Neues von den Rotholzer Kulturen. *Dt. Molkerei-Ztg.* 115, 586.
- Staaf M., Yang Z.N., Huttunen E., Widmalm G., 2000. Structural elucidation of the viscous exopolysaccharide produced by *Lactobacillus helveticus* Lb161. *Carbohydr. Res.* 326, 113-119.
- Stingele F., Lemoine J., Neeser J.R., 1997. *Lactobacillus helveticus* Lh59 secretes an exopolysaccharide that is identical to the one produced by *Lactobacillus helveticus* TN-4, a presumed spontaneous mutant of *Lactobacillus helveticus* TY1-2. *Carbohydr. Res.* 302, 197-202.
- van den Berg D.J.C., Smits A., Pot B., Ledebouer A.M., Kersters K., Verbakel J.M.A., Verrips C.T., 1993. Isolation, screening and identification of lactic acid bacteria from traditional food fermentation processes and culture collections. *Food Biotechnol.* 7, 189-205.
- van Geel-Schutten G.H., Flesch F., ten Brink B., Smith M.R., Dijkhuizen L., 1998. Screening and characterization of *Lactobacillus* strains producing large amounts of exopolysaccharides. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 50, 697-703.
- Vincent S.J.F., Faber E.J., Neeser J.R., Stingele F., Kamerling J.P., 2001. Structure and properties of the exopolysaccharide produced by *Streptococcus macedonicus* Sc136. *Glycobiology* 11, 131-139.
- Yang Z.N., Staaf M., Huttunen E., Widmalm G., 2000. Structure of a viscous exopolysaccharide produced by *Lactobacillus helveticus* K16. *Carbohydr. Res.* 329, 465-469.

RÉSUMÉ

Microorganismes produisant des exopolysaccharides et production fromagère

Différents microorganismes peuvent produire des exopolysaccharides. De telles souches de bactéries lactiques produisant des „mucus“ sont utilisées dans la fabrication de produits laitiers acidifiés scandinaves. Leur utilisation en production fromagère, particulièrement pour celle de Mozzarella à faible taux butyrique, conduit à une teneur plus élevée en eau et donc à une meilleure qualité de fonte.

SUMMARY

Exopolysaccharide-producing microorganisms and cheese fabrication

Several microorganisms are able to produce exopolysaccharides. Such slime-producing lactic acid bacteria strains are used for the fabrication of Scandinavian sour milk products. In cheese fabrication, particularly in fat-reduced mozzarella cheese, their use leads to a higher moisture content and therefore to an increased meltability

Keywords cheese, exopolysaccharide, lactic acid bacteria