

Lebensmit

Kann Grosslockkäse ohne Gär-raum-aufenthalt hergestellt werden?

Marie-Therese Fröhlich-Wyder und Elisabeth Eugster-Meier, Agroscope Liebefeld-Posieux (ALP), CH-3003 Bern

Auskünfte: Elisabeth Eugster-Meier, E-Mail: elisabeth.eugster@alp.admin.ch, Fax +41 (0)31 323 82 27, Tel. +41 (0)31 324 58 88

Zusammenfassung

Laboruntersuchungen an Agroscope Liebefeld-Posieux (ALP), der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Nutztiere und Milchwirtschaft, hatten gezeigt, dass Propionsäurebakterien auch bei tiefen Temperaturen (14 °C) relativ gut wachsen können. Dies konnte nicht nur für die beiden Kulturen Prop 01 und Prop 96 nachgewiesen werden, sondern für viele andere Stämme auch. Es scheint sogar sehr wahrscheinlich, dass sämtliche Propionsäurebakterien diese Fähigkeit besitzen. Die vorliegende Untersuchung sollte aufzeigen, ob es möglich ist, Grosslockkäse ohne Gär-raum-aufenthalt herzustellen. An ALP wurden Versuchskäse bei konstanten tiefen Temperaturen (14 bzw. 16 °C) reifen gelassen. Die Käse wiesen alle eine Lochung auf; die Reifedauer war jedoch länger als üblich. Ebenso bei den sensorischen Eigenschaften wurden leichte Unterschiede festgestellt. Es kann somit auch ohne Gär-raum-aufenthalt, mit entsprechender Anpassung der Reifezeit, ein Grosslockkäse guter Qualität hergestellt werden.

In der Praxis ist eine Reifung von Grosslock-Käse bei konstanter Temperatur nicht üblich, doch ein Verzicht auf einen Gär-raum-aufenthalt könnte die Logistik im Käsekeller vereinfachen und von wirtschaftlichem Interesse sein. Zusätzlich würde

es nicht mehr notwendig sein, anschliessend die Propionsäuregärung durch tiefe Temperaturen zu stoppen. Die Aroma- und Teigentwicklung würden dadurch stark beeinflusst, weil eine Reifung bei relativ hohen Temperaturen fehlt. Aus diesen

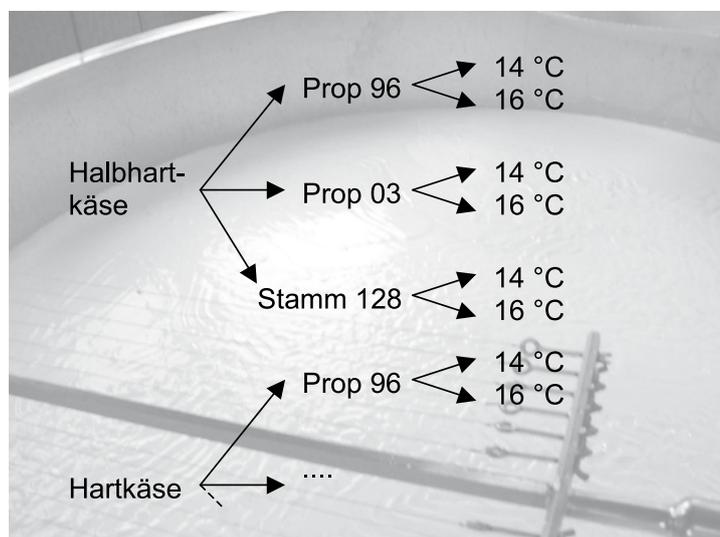
Gründen wurde an ALP ein Versuch geplant, um die Laborbefunde – Propionsäurebakterien wachsen auch bei tiefen Temperaturen gut – im Käse zu untersuchen.

Eigenschaften der Propionsäurebakterien

Für die Herstellung von Emmentaler werden Kulturen von *Propionibacterium freudenreichii* verwendet. Wenn die Käse bei Temperaturen von 20 bis 24 °C gelagert werden, beginnt die Propionsäuregärung etwa 30 Tage nach der Herstellung und dauert zirka sieben Wochen. Ist der Käse konsumreif, finden sich normalerweise etwa 10^8 bis 10^9 Propionsäurebakterien pro g Käse (Fröhlich-Wyder und Bachmann 2004). Die Propionsäurebakterien sind sehr salzempfindlich und haben einen optimalen Wachstumsbereich von pH 6 - 7 (Maximum 8,5, Minimum 4,6). Die optimale Wachstumstemperatur befindet sich bei 30 °C, aber ein Wachstum wird auch bei 14 °C beobachtet.

Der Stoffwechsel der Propionsäurebakterien in Käse ist komplex und noch nicht vollständig untersucht (Crow *et al.* 1988; Fröhlich-Wyder *et al.* 2002). Sie können die Milchsäure auf verschiedene Wege abbauen. Bei der klassischen Propionsäuregärung entstehen aus drei Molekülen Milchsäure, zwei Propionsäuren, eine Essigsäure und ein Kohlendioxid. In der Gegenwart von Asparaginsäure ist die Fermentation von Milchsäure an diejenige von Aspara-

Abb. 1. Versuchsaufbau mit 12 möglichen Varianten.



ginsäure gekoppelt. Dabei entsteht keine Propionsäure, aber Essigsäure, Kohlendioxid und Succinat. Propionsäurebakterien können stark in ihrer Fähigkeit, Asparaginsäure abzubauen, variieren (Richoux und Kerjean, 1995). Die variierende Fähigkeit, Asparaginsäure zu fermentieren, führt folglich zu ganz unterschiedlichen Produkten. Stämme mit einer hohen Aspartase-Aktivität bewirken im Käse ein intensiveres Aroma und eine stärkere Lochung (Wyder *et al.* 2001).

Versuch in der Modellkäserei

In einem Modell-Versuch sollte also abgeklärt werden, ob die Beobachtung im Labor – Wachstum auch bei 14 °C – auf Käse übertragbar ist. Konkret bedeutete dies, dass auf einen Gärraum-Aufenthalt verzichtet wurde. Die Reifung fand bei einer konstanten Temperatur von 14 beziehungsweise 16 °C statt. Untersucht wurden drei verschiedene Kulturen von Propionsäurebakterien: die Prop 96, die Teil des ALP Kultursortiments ist und eine weite Verbreitung gefunden hat, die Prop 03 bestehend aus zwei Stämmen der Prop 01 (letztere ebenso im ALP Kultursortiment) und der einzelne Stamm 128. Diese drei Kulturen kombiniert mit den beiden Reifungstemperaturen wurden jeweils in einem Halbhart- und einem Hartkäse aus pasteurisierter Milch getestet (Abb. 1). Die Versuchsanordnung ergab zwölf verschiedene Varianten, die mit einer Wiederholung an vier Tagen hergestellt wurden.

Tab. 1. Mittelwerte der Gehalte im 1-tägigen Modell-Käse (N = 12)

	Halbhart-Käse	Hart-Käse	p-Wert
Wasser (g/kg)	458,08	382,83	***
L(+)-Milchsäure (%)	53,77	52,83	–
D(-)-Milchsäure (mmol/kg)	60,33	60,67	–
Gesamt-Milchsäure (mmol/kg)	130,17	128,58	–
pH 4 h (N = 2)	5,50	5,71	*
pH 1 Tag (N = 2)	5,25	5,37	*

* $p \leq 0.05$; *** $p \leq 0.001$; – nicht signifikant

Ausgangslage in den hergestellten Versuchskäse

Die beiden 1-tägigen Käsetypen – Halbhart- und Hartkäse – unterschieden sich wie erwartet im Wassergehalt, aber auch im pH-Wert, der im Halbhartkäse wesentlich tiefer war (Tab. 1). Die Milchsäuregehalte beider Käsetypen waren gleich. Der pH-Wert ist für die Propionsäuregärung von grosser Bedeutung, da die Propionsäurebakterien empfindlich auf tiefe pH-Werte reagieren.

Wie erwartet verlängerte sich die Lochbildungsdauer und somit die Reifezeit. In einem früheren Versuch konnte gezeigt werden, dass bei einem Hartkäse die Lochbildungsdauer zwischen 80 (16 °C) und 110 (14 °C) Tagen liegt (Fröhlich-Wyder und Isolini, 2003). Im vorliegenden Versuch benötigten die Hartkäse 180 (14 °C) beziehungsweise 120 Tage (16 °C) zur Reifung und die Halbhart-Käse 120 (14 °C) beziehungsweise 90 Tage (16 °C). Wird im

Folgenden der Einfluss der Reifung auf die Käsequalität betrachtet, muss also nicht nur die Temperatur, sondern auch die Reifedauer berücksichtigt werden.

Propionsäuregärung

Im Halbhartkäse bauten die Kulturen Prop 03 und der Stamm 128 die Milchsäure kaum ab. Entsprechend tief war der Gehalt an Propionsäure (Tab. 2). Auch die Keimzahl war um ein Zehnfaches tiefer als erwartet. Das Milieu im Halbhartkäse – wie der etwas tiefe pH-Wert – wirkte auf die Propionsäurebakterien eher hemmend. Der relativ tiefe Gehalt an Succinat weist auf einen schwachen Asparaginsäure-Metabolismus aller drei Kulturen hin, obwohl die Prop 03 und der Stamm 128 eine hohe Aspartase-Aktivität besitzen. Die Prop 96 hat die Milchsäure am besten abgebaut und somit auch den höchsten Gehalt an Propionsäure erzeugt. Die Reifungsart hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Propionsäuregärung, jedoch

Tab. 2. Untersuchung der reifen Modell-Grossloch-Käse aus pasteurisierter Milch

Faktor	Stufe	N	Propionsäure (mmol/kg)	Succinat (mmol/kg)	GMS (mmol/kg)	Anzahl Prop (KBE/g)	Wasser (g/kg)	WLN (% TN)	NPN (% WLN)
Halbhart-Käse									
Kultur	Prop96	4	73,7	3,6	64,5	8,08E+07	398,8	28,5	70,4
	Prop03	4	18,8	5,3	127,8	9,72E+07	386,0	29,3	67,6
	Stamm 128	4	40,6	4,3	113,5	2,73E+08	397,3	29,9	67,1
Reifung	14 °C	6	40,7	4,0	104,2	8,95E+07	387,2	29,5	70,2
	16 °C	6	48,0	4,8	99,7	2,11E+08	400,8	28,9	66,5
p-Wert	Kultur		**	*	**	–	*	*	**
	Reifung		–	*	–	–	**	*	***
	Tag		*	–	–	–	–	*	–
Hartkäse									
Kultur	Prop96	4	81,6	3,7	28,8	2,2E+07	361,8	22,2	61,6
	Prop03	4	61,4	6,4	68,5	7,7E+08	356,0	22,5	61,7
	Stamm 128	4	85,4	12,6	3,5	2,3E+09	360,8	22,6	62,3
Reifung	14 °C	6	76,0	7,7	30,5	7,8E+08	355,8	23,4	65,7
	16 °C	6	76,2	7,5	36,7	1,1E+09	363,2	21,5	58,0
p-Wert	Kultur		*	**	**	***	**	–	–
	Reifung		–	–	–	–	***	***	***
	Tag		–	–	*	–	–	–	–

* $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$; – nicht signifikant; GMS = Gesamt-Milchsäure; TN = Totaler Stickstoffgehalt; WLN = Wasserlöslicher Stickstoff; NPN = Nicht-Protein-Stickstoff

auf den Asparaginsäuremetabolismus, der bei 16 °C stärker war (Abb. 3).

Dieselben Kulturen waren im Hartkäse bedeutend aktiver und sind teilweise besser gewachsen; mit Ausnahme der Prop 03 haben die Kulturen

einen Grossteil der Milchsäure vergoren, der Stamm 128 praktisch die gesamte Milchsäure. Der höhere Succinat-Wert für Stamm 128 weist auf eine hohe Aspartase-Aktivität hin, was zu einer stärkeren Lochung führte (Abb. 2). Entsprechend wurde durch diesen Stamm

mehr Asparaginsäure abgebaut (Abbildung 3). Auch der Gehalt an Propionsäure, weist auf eine gute Propionsäuregärung durch Stamm 128 im Hartkäse hin. Die Aktivität von Prop 96 im Hartkäse ist vergleichbar mit derjenigen im Halbhartkäse. Auch im Hartkäse führte die

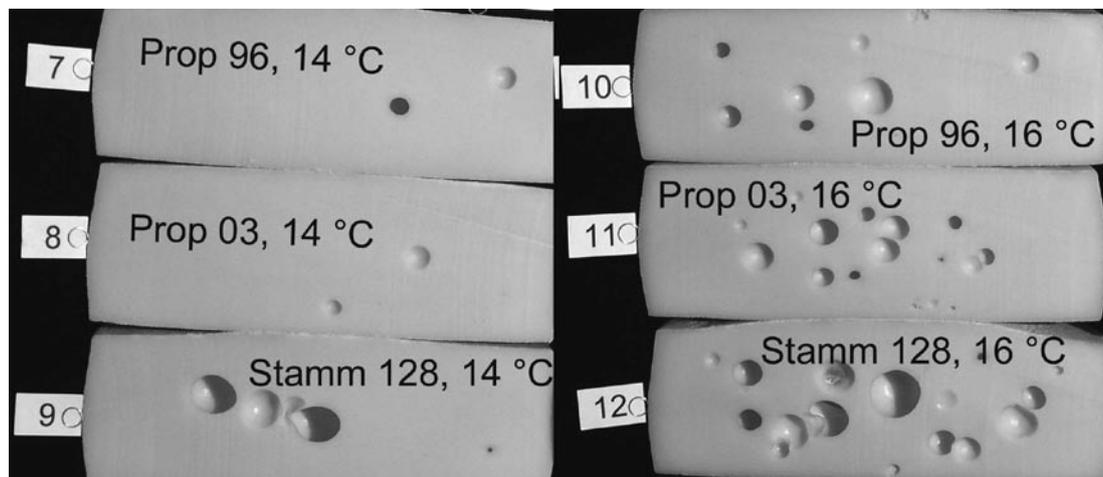


Abb. 2. Schnittbilder der Grossloch-Hartkäse aus pasteurisierter Milch.

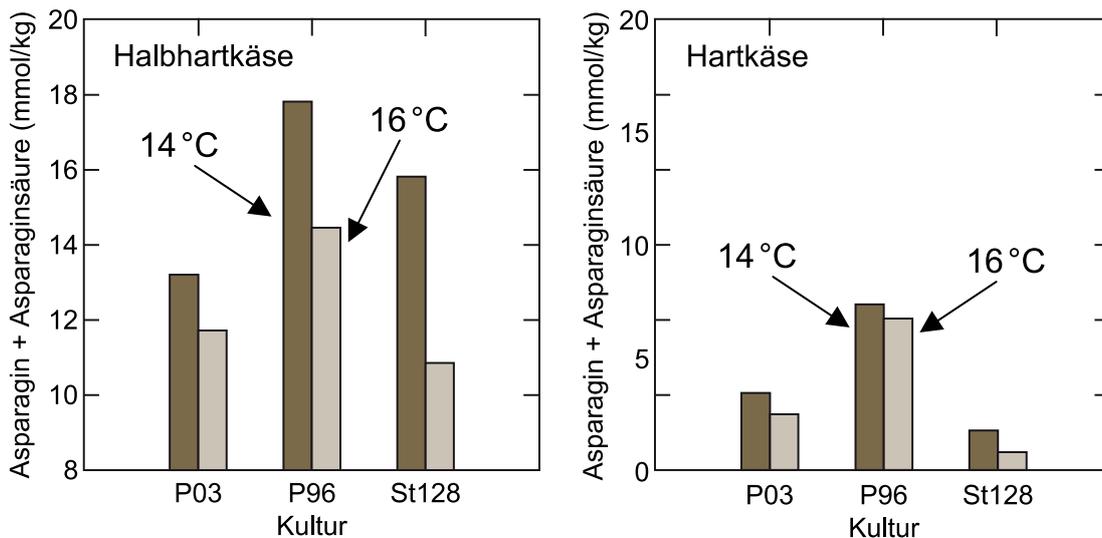


Abb. 3. Restgehalte an Asparagin und Asparaginsäure in den Halbhart- bzw. Hartkäse aus pasteurisierter Milch (pro Variante N = 2).

höhere Reifungstemperatur von 16 °C zu einem intensiveren Asparaginsäuremetabolismus (Abbildung 3).

Proteolyse

Die Wassergehalte variieren sowohl im Halbhart-Käse als auch im Hartkäse stark, was nicht mit den untersuchten Faktoren erklärt werden kann (Tab. 2). Die Proteolyse wird durch den Wassergehalt stark mitbeeinflusst. Die stärkere Proteolyse im Halbhart-Käse hergestellt mit Prop 96 ist mit dem höheren Wassergehalt zu erklären, und nicht mit der Kultur.

Die Reifetemperatur scheint einen kleineren Einfluss auf die Proteolyse zu haben als die Reifedauer. Eine längere Reifedauer, bei 14 °C der Fall, hat einen grösseren Einfluss auf die Proteolyse als die höhere Temperatur von 16 °C.

Sensorische Eigenschaften

Auch bezüglich der sensorischen Eigenschaften führte die Prop 96 im Halbhartkäse zu den besten Ergebnissen: die Käse waren süsser, geruchsintensiver und weicher. Auch wiesen sie eine bessere Lochung auf (Abb. 4, Tab. 3). Die höhere

Reifungstemperatur trug zu mehr Aroma, mehr Süsse, einem weicheren und längeren Teig und zu mehr Loch bei. Ein weicherer und längerer Teig ist für die Lochbildung von Vorteil.

Im Hartkäse jedoch bewährte sich bezüglich Aromaintensität der Stamm 128, ansonsten hatte auch diesmal die Prop 96 die beste Gesamtbeurteilung mit einem eher milden Aroma. Die Reifung hat die Aroma- und Teigeigenschaften stark beeinflusst. Ein Temperatureinfluss ist beim Teig vorzufinden: die höhere Temperatur führte zu einem weicheren und längeren Teig. Das Aroma scheint eher mit der Reifedauer zusammenzuhängen: die kürzere Reifedauer bei 16 °C bewirkt ein milderer Aroma. Generell war das Aroma der Hartkäse verglichen mit Emmentaler eher mild. Auch die Lochanzahl ist eher sparsam. Die Gesamtbeurteilung fiel für die Variante 16 °C am besten aus.

Schlussfolgerungen

Die unterschiedliche Reifedauer führte zu teilweise gegenläufigen Effekten. Einerseits war die längere Reifedauer bei 14 °C für eine erhöhte Proteolyse verantwortlich, andererseits führte die höhere Temperatur von 16 °C

zu einer besseren Loch- und Aromabildung. Ein Vergleich mit «normal» gereiften Käse, welche also einen Gär-raum-aufenthalt durchliefen, wurde in einem früheren Versuch gemacht (Fröhlich-Wyder und Isolini 2003). Ein Gär-raum-aufenthalt ist zwar für den typischen, gewohnten Emmentaler-Geschmack von Vorteil (höhere Beliebtheit), doch bezüglich Aromanote und -intensität waren die Versuchskäse ebenbürtig. Grund ist wiederum die längere Reifedauer, die den Reifeinfluss des Gär-raum-aufenthalt wettmacht.

Zusammenfassend kann Folgendes für die Modell-Käse aus pasteurisierter Milch im vorliegenden Versuch festgehalten werden:

- Eine Propionsäuregärung findet auch dann statt, wenn bei konstanten Temperaturen ohne Gär-raum-aufenthalt (14 bzw. 16 °C) gereift wird.
- Die Lochbildungsdauer verlängert sich entsprechend; die Lochung ist eher kleiner.
- Die Reifung bei 16 °C – somit die kürzere Reifedauer – hat zu den besseren sensorischen Ergebnissen geführt.

Tab. 3. Sensorische Untersuchung der reifen Modell-Grossloch-Käse aus pasteurisierter Milch

Faktor	Stufe	N	Aroma-intensität (1 – 7)	Teiglänge (1 – 7)	Teig-festigkeit (1 – 7)	Note Lochung (1 – 6)	Loch-anzahl (0 – 5)	Loch-grösse (1 – 5)	Note Total (4 – 24)
Halbhart-Käse									
Kultur	Prop96	4	4,6	4,5	2,2	3,2	1,3	2,3	18,5
	Prop03	4	4,5	4,1	2,2	2,6	0,5	1,3	17,5
	Stamm 128	4	4,8	4,3	2,3	2,3	0,9	1,9	17,4
Reifung	14 °C	6	4,3	3,7	2,3	2,6	0,6	1,3	17,5
	16 °C	6	5,0	4,9	2,1	2,8	1,2	2,4	18,1
p-Wert	Kultur		–	–	–	(*)	*	(*)	–
	Reifung		**	*	–	–	*	**	–
	Tag		*	–	–	–	–	*	–
Hartkäse									
Kultur	Prop96	4	2,8	6,3	4,0	4,7	1,3	3,0	19,5
	Prop03	4	3,1	5,4	4,1	4,3	1,3	2,8	19,8
	Stamm 128	4	3,4	5,6	4,3	4,5	1,6	3,4	18,7
Reifung	14 °C	6	3,4	5,5	4,4	4,2	1,2	2,9	18,5
	16 °C	6	2,8	6,0	3,8	4,8	1,6	3,1	20,2
p-Wert	Kultur		**	*	–	–	–	–	–
	Reifung		***	*	(*)	**	–	–	*
	Tag		*	–	–	*	–	–	–

* $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$; – nicht signifikant

■ Die Prop 96 führte sowohl im Halbhartkäse als auch im Hartkäse zu den besten Ergebnissen; der Stamm 128 bewährte sich vor allem im Hartkäse u.a. mit einem intensiveren Aroma.

Es kann somit auch ohne Gär-raum-aufenthalt, mit entsprechender Anpassung der Reifezeit, ein Grosslochkäse guter Qualität hergestellt werden.

Literatur

■ Crow V.L., Martley F.G. & Delacroix A., 1988. Isolation and properties of aspartase-deficient variants of *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *shermanii*

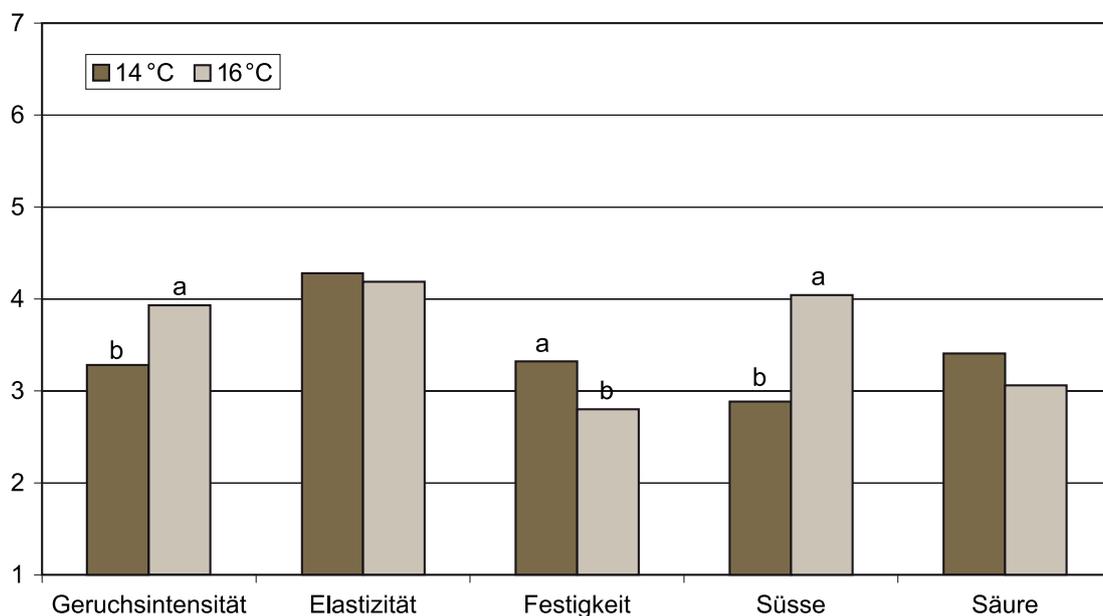


Abb. 4. Sensorische Beurteilung der Grossloch-Halbhartkäse aus pasteurisierter Milch (N = 6) a, b Werte unterscheiden sich signifikant, Fisher LSD $p < 0.05$.

and their use in the manufacture of Swiss-type cheese. *N. Z. J. Dairy Sci. Technol.* **23**, 75-85.

■ Fröhlich-Wyder M.T., Bachmann H.P. & Casey M.G., 2002. Interaction between propionibacteria and starter / non-starter lactic acid bacteria in Swiss-type cheeses. *Lait* **82**, 1-15.

■ Fröhlich-Wyder M.T. & Isolini D., 2003. Einsatz von Prop 01 und Prop 96 ohne Gär-raum-aufenthalt. *FAM Interner Bericht* (nicht publiziert) **37**, 1-10.

■ Fröhlich-Wyder M.T. & Bachmann H.P., 2004. Cheeses with propionic acid fermentation. In: *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology* (Eds P.F. Fox, P.L.H. McSweeney, T.M. Cogan & T.P. Guinee). Elsevier Academic Press, London, UK, 141-156.

■ Richoux R. and Kerjean J.R., 1995. Technological properties of pure propionibacteria strains: test in small scale Swiss-type cheese. *Lait* **75**, 45-59.

■ Wyder M.T., Bosset J.O., Casey M.G., Isolini D. & Sollberger H., 2001. Influence of two different propionibacterial cultures on the characteristics of Swiss-type cheese with regard to aspartate metabolism. *Milk Sci. Int.* **56**, 78-81.

RÉSUMÉ

Peut-on renoncer à la cave de fermentation pour les fromages à grandes ouvertures?

Des analyses effectuées en laboratoire auprès d'Agroscope Liebefeld-Posieux (ALP), la station de recherches en production animale et laitière, ont montré que des bactéries propioniques peuvent se développer relativement bien à de basses températures (14°C). Cela a pu être prouvé non seulement pour les deux cultures Prop 01 et Prop 96 mais aussi pour beaucoup d'autres souches. Il semblerait même que toutes les bactéries propioniques possèdent cette faculté. La présente étude avait pour objectif de déterminer s'il est possible de fabriquer des fromages à grandes ouvertures tout en renonçant à les faire séjourner dans une cave de fermentation. ALP a laissé mûrir des fromages d'essai à basses températures (14 et 16°C). Tous les fromages présentaient une ouverture; la durée de maturation était toutefois plus longue que d'habitude. En ce qui concerne les caractéristiques sensorielles également, on a constaté de légères différences. Il est donc possible de fabriquer un fromage à grandes ouvertures de bonne qualité en adaptant la durée de maturation tout en renonçant à le faire séjourner en cave de fermentation.

SUMMARY

Can Swiss type cheese be produced without a period in the fermentation room?

Laboratory investigations at Agroscope Liebefeld-Posieux, Swiss Federal Research Station for Animal Production and Dairy Products (ALP), had shown that propionibacteria are also able to grow relatively well at low temperatures (14°C). This could be proven not only for the two cultures Prop 01 and Prop 96, but also for many other strains too. It even seems very probable that all propionibacteria have this ability. The aim of this study was to show whether it is possible to produce Swiss type cheese without a period in the fermentation room. At ALP, test cheese was allowed to ripen at constant low temperatures (14 or 16°C). All cheese exhibited eye formation, but the ripening period was longer than usual. Slight differences in sensorial properties could also be detected. In this way, with appropriate adjustment of the ripening period, a good quality Swiss type cheese can be made even without a period in the fermentation room.

Key words: swiss type cheese, propionic acid fermentation, ripening, eye formation, fermentation room