

原料乳の品質とチーズ製造上の諸問題

帯広畜産大学 有賀 秀子

はじめに

近年、西欧タイプチーズ特にナチュラルチーズに親しむ人々が増えてきている。国内でのナチュラルチーズの生産高は1991年に2.7万トンで、そのうち約35%が直接消費に仕向けられている。一方、輸入ナチュラルチーズは同年に12.2万トンを超え過去最高量となった。これらナチュラルチーズからさらにプロセスチーズが生産され、チーズ消費総量は1991年で16.3万トンに達した¹⁾。これを日本人一人一日当たり消費量に換算すると3.7g程度となる。この中で

国産の占める割合はナチュラルチーズベースで17.9%であり、またプロセスチーズ原料のうち国産チーズの占める割合は26%であった(表1)。

1986年からの6年間で国産チーズの生産の伸びは2.6%で極めて低く、チーズの需給関係の中で大きな伸びを示しているのは、直接消費用ナチュラルチーズ(国産・輸入)と輸入プロセスチーズである。直接消費用輸入ナチュラルチーズは10%の伸びがみられ、国産直接消費用ナチュラルチーズの伸びは僅か3.7%であるので、直接消費用ナチュラルチーズの伸びは主に輸入に依存するところが大きい。また輸入プロ

表1 日本におけるチーズの需給動向 (単位:千トン, %)

	1986	87	88	89	90	91	86-91 伸び率
国産ナチュラルチーズ生産量(B+C) A	23.9	25.0	26.4	27.0	28.4	27.1	2.6
プロセスチーズ原料用 B	15.9	16.9	16.3	17.0	18.3	17.6	2.0
直接消費用 C	8.0	8.1	10.1	10.0	10.1	9.5	3.7
輸入ナチュラルチーズ総量(E+G) D	84.7	97.2	116.8	109.2	111.6	122.3	7.6
プロセスチーズ原料用 E	39.4	42.2	45.4	45.3	44.4	49.1	4.5
直接消費用 G	45.3	55.0	71.4	63.9	67.2	73.2	10.1
直接消費用ナチュラルチーズ(C+D) H	53.3	63.1	81.5	73.9	77.4	82.8	9.2
国産プロセスチーズ生産量 I	65.2	69.7	72.8	73.6	73.9	78.6	3.8
プロセスチーズ輸入総量 J	0.05	0.05	0.19	0.43	2.0	2.2	109.3
プロセスチーズ総消費量 K	65.3	69.8	73.0	74.0	75.9	80.8	4.4
チーズ総消費量(H+K) L	118.5	132.9	154.5	148.0	153.3	163.6	6.7
国産チーズ使用率							
プロセスチーズ原料用 B/(B+E)	28.8	28.6	26.4	27.3	29.2	26.3	
ナチュラルチーズ全体 A/(D+J)	22.0	20.5	18.4	19.8	20.1	17.9	

日本乳業年鑑1992年版(資料編), 日本乳製品協会・畜産局牛乳乳製品課調べ

セスチーズでは実に109%もの伸びであるが、国産プロセスチーズの生産は3.8%増加しているに過ぎない¹⁾。

このように近年のチーズ生産・消費の伸びは輸入チーズの影響を大きく受けていると言わざるを得ない。しかし一方、確かに我々の周囲には国産ナチュラルチーズ生産増の息吹が感じられる。(図1, 2)。

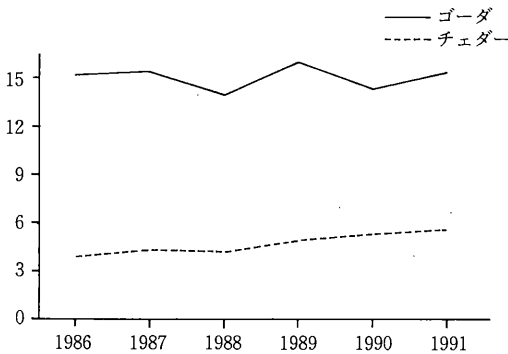


図1 ナチュラルチーズ(ゴータ・チェダー)の生産量の推移(千トン)

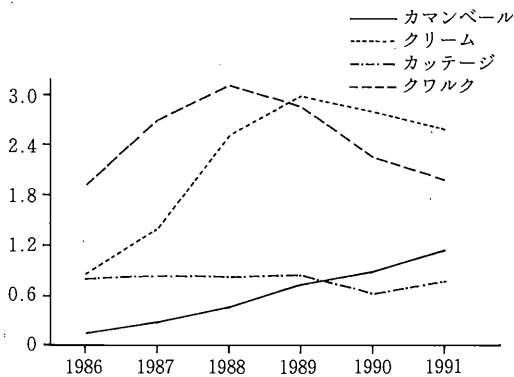


図2 ナチュラルチーズ(カマンベール・クリームチーズ・カッテージチーズ・クワルク)の生産量の推移(千トン)

今から2年程前、爆発的に人気のでたテラミス、これはソフトタイプのナチュラルチーズの生産を身近に感じさせてくれ、マスカルポーネというイタリア産のクリームチーズを認識する機会を我々に与えてくれた。

今モザレラが面白い。これもイタリアチーズである。イタリアは米と麵の文化を持つ点で我々と共通している。チーズ生産の将来像の一端をかいま見るようで面白い。

ここ数年、確実に消費者に浸透してきているのが白かびチーズである²⁾。一般にカマンベールと呼ばれるこのチーズはフランス原産である。ここ十数年間、国内の各乳業メーカーはしのぎを削って国産のカマンベールチーズを作り上げてきた。数か月前また新しいカマンベールチーズが市場に参入した。「十勝」という名のカマンベールチーズも出回っている。東洋一を誇るチーズ工場も更に大規模化と自動化を目指し増築されている。今、北海道・十勝産というブランドが高い需要を得ている。これは製造技術もさることながら、原料乳の確かさにもその原因があると思われる。乳製品は製造技術と同時に、原料乳の品質が製品の品質を左右すると考えられる。そこで本文では原料乳の品質がチーズの製造特性に及ぼす影響について論述したい。

I. 原料乳の成分的特性とチーズ製造における影響

良いフレーバーを有し、保存性の良いチーズを作るには生乳の品質が良好でなければならない。一般に牛乳は品質を低下させるような各種の臭いに対して非常に感受性が高い。それは搾乳環境の臭いであつたり、後述するような乳中細菌によるものであつたり、酵素による脂肪の分解産物が原因であつたり³⁾、実に多種の臭いを吸収する。

牛に良質のサイレージを給与すると良い品質の乳を得ることができる⁴⁾。しかし、ビートやかぶのトップあるいは根部を与えると、乳中に苦みフレーバーを生じさせる原因となることをBassetteら⁵⁾は報告している。

またチーズ製造時に用いられる乳酸菌スター

ターのタンパク質分解活性は製品のチーズに苦みをもたらす。チーズの製造過程で、カゼインはC-末端に疎水性のペプチドを伴った分子量1,400ダルトン程度までの低分子ペプチドに分解される⁶⁾。β-カゼインのC-末端の部分は特に苦みを有し^{7,8)}、ゴーダチーズの苦みペプチドの主な原因となっている^{7,9)}。したがって、チーズのように苦みフレーバーが製造過程で生じやすい乳製品に用いる原料乳では、飼料給与に十分注意を払わねばならない。

レンネット凝固チーズ製造においては先ず原料乳中のカゼイン、つまりたんぱく質の含量とその性質が製造特性に影響を与えると考えられる。チーズ製造時には一般に原料乳の標準化という操作がなされる。これは製品が国際規格に適合したものになるようにということと、チーズのボディーつまり、物理的特性あるいは官能的特性が適正なものになるようにという理由からである。

チーズカードの構造を作り上げている主成分はカゼインであるが、脂肪、水分、塩類およびホエー蛋白などの各成分をどのようにこのカード中に取り込むかにより製品の品質は大きく異なることが考えられる。これら各成分の中で、製品の品質に特に大きな影響を与えられるのはカゼインに対する脂肪の比である。原料乳の脂肪含量に対する無脂固形分の比は1:0.36から1:0.47が良いという報告が多い¹⁰⁾。この比はホエー中に失われる乳糖並びにホエー蛋白を含んでいるので、カゼインに対する脂肪比1:0.70が、チェダーチーズの原料乳として適当であることを示唆している。図3は、種々の脂肪に対するカゼイン比の原料乳から製造されたチーズのボディーに対しての格付け点数を示したものである。これによると熟成後の良好なボディーあるいはテクスチャーのチェダーチーズは、脂肪1に対してカゼイン0.69から0.71

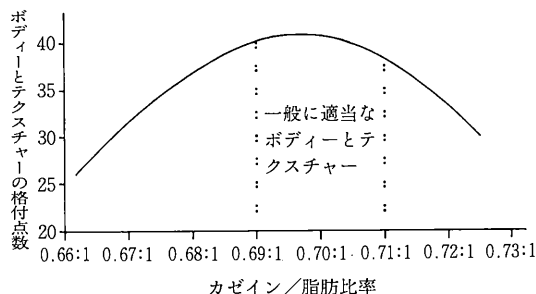


図3 原料乳の脂肪とカゼインの比率から見たチーズの格付点数

Scott, R., Cheesemaking Practice, 119, 1981.

の範囲で得られることを示唆している¹⁰⁾。

また Remeuf ら¹¹⁾は、乳の理化学的性質がチーズ収率やチーズ製造特性に与える影響を調べた。まず原料乳の理化学的特性値間の相関を求めたところ、総カゼイン量とたんぱく含量との間に極めて大きな正の相互関係が認められ、またκ-カゼイン量とκ-カゼインB-変異体の含量との間にも正の高い相関が認められた。一方、α_s-カゼインとκ-カゼインB-変異体、カゼインミセル直径サイズとκ-カゼインB-変異体の量との間には、明らかな負の相関がみられた。次に、レンネット凝固パラメーターと原料乳の理化学的特性値との相関を見ると(表2)、乳固形分の回収率、チーズの最終重量と原料乳のたんぱく質含量、総カゼイン含量との相関は高く、ゲルのかたさにたんぱく質と総カゼイン量が影響を与える可能性も認められた。また、レンネット凝固性パラメーター間には表3のような相関が見られた。また酸凝固性パラメーターと原料乳の理化学的特性値との間には表4に見られるような相互関係が認められ、これらの結果から、レンネット凝固チーズでは、カードのかたさはカゼインミセルのサイズとカゼイン含量の影響を大きく受け、またカード形成の速度はできたカードのかたさと正の相関があり、カードのかたさは乳固形分の回収量と、

表2 レンネット凝固パラメーターと原料乳の理化学的性状との関係

	凝固時間	ゲル化速度	ゲルのかたさ	乳固形分回収率	チーズの最終重量
たんぱく質	0.38		0.44	0.67	0.54
総カゼイン	0.39	0.33	0.48	0.67	0.45
α_s -カゼイン		-0.54	-0.51	-0.52	
β -カゼイン			0.39	0.30	
κ -カゼイン		0.42			
$\beta \cdot A_2$ カゼイン	0.42				
$\kappa \cdot A$ カゼイン			-0.37		
$\kappa \cdot B$ カゼイン	-0.43	0.50	0.40	0.40	
ミセルサイズ		-0.46	-0.38		
コロイドCa					0.34
可溶性Ca	-0.41				
Caイオン	-0.37				
pH	0.52				0.36

Remeuf ら, Lait, 71: 397-421 (1991) から抜粋

表3 レンネット凝固パラメーター間の相互関係

	凝固時間	ゲル化速度	ゲルのかたさ	カードの水分含量	ホエーの固形分量
ゲル化速度	-0.44				
ゲルのかたさ		0.80			
ホエーの固形分				-0.63	
乳固形分回収率		0.70	0.79		-0.50
最終カード重量	0.39				-0.51

Remeuf ら, Lait, 71: 397-421 (1991) から抜粋

表4 酸凝固パラメーターと原料乳の理化学的性状との相互関係

	粘性係数	乳固形分回収率
たんぱく質	0.77	0.85
総カゼイン	0.85	0.88
カルシウムイオン		
可溶性クエン酸		-0.38

Remeuf ら, Lait, 71: 397-421 (1991) から抜粋

乳固形分の回収量はカード形成速度とそれぞれ正の相関が認められた。また酸凝固カードにおいては、原料乳のタンパク質含量と総カゼイン

含量がカードの粘性係数と高い正の相関があった。また両タイプのカードにおいてカード中への乳固形分の回収率は、乳中のタンパク質含量、カゼイン含量および β -カゼインの割合の高いもの程大になる傾向のあることを報告した。

Niki らは¹²⁾ 2種のサイズのカゼインミセルを用いレンネット処理をして形成されるカードの性質を調べた結果、カード形成速度は小ミセルの方が速く、特に凝固初期において速やかにかたさを増すこと、小ミセルのカードのかたさは大きなミセルに対して常に高い値を示したことを明らかにしている。

通常レンネット凝固性の弱い乳は、チーズ収率を減少させ、水分含量が高く、かつ非常に苦い風味のチーズを作りやすいので用いない方がよいと言われている¹³⁾。

ホエーたんぱく質は、カード形成時にその一部がカード中に取り込まれる。高熱で殺菌処理された原料乳からのチーズは、熱変性を受けたホエーたんぱく質のカード中での含量が高まり、軟弱なカードを作りやすい。

また原料乳中のカルシウムイオンが減少することは、カードの収率に影響を与える。

一般に原料乳を殺菌すると溶解相のカルシウムイオンがコロイド相に移行する。この変化は冷却することにより一部可逆的であるが、加熱条件が過酷になると不可逆的な反応となり、カルシウムイオンは明らかに低下する。チーズカードは、 κ -カゼインによって保護されていたカゼインミセルが、酵素キモシンによって生じたパラ κ -カゼインとカルシウムの反応により凝固沈澱して形成されるものである。したがって、十分な遊離カルシウムの存在によりボディのしっかりした収率の高いチーズを得ることができる。

Jen ら¹⁴⁾、Lombard¹⁵⁾、Storry ら¹⁶⁾、Grandison ら¹⁷⁾、McMahon ら¹⁸⁾および Okigdo ら¹⁹⁾はカゼインミセルにカルシウムを添加すると、カードのかたさが明らかに大なることを報告している。

このため、カード形成時に塩化カルシウムを加えるのが一般的なチーズの製造で行われている。

II. 原料乳の細菌的品質とチーズ製造特性

原料乳の細菌数は近年著しく減少の傾向にあり、北海道生乳検査協会の北海道の合乳についての成績によると、平成3年度の平均で10万

/m¹以下が全体の99.1%を占めており、この内3万/m¹以下は全体の85.4%となっている。これを前年と比較すると10万以下で0.2ポイント、3万以下では4.6ポイントも増加しており、細菌数の低い乳の割合が高まってきている²⁰⁾。ここでいう細菌数は中温細菌をもって表現しているもので、生乳が通常貯蔵される低温下では、むしろ低温菌の存在に意を払わなければならない。

低温細菌はバルクの貯乳温度範囲で明らかに増殖が可能であり、かつ乳成分を基質としてこれらを変性させる酵素を低温下で産生する能力の高い菌属が野外調査でよく検出される。一般に中温菌数が高い環境では低温菌数も高い生乳が得られるので、通常、細菌的乳質を考える場合の指標として中温菌数を用いているが、処理後の乳質に与える影響の大きさから見ると、低温菌それ自体を観察することが大切である。

通常バルク乳から検出される低温細菌としては、*Pseudomonas* 属、*Micrococcus* 科、腸内細菌科、*Alcaligenes* 属、*Corynebacterium* 属、*Aeromonas* 属、*Achromobacter* 属などで、いずれもバルククーラーの貯乳温度下で増殖可能な菌である。低温菌が乳質との関連で問題になるのは、貯乳温度条件下で増殖し、この環境でタンパク質や脂肪を分解する酵素を産生すること、この酵素が乳質を著しく低下させ、かつ原料乳の殺菌程度の熱に耐える性質を有するものがあるということによる。

十勝管内で採取した低温菌数が 10^3 レベルと 10^2 レベルのバルク乳2試料を用い、2℃から6℃までの温度下で低温菌の増殖を観察した²¹⁾。その結果バルク乳中での低温菌の見かけの世代時間は、初発菌数が 10^3 レベルの試料を2℃で保存した場合13.8時間となり、 10^2 レベル乳では14.5時間となった。つまりこの温度条件では初発菌数の少ないバルク乳では世代時間の延長

効果が認められた。しかし4℃の保存では、 10^2 乳で11.9時間、 10^3 乳では11.8時間と初発菌数の1対数差は世代時間に影響を与えることはなく、この傾向は酪農家でのバルク乳の貯乳温度範囲である6℃まで同様であった。2℃に比べると4℃では約85%、5~6℃では50%前後までに世代時間が短縮された。

三河²²⁾は、低温細菌として生乳中に多く出現する *Pseudomonas* の世代時間についての試験の結果、0℃に対して4~5℃では世代時間が45%程度まで短縮されることを報告している。また笹野²³⁾は、5℃での世代時間は *Pseudomonas* が約6時間、*Flavobacterium* が11.8時間、*Klebsiella* で6.6時間、*Alcaligenes* で9.2時間、*Achromobacter* 9.3時間、*Aeromonas* が10.4時間であったことを報告している。このように低温細菌はバルククーラーの設定温度付近の僅か1℃の温度差であっても、その増殖速度を変えるという傾向が観察されている。したがって、良質な生乳を生産するにはバルククーラーの温度管理に十分注意を払わなければならない。

Cousinsら²⁴⁾によると、生乳の初期のマイクロフローラは、低温性のグラム陰性桿菌が10%以内を占めているに過ぎない。しかし低温下に貯蔵すると速やかに優勢菌種となってしまう。このマイクロフローラの変化は、Lawら²⁵⁾によって報告されている。また低温下で優勢を占めるのは、*Pseudomonas* の菌種であることが多くの報告者によって明らかにされている^{24, 26, 27, 28)}。十勝管内のバルク乳を用いた我々の最近の調査結果でも、同様な傾向を観察している。

多くの低温細菌は、低温下で貯乳中に、菌体外プロテアーゼ、リパーゼを産生する能力を有する^{29, 30)}。

乳や乳製品の品質に対する低温細菌のプロテアーゼやリパーゼの影響については、フレーバ

ーの変化や粘質化その他の欠陥を生じることについての報告がみられる^{31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44)}。これらの欠陥は様々な発現のしかたをするが、タンパク質分解においては、風味の変化の中で特に苦みの発生が大きな影響を与える^{35, 45, 46)}。

Mckellar⁴⁷⁾は乳中での苦みの発現を、脂肪分解を測定することによって報告した。それによると、苦みが明らかに認識されるには、トリクロロ酢酸可溶性遊離アミノ酸量がUHT乳では0.289~0.544 μ mol、低温殺菌乳では0.499~0.746 μ molが必要であるとされている。またカッテージチーズの市場過程で、可溶性窒素の増加と低温菌の増殖によって苦みフレーバーがしばしば増加する⁴⁸⁾ことが観察された。

低温菌のプロテアーゼはホエータンパク質よりむしろカゼインの変性に大きく関与し、特に β -カゼイン、次いで α -カゼイングループ、 κ -カゼイン、 γ -カゼインの順にその影響が及ぶという報告が多くみられる^{47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64)}。 β -カゼインから生じたペプチドは特に苦みの原因となるので、低温菌の増殖は極力抑制されることが望ましい。

低温菌の牛乳脂肪に対する影響は、主に乳中脂肪の酸化分解により生じた遊離脂肪酸に由来するランシッド臭である^{35, 65, 66)}。

AL-Shabibiら⁶⁷⁾は炭素数4から8の脂肪酸は、ランシッド臭(rancid flavor)をもたらし、10から12の脂肪酸は不潔臭(unclean flavor)、石けん臭(soapy flavor)の原因となり、炭素数14から18まではフレーバーにあまり関与しないと報告している。脂肪から分解された不飽和脂肪酸は酸化されやすく、その結果、厚紙臭(cardboardy flavor)、酸化臭(oxidized flavor)、金属臭(metallic flavor)など、異常風味(off flavor)を高める原因となるアルデヒド類やケトン類を生じる⁶⁸⁾。低温菌が混入している生乳の低温貯

蔵中に遊離脂肪酸濃度が高まるという報告があるが⁶⁹⁾、その風味に対する影響は菌数が 10^6 から 10^7 /ml以上でないと検出し得ないという。低温細菌による脂肪分解活性は、菌株の違いにより大きく異なると報告されている³⁵⁾。

多くの低温菌は、低温殺菌により細胞は死滅するが、耐熱性の菌体外プロテアーゼやリパーゼを産生する。Adams ら⁷⁰⁾が生乳から分離した低温細菌プロテアーゼのすべては、 149°C 10秒で失活せず、UHTの殺菌条件では不活化できないことを示した。また 121°C 10分間でも不活化しないプロテアーゼが生乳から分離された、という報告も見られる^{45, 71)}。さらに、生乳から分離した低温性の *Pseudomonas* 13株の産生したプロテアーゼの活性は、 77°C 17秒間の加熱後に55~65%が、 140°C 5秒間の加熱後にも20~40%が残存していたことを Griffiths ら⁷²⁾が報

告している。彼らが生乳から分離した *Pseudomonas*、腸内細菌科、*Alcaligenes*、*Flavobacteria*、*Moraxella*、*Acinetobacter*、*Aeromonas*、*Achromobacter*、*Bacillus* の29株の結果から、低温菌の産生するほとんどのプロテアーゼは耐熱性を有するが、*Bacillus cereus* と、*Bacillus firmus* のプロテアーゼは、UHT殺菌で失活するといっている。Garcia らはその後の報告で⁷³⁾、一年間以上にわたって大小規模の乳製品工場への生乳試料から、398株の低温細菌を分離した。その中の266株の *Pseudomonas* から菌体外プロテアーゼとリパーゼを回収して、その熱安定性について調べた。低温菌の67%が *Pseudomonas* で占められ、そのうちの70%の菌から回収されたプロテアーゼとリパーゼは、 130°C 15秒間の加熱処理に耐えたと述べている。一定の加熱温度で、初期の酵素活性を10%に

表5 *Pseudomonas* から分離したプロテアーゼの種々の緩衝液中でのD値

プロテアーゼ 分離源菌株	D値 (分)	加熱温度	引用文献
Ps. Fluorescens			
P26	950	71.4	Mayerhofer et al. (1973) ⁴⁶⁾
	9	120	
NCDO 2085	1.0	140	Alichanidis et al. (1977) ⁷⁴⁾
	0.5	150	
AFT 36	219	70	Stepaniak and Fox (1983) ⁷⁶⁾
	1.0	140	
<i>Pseudomonas</i> spp.	160	74	Kishonti (1975) ⁷⁵⁾
21B	8.8	130	
MC60	304	74	Adams et al (1975) ⁷⁰⁾
	1.5	149	
AFT21			
Proteinase I	118	70	Stepaniak and Fox (1985) ⁷⁷⁾
	0.65	140	
Proteinase II	92	70	
	0.30	140	
Proteinase III	237	70	
	0.90	140	

まで低下させる時間、つまりD値について、表5, 6のような報告がみられる^{46, 70, 74, 75, 76, 77, 78)}。この表から、*Pseudomonas*からのプロテアーゼ、リパーゼはともにかなり高い耐熱性を有することが明らかである。

チーズ製造において、原料乳中の低温細菌がチーズの収率や製品の品質に大きな影響を与えるという報告が多数見られる^{35, 48, 50, 51, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90)}。

Hicks は⁷⁹⁾、チーズ収量は原料乳の貯蔵期間が長くなるにつれて増大したが、これはカード中の水分含量の増加に伴うもので、乳固形分の収量は減少したことを報告している(図4, 5)。Chaman ら⁸³⁾、Yan ら^{91, 92)}も、3日もしくはそれ以上保存した原料乳からのカードの水分含量が増加することに注目した。低温細菌の菌種が異なることによって、たんぱく質や脂肪の分解速度は大きく異なる^{81, 89)}。一般にチーズ収量に対する低温細菌の影響は、初発低温菌数の大きさと、生乳の保存期間の長さによって異なる。Hicks ら⁷⁹⁾の実験では、初発低温菌数が 10^6 レベルの生乳を用いた時、原料乳の保存期間4日ま

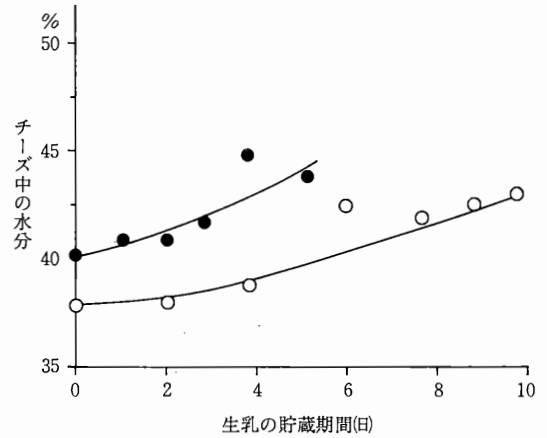


図4 生乳の貯蔵がチーズ中水分量に与える影響

Hicks, C. L. Onuorah, C., O'Leary, J. and Langlois, B. E., *J. Dairy Sci.*, 69: 649-657 1986.

○—○: grade A milk
●—●: manufacturing milk

でにおいて、固形分の回収率は一日当たり約0.5%低下した。さらに生乳の保存期間を延長させるとチーズ固形分の収率は低下し、この低下と生乳中の菌数の増加との間には関連が認め

表6 合成乳清緩衝液とリン酸緩衝液 (pH6.6) 中で加熱した *Pseudomonas fluorescens* AFT 36 から分離した精製リパーゼのD値

加熱温度, °C	D値		1/2活性の加熱時間	
	乳清緩衝液	リン酸緩衝液	乳清緩衝液	リン酸緩衝液
50	600	127	105	39
55	129	13.5	38	3.9
60	36.3	1.02	7.8	0.68
65	18.0	0.48	6.75	0.18
70	7.5	0.88	1.87	0.26
80	6.0	1.26	0.75	0.28
90	12.0	4.87	0.93	0.28
100	7.7	7.43	2.44	0.68
120	2.66	1.95	0.58	0.33
140	0.95	0.80	0.28	0.26
150	0.48	0.36	0.15	0.10

Fox, P. F. and Stepaniak, L., *J. Dairy Res.* 50: 77-89 1983.

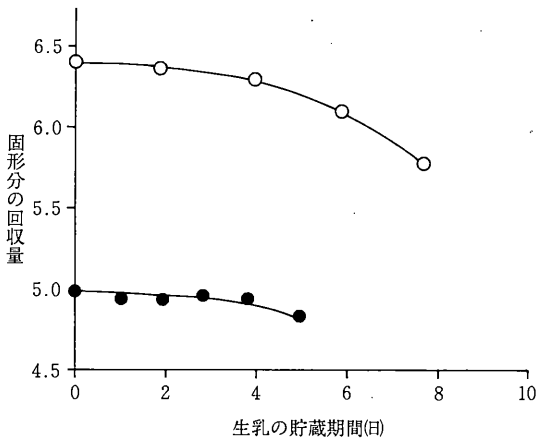


図5 生乳の貯蔵がチーズ中固形分回収量に与える影響

Hicks, C. L. Onuorah, C., O'Leary, J. and Langlois, B. E., J. Dairy Sci., 69: 649-657 1986.

○—○ : grade A milk
●—● : manufacturing milk

られた。この収率の低下は低温菌の産生した菌体外酵素によるたんぱく質と脂肪の分解により引き起こされたものである。たんぱく質の分解はカード中の水分の増加に伴って引き起こされた。

Hicks ら⁷⁹⁾の数種の試験の結果、24時間から36時間貯蔵した生乳では、チーズ収量の僅かな増加(統計的に有意差は認められないが)が観察された。この現象はAli ら⁸⁰⁾によっても報告されている。これは貯乳の初期において、温度やpHの影響でカゼインの溶解性、特にβ-カゼインの溶解性が低下したことによると説明されている。高品質の生乳(初発低温細菌の割合が全菌数の10から20%を占めるような)を貯蔵した場合、pHが徐々に低下して収量の僅かな増加をもたらすものと判断された。

結局、低温菌のチーズ収量に対する影響は、原料乳中の初発菌数の多少、チーズ製造までの貯乳期間、生乳の貯蔵過程で優勢になる低温菌種とそのたんぱく質分解性と脂肪分解性、など

に集約される。

ホエーたんぱく質、加水分解されたカゼインやペプチド、非蛋白態窒素などからなるホエーの総窒素は生乳の保存期間が長くなるにつれて、また貯蔵乳中に低温菌が存在している場合に増加することが認められている^{80, 86, 89)}。また、貯乳期間が長くなると凝乳時間が延長され、低温菌が混在している生乳ではやわらかいカードとなるということも観察されている^{83, 84, 87, 93)}。

チーズ品質は、生乳を約一日保存した場合僅かに(統計的には有意差は認められない)向上する。しかし、その後速やかに低下すると言われている。6日以上貯蔵した生乳から製造したチーズは、一般にガス発生が見られ、ペースト状なボディとなる⁷⁹⁾。そしてフレーバーは果実臭から極度の不潔臭となり、苦みフレーバーが増大する。これらの変化は、芽胞形性能を有する低温細菌が生残り増殖することによるものと判断される^{84, 94)}。

Yan ら⁹¹⁾は、低温菌数が 10^6 より多い場合、十分量の栄養細胞、芽胞、耐熱性酵素が熟成過程で優勢を占めることになり、この耐熱性酵素が多分苦みフレーバーを強め、かつペースト状のボディを作るのに関与しているであろうと述べている。

低温菌で極度に汚染されている生乳中の低温菌由来の耐熱性プロテアーゼ、リパーゼはカード中に保持され、熟成過程でボディやテクスチャーに影響を与え、品質の低下をもたらすといわれている^{35, 83)}。

我々は十勝管内のバルク乳を用いて Cutter ジタイプチーズ(試験1)とゴーダタイプチーズ(試験2)を調製し、低温菌数とチーズ製造特性との関係を調べた⁹⁵⁾。試験1では中温菌の初発菌数が 10^3 レベルと、 10^5 レベルの生乳を用いた。前者の試料では、5℃での生乳保存5日目まで、菌数の増加はほとんど認められなかつ

たが、後者の試料では5日目で 10^6 とやや増加した。一方、低温菌数は極めて少ない 10^1 レベルの試料(前者)と 10^3 レベルの試料(後者)であった。保存5日目には前者で約 10^5 近くまで、後者で 10^6 を超えるまで増加した。ここで検出された低温菌のうち蛋白分解能を有する菌の割合は、5℃と25℃のインキューベートで判定した結果、5日目で両試料とも約70%程度であった。一方、脂肪分解能を有する菌は、5日目には100%近くに達した。このような原料乳から調製したカッテージチーズの収率は、生乳の保存日数とともに10~20%程度低下した。また固形分収量も約90%前後に低下した。物理特性値の測定の結果から、原料乳の保存期間が長くなると、ペースト状なボディーのチーズとなった。この傾向は初発低温菌数の高い生乳から得られたもので顕著であった。

次に初発低温菌数が 10^3 レベルの生乳を9日間まで5℃で保存した。生乳の菌数は9日目で、 10^7 にまで増加した。脂肪分解菌、たんぱく分解菌の全低温菌数に占める割合は、ともに生乳の保存日数が長くなるにつれ高くなり、9日目には80~90%程度となった。また原料乳の低温菌叢は、保存一日目ですでに *Pseudomonas* が65%を占め、*Micrococcus* 科がこれに次いでいた。保存期間が長くなるにつれ *Pseudomonas* の割合が増し、9日目では80%を超えていた。原料乳の全窒素に対する非蛋白態窒素の割合は、保存日数とともに増加し、プロテオース・ペプトン画分およびアミノ態窒素画分ともに増加した食用適期にチーズの物理特性値を測定した結果、原料乳の保存日数の長いものほど脆弱なボディーとなり、特に、9日保存乳から調製されたチーズは、他の試料と比べ明らかに品質の劣るものであった。

以上、これら多くの報告や我々の試験結果から、生乳のチーズ製造特性に対しては、成分的

乳質より細菌の乳質が大きな影響を与え、特に日常の生乳保存条件下においてもその影響が十分起こり得ることに注目しなければならない。

5℃より4℃が、4℃より2℃の貯乳が細菌的乳質を高めるのに明らかに効果的であった。

チーズ製造技術は大きく進展しているが、その技術を生かして高品質の製品を作るには、先ず高品質の原料乳を供給しなければならない。この点から乳質改善の努力はますます必要になってくる。

生乳の生産環境を充実することが、チーズを初めあらゆる飲用乳、乳製品の品質を向上させる基本的な条件と考えられる。

参考文献

- 1) 日本乳製品協会, 日本乳業年鑑 1992年版 資料編, 18-19, 日本乳製品協会。東京1992。
- 2) 日本乳製品協会, 日本乳業年鑑 1992年版 資料編, 20-21, 日本乳製品協会。東京1992。
- 3) Lemieux, L. and Simard, P. E., Bitter flavour in dairy products. 1. A review of the factors likely to influence its development, mainly in cheese manufacture, *Lait*, **71** : 599-636 1991.
- 4) Polansky, J., Effect of dairy cow nutrition on certain blood characteristics and parameters of milk quality, *Zivocisna Vyroba*, **34** : 491-497 1989.
- 5) Bassette, R., Fung, D. Y. C. and Mantha, V. R., Off-flavors in milk, *CRC. Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, **24** : 1-52 1986.
- 6) Matoba, T. and Hata, T., Relationship between bitterness of peptides and their chemical structures, *Agric. Biol. Chem.*, **36** : 1423-1431 1972.
- 7) Visser, S., Slangen, K. J., Hup, G. and Stanhouders, J., Butter flavor in cheese. 3. Com-

- parative gel-chromatographic analysis of hydrophobic peptide cheese and identification of bitter peptides isolated from a cheese made with *Streptococcus cremoris strain HP*, Neth. Milk Dairy J., **37** : 181-192 1983.
- 8) Shinoda, I., Okai, H. and Fukui, S., Bitter taste of H-Val-Val-Val-Pro-Pro-Phe-Leu-OH corresponding to the partial sequence (positions 82-88) of bovine β -casein, and related peptides, Agric. Biol. Chem., **50** : 1255-1260 1986.
- 9) Visser, S., Slangen, K. J., Hup, G., Exterkate, F. A. and Standhouders, J., The bitter flavour defect in cheese ; some chemical and microbiological aspects, Neth. Milk Dairy J., **37** : 250-251 1983.
- 10) Scott, R., Cheesemaking practice , Applied Science Publishers Ltd. London. 1981.
- 11) Remeuf, F., Cossin, V., Dervin, C., Lenoir, J. and Tomassone, R., Relations entre les caracteres physico-chimiques des lait et leur aptitude fromagere, Lait, **71** :397-421. 1991.
- 12) Niki, R, and Arima, S., Effects of size of casein micelle on firmness of rennet curd, Jpn. J. Zootech. Sci., **55** : 409-415 1984.
- 13) Okigbo, L. M., Evaluation and improvement of coagulation properties of milk for manufacturing , Ph. D. thesis Diss, Abstr. Int. B. 46, 2515. Order No DA 8523677 1986.
- 14) Jen, J. J. and Ashworth, U. S., Factors influencing the curd tension of rennet coagulated milk. Salt Balance, J. Dairy Sci., **53** : 1201-1206 1970.
- 15) Lombard, S. H., Factors affecting enzymatic coagulation of milk and syneresis, in Miles Annual Cheesemakers Symposium, 1982.
- 16) Storry, J. E., Gradison, A. S., Millard, D., Owen, A. J. and Ford, G. D., Chemical composition and coagulating properties of renneted milks from different breeds and species of ruminant, J. Dairy Res., **50** : 215- 229 1983.
- 17) Grandison, A. S., Ford, G. D., Millard, D. and Owen, A. J., Chemical composition and coagulating properties of renneted milks from cows during early lactation, J. Dairy Res. **51** : 404-415 1984.
- 18) MacMahon, D. J., Brown R. J., Richardson, G. H. and Emstrom, C. A., Effects of calcium, phosphate, and bulk culture media on milk coagulation properties, J. Dairy Sci., **67** : 930-938 1984.
- 19) Okigbo, L. M., Richardson, G. H., Brown, R. J. and Ernstrom, C. A., Effects of pH, calcium chloride, and chymosin concentration on coagulation properties of abnormal and normal milk, J. Dairy Sci., **68** : 2527- 2533 1985.
- 20) 北海道生乳検査協会, 平成3年度事業成績書, 34-35, 北海道生乳検査協会, 札幌, 1992.
- 21) 有賀秀子, 西部潤, 酪農家の実態調査よりみた衛生的乳質改善への考察, 乳質改善ハンドブック第3号, 2-40, ホクレン農業協同組合連合会・北海道乳質改善協議会, 1989.
- 22) 三河勝彦, 牛乳低温細菌の特性, 酪農科学・食品の研究, **26** : A153-A163 1977.
- 23) 笹野貢, 低温保存の原料乳に関する研究, 低温細菌の性状とその乳質に与える影響, 学位論文, 65-66 1985.
- 24) Cousins, C. M. and Bramley, A. J, Dairy Microbiology, Vol. 1 119- 163 (Ed. R. K. Robinson) London, Applied Science, 1981.
- 25) Law, B. A., Cousins, C. M. Sharpe, M. E. and Davies, F. L., Cold tolerant microbes in

- spoilage and the environment, 137-152 (Eds. A. D. Russell and R. Fuller) London, Academic Press, 1979.
- 26) Richard, J., Psychrotrophic Microorganisms in Spoilage and Pathogenicity, 117-124 (Eds. T. A. Roberts, G. Hobbs, J. H. B. Christian and N. Skovgaard) New York, Academic Press, 1981.
- 27) Mol, H. and Vincentie, H. M., Psychrotrophic Microorganisms in Spoilage and Pathogenicity, 97-108 (Eds. T. A. Roberts, G. Hoccs, J. H. B. Christian and N. Skovgaard) New York, Academic Press 1981.
- 28) Terada, A., Tanaka, S. and Uchida, K., Bulletin Nippon Veterinary Zootechnical Collage, No. 29, 97-102, 1980.
- 29) Fairbairn, D. J. and Law, B. A., Proteinases of psychrotrophic bacteria : their production, properties, effects and control, J. Dairy Res., 53: 139-177, 1986.
- 30) Stead, D., Microbial lipases : their characteristics, role in food spoilage and industrial uses, J. Dairy Res., 53: 481-505 1986.
- 31) Cheung, B. A. and Westhoff, D. C., Isolation and identification of ropy bacteria in raw milk, J. Dairy Sci., 66: 1825-1834 1983.
- 32) Crawford, R. J. M. and Mabbitt, L. A., Growth of psychrotrophic organisms and associated effects on raw milk and market milk (乳技協資料, 18: 33-38 1968.)
- 33) Haukka, J. J. and Harper, W. J., The effect of the psychrotrophic organisms and the age of the milk on the production of acetaldehyde and diacetyl in cultured buttermilk, Mijeritieteellinen Aikakauskirja, 36: 1-10 1978 (Dairy Sci. Abstr., 41: [7833]. 1979)
- 34) Iuchi, S. and Tanaka, S., Hyperproduction of extracellular protease in mutants of *Vibrio parahaemolyticus*, Microbiol, Immunol., 23: 415-418 1979.
- 35) Law, R. A., Sharpo, M. F., and Gharomay, H. R., The effect of lipolytic Gramnegative psychrotrophs in stored milk on the development of rancidity in Cheddar cheese, J. Dairy Res., 43: 459-468 1976.
- 36) Mayerhofer, H. J., Characterization of a heat stable proteolytic enzyme from a psychrophilic strain of *Ps. fluorescens* and its effect on the storageability of skim-milk, Diss. Abstr. Int. B., 31: 6158 1971.
- 37) Mayerhofer, H. J., Lu, M., Marshall, R. T. and White, C. H., Heat stable proteases from psychrotrophic bacteria, J. Dairy sci., 54: 763 1971.
- 38) Morgan, M. E., The chemistry of some microbially induced flavor defects in milk and dairy foods, Biotechnol. Bioeng., 18: 953-965 1976.
- 39) Morton, D. J. and Barrett, E. L., Gramnegative respiratory bacteria which causes ropy milk constitute a distinct cluster within the genus *Acinetobacter*, Current Microbiol., 7: 107-112 1982.
- 40) 斎藤善一, 生乳のリポリシスと風味劣化, 乳技協資料, 32: 2-12 1982.
- 41) Wang, J. J. and Frank, J. F., Characterization of psychrotrophic bacteria isolated from commercial butter milk, J. Dairy Sci., 63 (suppl. 1): 39 1980.
- 42) Wang, J. J. and Frank, J. F., Characterization of psychrotrophic bacteria contamination in commercial butter milk, J. Dairy Sci., 64: 2154-2160 1981.
- 43) White, C. H., Bulthaus, M. and Marshall, R.

- T., Defecta caused by adding protease-producing psychrotrophs to raw milk, *J. Dairy Sci.*, **62** (suppl. 1): 46 1979.
- 44) White, C. H., Bulthaus, M. and Marshall, R. T., Changes in milk caused by addition of protease-producing psychrotrophs to raw milk, *J. Dairy Sci.*, **63** (suppl. 1): 56 1980.
- 45) Gebre-Egziabher, A., Humbert, E. S. and Blankeragri, G., Hydrolysis of milk proteins by microbial enzymes, *J. Food Prot.*, **43** : 709-712 1980.
- 46) Mayerhoffer, H. J., Marshall, R. T., White, C. H. and Lu, M., Characterization of a heat-stable protease of *Pseudomonas fluorescens* P26, *Appl. Microbiol.*, **25** : 44-48 1973.
- 47) Mckellar, R. C., Development of off-flavors in ultra-high temperature and pasteurized milk as a function of proteolysis, *J. Dairy Sci.*, **64** : 2138-2145 1981.
- 48) Lemieux, L. and Simard, R. E., Bitter flavour in dairy products, I. A review of the factors likely to influence its development, mainly in cheese manufacture, *Lait*, **71** : 599-638 1991.
- 49) Adams, D. M., Barach, J. T. and Speck, M. L., Effect of psychrotrophic bacteria from raw milk on proteins and stability of milk proteins to ultra high temperature treatment, *J. Dairy Sci.*, **59** : 823-827 1976.
- 50) Cousin, M. A., Presence and activity of psychrophilic microorganisms in milk and dairy products, A review, *J. Food Prot.*, **45** : 172-207 1982.
- 51) Cousin, M. A. and Marth, E. H., Changes in milk proteins caused by psychrotrophic bacteria, *Milchwissenschaft*, **32** : 337-341 1977.
- 52) DeBeukelar, N. J., Cousin, M. A., Bradley, R. L. Jr. and Marth, E. H., Modification of milk proteins by psychrotrophic bacteria, *J. Dairy Sci.*, **60** : 857-861 1977.
- 53) Gallmann, P. and Puhán, Z., β -Casein-hydrolyse durch Proteasen ausgewählter Mikroorganismen der Rohmilch-flora, *Milchwissenschaft*, **37** : 396-400 1982.
- 54) Hladik, J., Käs, J. and Doležálek, J., Effect of proteases from genus *Pseudomonas* on the quality of stored sterilized milk, *Sbornik Vysoké školy Chemicko-Technologické v Praze, E. (Potraviny)*, No. **50** : 67-85 1979. (*Dairy Sci. Abstr.*, **45** : [499] 1983.)
- 55) Jackman, D. M., Bartlett, F. M. and Patel, T. R., Heat-stable proteases from psychrotrophic pseudomonads: Comparison of immunological properties, *Appl. Environ. Microbiol.*, **46** : 6-12 1983.
- 56) Kielwein, G., Proteolyse von Milch und Milchprodukten durch *Pseudomonas fluorescens*, *Milchwissenschaft*, **30** : 605-606 1975.
- 57) Law, B. A., Enzymes of psychrotrophic bacteria and their effects on milk and milk products, *J. Dairy Res.*, **46** : 573-588 1979.
- 58) Law, B. A., Andrews, A. T. and Sharpe, M. E., Gelation of ultra-high-temperature-sterilized milk by proteases from a strain of *Pseudomonas fluorescens* isolated from raw milk, *J. Dairy Res.*, **44** : 145-148 1977.
- 59) 三河勝彦, 有馬俊六郎, 牛乳中の細菌由来耐熱性酵素, *乳技協資料*, **34**(1) : 1-16 1984.
- 60) Milliere, J. B. and Veillet-Poncet, L., The crude proteolytic enzyme systems of two psychrotrophs isolated from refrigerated raw milk, *Lait*, **59** : 269-298 1979. (*Dairy Sci. Abstr.*, **42** : [4571] 1980)
- 61) 三浦弘之・三上正幸・石下真人, 低温細菌

- によるカゼインの分解, 帯大研報, **10**: 461-470 1977.
- 62) 中西武雄・田辺忠裕, 牛乳の低温細菌に関する研究第2報, 牛乳の低温貯蔵中における低温細菌による蛋白質の変化, 酪農科学・食品の研究, **19**: A75-87 1970.
- 63) Patel, T. R., Bartlett, F. M. and Hamid, J., Extracellular heat-resistant proteases of psychrotrophic pseudomonads, J. Food Prot., **46**: 90-91 1983.
- 64) 三河勝彦, 乳質におよぼす低温菌の影響. 酪農科学・食品の研究 **38**: A37-A45 1989.
- 65) 笹野貢・岡田迪徳・長南隆夫・大浦義教, 冷温保存乳より分離した低温細菌の乳蛋白質分解作用, 日畜会報, **48**: 403-409 1977.
- 66) 柳谷孝幸・三上正幸・三浦弘之, 低温細菌による牛乳タンパク質の変化, 農化, **47**: 259-266 1973.
- 67) Al-Shabibi, M. M. A., Langner, E. H., Tobias, J. Tucey, S. L., Effect of added fatty acids on the flavor of milk, J. Dairy Sci., **47**: 295-296 1964.
- 68) Shipe, W. F., Bassette, R., Deane, D. D., Dunkley, W. L., Hammond, E. G., Harper, W. J., Kleyn, D. H., Morgan, M. E., Nelson, J. H. and Scanlan, R. A., J. Dairy Sci., **61**: 855-869 1978.
- 69) 笹野貢・熊野康隆・岡田迪徳・長南隆夫, 低温細菌の脂肪分解作用に関する研究, 酪農科学・食品の研究, **32**: A135-138 1983.
- 70) Adams, D. M., Barach, J. T. and Speck, M. L., Heat resistant proteases produced in milk by psychrotrophic bacteria of dairy origin, J. Dairy Sci., **58**: 828-834 1975.
- 71) Gebre-Egziabher, A., Humbert, E. S. and Blankeragri, G., Heat-stable proteases from psychrotrophs in milk, J. Food Prot., **43**: 197-200 1980.
- 72) Griffiths, M. W., Phillips, J. D., and Muir, D. D., Thermostability of proteases and lipases from a number of species of psychrotrophic bacteria of dairy origin, **50**: 289-303 1981.
- 73) Garcia, M. L., Snaz, B., Garcia-Collia, P. and Ordonez, J. A. Activity and thermo stability of the extracellular lipases and proteinases from Pseudomonads isolated from raw milk, Milchwissenschaft, **44**: 547-550 1989.
- 74) Alichandis, E. and Andrews, A. T., Some properties of the extracellular protease produced by the psychrotrophic bacterium *Pseudomonas fluorescens* strain AR-11, Biochimica et Biophysica Acta, **485**: 424-433 1977.
- 75) Kishonti, E., Internadional Dairy Feration Annual Bulletin Document, No. **86**: 121-124 1975.
- 76) Stepaniak, L. and Fox, P. F., Thermal stability of an extracellular proteinase from *Pseudomonas fluorescens* AFT36, J. Dairy Res., **50**: 171-184 1983.
- 77) Stepaniak, L. and Fox, P. F., Isolation and characterization of heat stable proteinases from *Pseudomonas* isolated AFT21, J. Dairy Res., **52**: 77-89 1985.
- 78) Fox, P. F., and Stepaniak, L. Isolation and some propertise of extracellular heat-stable lipases from *Pseudomonas Fluorescens* strain AFT36, J. Dairy Res., **50**: 77-89 1983.
- 79) Hick, C. L., Onuorah, C., O'Leary, J. and Langlois, B. E., Effect of milk quality and low temperature storage on cheese yield- A summation, J. Dairy Sci., **69**: 639-657 1986.
- 80) Aylward, E. B., O'Leary, J. and Langlois, B.

- E., Effect of milk storage on cottage cheese yield, *J. Dairy Sci.* **63**: 1819 1980.
- 81) Hicks, C. L., Allaudin, M., Langlois, B. E. and O'Leary J., Psychrotrophic bacteria reduces cheese yield, *J. Food Prot.*, **45**: 331-334 1982.
- 82) Yan, L., Langlois, B. E., O'Leary, J. and Hicks, C. L., Effect of storage conditions of grade A milk on proteolysis and cheese yield, *J. Dairy Sci.*, **65** (suppl. 1): 70 (Abstr.) 1982.
- 83) Chapman, H. T., Sharpe, M. E. and Law, B. A., Some effect of low-temperature storage of milk on cheese production and Cheddar cheese flavor, *Dairy Ind.* **41** (2): 42-45 1976.
- 84) Collins, E. B., Heat resistant psychrotrophic microorganisms, *J. Dairy Sci.*, **64**: 157-160 1981.
- 85) Cousin, M. A. and Marth, E. H., Cottage cheese and yogurt manufactured from milks precultured with psychrotrophic bacteria, *Cult. Dairy Prod. J.*, **12** (2): 15-18, 30 1977.
- 86) Cousins, C. M., Sharpe, M. E. and Law, B. A., The bacteriological quality of milk for Cheddar cheesemaking, *Dairy Ind, Int.*, **43** (7): 12, 13, 15, 17 1977.
- 87) Hicks, C. L., O'Leary, J. and Bucy, J., Degradation of protein and lipids during milk storage prior to Cheddar cheese manufacture, *J. Dairy Sci.*, **61** (Suppl. 1): 205 1978.
- 88) Law, B. A., Andrews, A. T., Cliffe, A. J., Sharpe, M. E. and Chapman, H. R., Effect of proteolytic raw milk psychrotrophs on Cheddar cheesemaking with stored milk, *J. Dairy Res.*, **46**: 497-509 1979.
- 89) Nelson, P. J. and Marshall, R. T., Microbial-proteolysis sometimes decreases yield of cheese curd, *J. Dairy Sci.*, **60** (Suppl. 1): 35 1977.
- 90) Onuorah, E. C., Hicks, C. L. and O'Leary, J., Effect of milk storage on Cheddar cheese yield, *J. Dairy Sci.*, **63** (Suppl. 1) 63: 63 1980.
- 91) Yan, L., Langlois, B. E., O'Leary, J. and Hicks, C. L., Effect of raw milk storage on changes during storage of pasteurized milk, *Milchwissenschaft*, **38**: 658-660 1983.
- 92) Yan, L., Langlois, B. E., O'Leary, J. and Hicks, C. L., Effect of storage conditions of grade A milk on proteolysis and cheese yield, *J. Dairy Sci.*, **65** (Suppl. 1): 70 1982.
- 93) Ali, A. E., Andrews, A. T. and Cheseman, G. C., Influence of forage of milk on casein distribution between the micellar and soluble phases and its relationship to cheesemaking parameters, *J. Dairy Res.*, **47**: 371 1980.
- 94) McKinnon, C. H. and Pettipher, G. L., A survey of sources of heat-resistant bacteria in milk with particular reference to psychrotrophic spore-forming bacteria, *J. Dairy Res.*, **50**: 163-170 1983.
- 95) 有賀秀子, 大封香代子, 西部潤, 市野剛夫, 真鍋就人, 西保英隆, チーズの製造特性と原料生乳の細菌の品質について, 第46回日本栄養・食糧学会総会講演要旨集, 246 1992.

