



Title	生乳の均質化処理がチーズの遊離脂肪酸含量に及ぼす影響
Author(s)	石塚, 敏; ISHIZUKA, Satoshi; 斎藤, 善一 他
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 19(2), 289-294
Issue Date	1994-11-09
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/12164
Type	departmental bulletin paper
File Information	19(2)_p289-294.pdf



生乳の均質化処理がチーズの遊離脂肪酸含量に及ぼす影響

石 塚 敏*・斎 藤 善 一

(北海道大学農学部酪農科学講座・食品機能化学講座*)

(平成6年6月28日受理)

Influence of Homogenization of Milk on Fatty Acid Contents in Cheese

Satoshi ISHIZUKA* and Zenichi SAITO

(Laboratory of Dairy Science, Laboratory of Food Biochemistry*,
Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo 060, Japan)

緒 言

生乳や市乳における遊離脂肪酸 (Free fatty acid; FFA) の増加は乳加工の分野では一般に rancid とよばれ、好ましくない性質である。これは生乳中に含まれるリパーゼの脂肪分解作用による。しかし、FFA は乳および乳製品の特徴的な風味成分の一つでもある。低級脂肪酸は糖の代謝やアミノ酸の脱アミノ化によっても生じ得るが、チーズ中の FFA は主に乳脂肪の分解によって生じる¹⁾。生乳中にもリパーゼは含まれているので、実際にチーズの一般的な製造条件で脂肪分解に寄与するのは生乳由来もしくはスターターに用いる乳酸菌由来のリパーゼであると考えられる。リパーゼを用いることによって風味を強化した食品が製品化されているが、子山羊や子牛のオーラルリパーゼ、細菌由来のリパーゼ、臍臓リパーゼなどが利用されている²⁾。生乳に含まれる脂肪は脂肪球という形で存在するので、リパーゼは脂肪球の表面で作用することになる。これは、生

乳の温度活性化処理³⁾ や、冷却^{4,5)}、泡立て⁶⁾、攪拌⁷⁾、均質化⁸⁾ などの処理後に FFA が増加することによって裏づけられている。当研究室では均質化が生乳および加熱乳の脂肪分解に及ぼす影響について検討し⁹⁾、低脂肪チーズの風味を強化することが可能であることを報告している¹⁰⁾。しかし、低脂肪チーズは硬く脆い組織となり、好ましい状態ではなかった¹⁰⁾。従って、本研究ではヤシ油を添加したチーズを製造することと、均質化した生乳をその原料乳に添加することにより、その乳脂肪風味が強化されるかどうかを検討することを目的とした。

材料と方法

材 料

チーズの製造には北海道大学農学部附属農場畜産第二部で採取された混合乳を用いた。市販のヤシ油 (日本油脂) を使用した。

Table 1. Composition of cheese milk for four types of cheese.

Type of cheese	Whole milk (kg)	Coconut oil (kg)	Skim milk (kg)
NC1*	100	—	—
NC2*	100	—	—
CC1	20**	2.98	77.02
CC2	—	3.68	96.32

* Salting: NC1 1.5%, NC2,CC1,CC2 3.0%

** Homogenized

チーズの製造

チーズ製造は当研究室で行われてきた方法で行った。すなわち、ブリックチーズ用木製モールドを用いて製造する方法である¹⁰⁾。従って、チーズ圧搾にあたってはプレス機を使用しなかった。

チーズは4種類製造した (Table 1)。均質化しない全乳のみを用いたチーズを加塩量を変えて2種類製造した (NC1, NC2)。原料乳中に全乳を20%含み、原料乳の脂肪率が3.7%になるようにヤシ油と脱脂乳を混合したチーズ (CC1) と原料乳中の脂肪をヤシ油と置換したチーズ (CC2) を製造した。4種類のチーズ製造用原料乳を調製 (Table 1) し、殺菌は75°C, 15秒で行った。NC1とNC2に使用する全乳はともに均質化せずに使用した。CC1の全乳は、リパーゼを作用させるために前もって生乳を均質化 (40°C, 140 kg/cm²) して1時間室温に放置した後、殺菌してチーズ製造に用いた。CC1とCC2で使用したヤシ油は殺菌 (75°C, 15秒) 脱脂乳と混合して均質化 (40°C, 140 kg/cm²) した。各原料乳を混合した後、乳酸菌スターター (CN-H-01: Hansen) とレンネット (Hansen) を用い、常法に従いレンネットカードを製造した。ホエーの一部を除き、同量の温水を加えて攪拌した。ホエー排出後、ブリックチーズ用木製モールド4個にカードを分配し、レンガ1個を乗せて加圧した。反転後レンガを2個に増やし、さらに反転し、レンガを3個にして1晩加圧した。できた生チーズを整形した後、乾塩法で加塩して約2週間後にパラフィンで被覆した。NC1では生チーズの加塩を1.5%とし、他のチーズは3.0%とした。熟成は13°C, 相対湿度85%で行った。原料乳の脂肪率はゲルベル法によって測定した。

チーズの分析

チーズ表層部 (約5mm) を除いて細切後、乳鉢で粉碎した。これを冷凍 (-18°C) し分析用試料とした。水分は100°C乾燥法によった。Kjeltec System (Tacator, Höganäs, Sweden) を用い、マクロケルダール法によって得られた全窒素量に6.38を乗じたものを蛋白質含量とした。脂肪はIDF標準法5B¹¹⁾に従って測定した。試料5gを蒸留水で100mlに定容後、30分攪拌したものを濾過 (No.2濾紙) し、濾過液の一部を0.1N AgNO₃で滴定して食塩含量を求めた。上記濾過液の一部を0.1N NaOHで滴定し、乳酸酸度 (%) として表した。試料5gに

蒸留水15mlを加え、STOMACKER Lab-blender 80 (オルガノ, 東京) で2分間処理したものを40°Cで1時間保持した後、濾過液の窒素量をマクロケルダール法によって測定して水溶性窒素とした。全FFA量はシリカゲル法¹²⁾に従って測定した。FFA組成の測定は以下のように行った。アルミナ (aluminum oxide neutral, activity grade super I: ICN Biomedicals, Germany) 1gに0.1mlの蒸留水を加えてよく混合し、これを2時間以上おいて不活性化させた。シリカゲル法に準じ、5%ブタノールを含むクロロホルム150mlで抽出した脂質中のFFAを前述のアルミナに吸着させた。同アルミナを5%ブタノールを含むクロロホルム10mlで洗浄した後、風乾した。3%蟻酸を含むエーテル2.5mlでFFAをアルミナから脱着させた。アルミナからのFFAの脱着は2回行なった。この溶液を濾過 (No.2濾紙) し、濾過液0.5μlをガスクロマトグラフGC-14A (島津製作所) を用いて分析した。カラムは25m×0.2mmのFused Silica Capillary Column (CBP1-M 25-025: 島津製作所) を使用した。検出器にはFlame Ionization Detectorを用いた。気化室温度は245°C, 検出器温度は245°C, キャリアガスはHeで流速は2ml/minとした。カラム初期温度100°Cで1分間保持後、5°C/分の割合で245°Cまで昇温分析した。酪酸 (C₄), カブロン酸 (C₆), カプリル酸 (C₈), カプリン酸 (C₁₀), ラウリン酸 (C₁₂), ミリスチン酸 (C₁₄), パルミチン酸 (C₁₆), ステアリン酸 (C₁₈), オレイン酸 (C_{18:1}) を測定し、モルパーセントで表した。内部標準にはエナント酸 (C₇) とマルガリン酸 (C₁₇) を用いた (Sigma chemical Co., MO)。

結 果

熟成チーズとその成分組成

製造したチーズは全体に酸味が強かった。熟成2カ月ではCC2以外はチーズ様風味を示した。熟成4カ月ではNC1とNC2およびCC1はさらに熟成が進んで、旨味が出ていた。CC1はゴーダチーズ様の風味が出ていた。CC2を切断すると、断面には水分の浸出が見られ、組織はかなり柔軟で、チーズ様の風味は弱かった。分析の結果 (Table 2とFig. 1), NC1はNC2に比べて水分と食塩含量が少なく、酸度は全FFAが多い傾向を示した。CC1はCC2に比べ水分、食塩と水溶性窒素が少なく、蛋白質、脂肪、

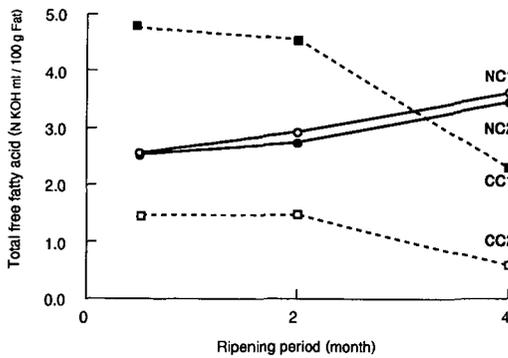


Fig. 1. Relationship between ripening period and total free fatty acid content. NC1, NC2, CC1, CC2: See text.

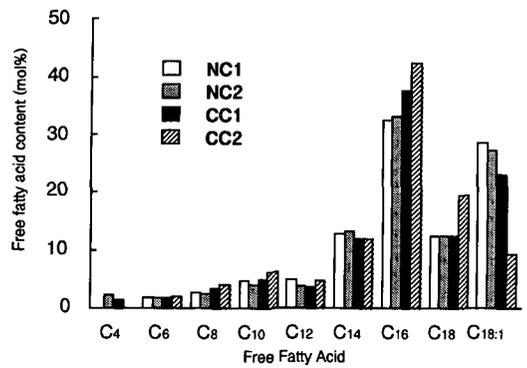


Fig. 2. Free fatty acid profile of cheeses after ripening for 1 month. NC1, NC2, CC1, CC2: See text.

酸度、全 FFA が多かった。全乳のみから作られた NC1 と NC2 に比べヤシ油が含まれる CC1 と CC2 の方が全 FFA が明らかに多かった。

チーズ熟成中における全 FFA の変化

NC1 と NC2 では 4 カ月の熟成期間を通して全 FFA が増加したが、CC1 では熟成初期には NC1 と NC2 より全 FFA が多かったにもかかわらず、熟成が進むにつれて逆に減少した (Fig. 1)。全乳を 20% しか含まないにもかかわらず、均質化したため、熟成初期の CC1 における全 FFA は NC1 と NC2 の約 2 倍の値であった。しかし、熟成 4 カ月後には NC1 と NC2 より低い値となった。全乳を用いたチーズの中では、食塩含量が少ない NC1 の方が全 FFA がやや多い傾向を示した。CC2 では他のどのチーズよりも全 FFA は常に低い値であり、熟成期間の経過に伴いやや減少した。

チーズ熟成中における FFA 組成の変化

熟成 1 カ月では、FFA 中で C₄ が占める割合は非常に小さく、NC1 と CC2 ではほとんど検出されな

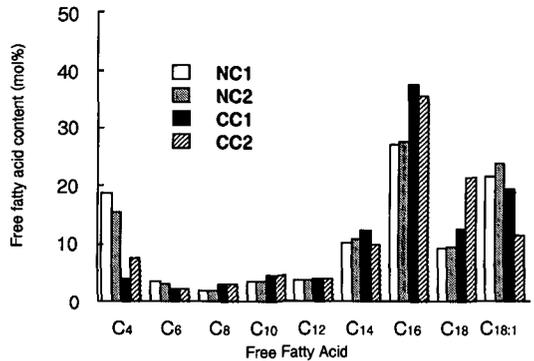


Fig. 3. Free fatty acid profile of cheeses after ripening for 4 months. NC1, NC2, CC1, CC2: See text.

かった (Fig. 2)。CC1 と CC2 では C_{18:1} が NC1 と NC2 に比べて少なかった。熟成 4 カ月になると、製造したどのチーズでも脂肪酸中の C₄ の比率が高くなった (Fig. 3)。特に NC1 と NC2 では C₄ が全 FFA 中の約 15~18% を占めるまでに増加し、CC1 と CC2 では 4~7% まで増加した。CC2 の C₄ の比率は CC1 より多い傾向を示した。熟成期間を通して、製造したすべてのチーズで C₄ が増加し、C₁₆ の

Table 2. Percentage of major constituents of cheeses after ripening for 4 months.

Type	Moisture (%)	Protein* (%)	Fat (%)	NaCl (%)	Acidity (%)	Soluble N / Total N (%)
NC 1	33.37	25.02	34.30	1.20	0.98	13.9
NC 2	36.04	25.33	34.43	2.03	0.87	12.3
CC 1	33.61	24.82	37.21	2.08	0.98	11.5
CC 2	38.36	23.18	33.02	2.28	0.90	16.0

* N × 6.38

割合が減少した。

考 察

生乳を均質化することにより、そのなかに含まれるリパーゼが乳脂肪に作用するので乳中の FFA 量が増加することが知られている。CC1 の場合には、原料の生乳を均質化した後1時間室温に放置することで、乳由来のリパーゼにより乳脂肪風味を強化させることを意図した。このときの均質化の温度は40°Cであり、リパーゼが最大活性を示す温度である。従って、熟成初期において、CC2 では NC1 や NC2 よりも全 FFA 量が高い値になったと考えられる。さらに、熟成2カ月で CC1 は NC1 や NC2 と同様にチーズ様の風味を呈していた。つまり、均質化した全乳を原料の中に20%加えることにより、NC1 や NC2 と同様な風味を CC1 に付けることができたと考えられる。乳脂肪をほとんど含まない CC2 は乳脂肪を含む他のチーズに比べ硬かった。これは、ヤシ油には長鎖脂肪酸が多く含まれるので脂肪の融点が高いためと考えられた。また、脂肪中で液状になっている部分の比率がヤシ油と乳脂肪で異なることも影響していると考えられる。

リパーゼはトリアシルグリセロール中の *sn*-1 と *sn*-3 の結合を効果的に分解するといわれている¹³⁾。また、乳脂肪では短鎖脂肪酸はトリアシルグリセロール中の *sn*-3 に多く分布するとされている¹⁴⁾。さらに、短鎖の脂肪酸を含むトリアシルグリセロールは融点が高いので、チーズの熟成温度(13°C)でもリパーゼの作用を受ける可能性がある。以上のような理由でチーズ熟成中の C_4 の増加が説明できると考えられた。NC1 と NC2 では熟成が進むにつれて全 FFA 中の C_4 が増加しており、これが全 FFA 量の増加に関与していると考えられる。また、リパーゼ活性は NaCl によって阻害されるという報告¹⁵⁾がある。NC1 より NC2 で熟成期間を通じてやや低い全 FFA 値を維持しているのは、NC1 より NC2 の方がチーズ中のリパーゼが NaCl による活性の阻害を受けやすいことを示唆している。熟成中の長鎖脂肪酸比率の減少は短鎖脂肪酸量の増加に起因すると考えられる。

カマンベールチーズやブルーチーズなどのカビ熟成チーズでは、脂肪酸が β ケト酸等を経てメチルケトンに変換されること¹⁶⁾が知られている。CC1 と

CC2 ではこのような反応によって熟成中の FFA が減少したと考えられるが、熟成2カ月以降の全 FFA 量の減少の理由についてはなお検討を要する。また、NC1 と NC2 では、FFA からケトンの生成があっても、それ以上に乳脂肪の加水分解が進むため、全 FFA は増加すると考えられる。

チーズ製造時において原料乳を殺菌するので、乳由来のリパーゼは失活してしまう。従って、チーズ熟成時の FFA、特に C_4 の増加は乳酸菌由来のリパーゼによると考えられる。乳酸菌由来のリパーゼは量が少ないため活性が低いので、熟成中の FFA 生成にはほとんど寄与しないと言われてきた^{17,18)}。しかし、微量でも活性が認められれば、チーズ熟成時のように反応時間が長い条件では、乳酸菌由来のリパーゼも乳脂肪風味に寄与する可能性がある。チーズ製造に使用される乳酸菌 Starter は一般に数種類の乳酸菌を混合しているので、熟成条件によって最優勢となる菌株が微妙に変化することが考えられる。

個々の乳酸菌株から得られるリパーゼを牛乳に作用させたときにどのような風味や FFA 組成を示すかということや、その時に生じる呈味成分や揮発性物質を測定することは、チーズ風味の生成機構の解明に不可欠であると考えられる。

摘 要

ヤシ油を添加したチーズを製造するにあたり、均質化生乳の添加による乳脂肪風味の強化について検討した。4種類のチーズを製造した。NC1 は均質化しない全乳のみを用いて製造し、加塩量は1.5%とした。NC2 は加塩量が3.0%である以外は NC1 と同様のチーズである。CC1 は原料乳中に均質化した全乳20%を含み脂肪率が3.7%になるようにヤシ油と脱脂乳を均質化して加えたチーズである。CC2 は原料乳中の脂肪をヤシ油に置き換えたチーズである。熟成2カ月で、CC1 は NC1 や NC2 と同様のチーズ風味になったが、CC2 はチーズ風味に乏しかった。4カ月熟成後に NC1 と NC2 では全 FFA 量は増加したが、CC1 と CC2 では逆に減少した。CC1 は熟成3カ月では全乳を用いたチーズと同程度の全 FFA 含量を示すことが示唆された。4カ月熟成後に製造したすべてのチーズで酪酸の比率が増加した。チーズ熟成中の酪酸の増加の原因は Starter 由来のリパーゼであることが考えられた。以上

により、均質化させた全乳を添加することで、全乳チーズ様の風味を付与することができた。

謝 辞

本研究を遂行するにあたりご協力頂いた北海道大学農学部酪農科学講座 三河勝彦助教授、同附属農場畜産製造部 板谷一技官、加藤秀雄技官、日置昭二技官に感謝致します。

引用文献

1. ADDA, J., CZULAK, J., MOQUOT, C. and VASSAL, L.: Cheese. in CROSS, H. R. and OVERBY, A. J. eds.: World Animal Science 3B. 386-392, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 1988
2. ARNOLD, R. G., SHAHANI, K. M. and DWIVEDI, B. K.: Application of lipolytic enzymes to flavor development in Dairy Products, *J. Dairy Sci.*, **58**: 1127-1143. 1975
3. KRUKOVSKY, V. and HERRINGTON, B. L.: Studies of lipase action. The activation of milk lipase by temperature changes, *J. Dairy Sci.*, **22**: 137-147. 1939
4. ANDERSON, M., CHEESEMAN, G. C., KNIGHT, D. J. and SHIPE, W. F.: The effect of ageing cooled milk on the composition of the fat globule membrane, *J. Dairy Res.*, **39**: 95-105. 1972
5. WANG, L. and RANDOLPH, H. E.: Activation of lipolysis. I. Distribution of lipase activity in temperature activated milk, *J. Dairy Sci.*, **61**: 874-880. 1978
6. DEETH, H. C. and FITZ-GERALD, C. H.: Some factors involved in milk lipase activation by agitation, *J. Dairy Res.*, **44**: 569-583. 1977
7. BHAVADASON, M. K., ABRAHAM, M. J. and GANGULI, N. C.: Influence of agitation on milk lipolysis and release of membrane-bound xanthine oxidase, *J. Dairy Sci.*, **65**: 1692-1695. 1982
8. PARRY, R. M., CHANDAN, R. C. and SHAHANI, K. M.: Rapid and sensitive assay for milk lipase, *J. Dairy Sci.*, **49**: 356-360. 1966
9. 灰谷剛, 仁木良哉, 斎藤善一: 生乳及び加熱乳における脂肪分解に及ぼすブレンダー型均質機による処理の影響. 北大農邦文紀要 **16** (3): 282-286, 1989
10. 斎藤善一: 牛乳リパーゼを利用した乳脂肪風味の強化, 昭和63年度科学研究費補助金 [一般研究(c)] 研究成果報告書. 1989
11. 日本国際酪農連盟: IDF standard (1991年改定版), 17-28, 1991
12. HARPER, W. J., SCHWARTZ, D.P. and EL-HAGARAWY, I. S.: A rapid silica gel method for measuring total fatty acids in milk, *J. Dairy Sci.*, **39**: 46-50. 1956
13. 岩井美枝子: 基質特異性, 乳製品フレーバーの製造, リパーゼ. 188-221, 297-309, 幸書房, 東京, 1991
14. CHRISTIE, W. W.: The composition and structure of milk lipids. in FOX, P. F. ed.: Developments in Dairy Chemistry-2. 1-35, Applied Science Publishers, London, 1983
15. BENGTTSSON, G. and OLIVECRONA, T.: The effects of pH and salt on the lipid binding and enzyme activity of lipoprotein lipase, *Biochim. Biophys. Acta.*, **751**: 254-259. 1983
16. MANNING, D. J. and NURSTEN, H. E.: Flavour of milk and milk products. in FOX, P. F. ed.: Developments in Dairy Chemistry-3. 217-238, Elsevier Applied Science Publishers, London and New York, 1985
17. 中西武雄, 足立達, 中江利孝: 乳酸菌による揮発性脂肪酸の生成II. スターター乳酸菌およびチーズからの分離菌株の脂肪分解性. 日畜会報 **35**: 173-177. 1964
18. OLSON, N. F.: The impact of lactic acid bacteria on cheese flavor, *FEMS Microbiology Reviews*, **87**: 131-148. 1990

Summary

The purpose of this investigation was to make cheese by partially replacing milk fat with coconut oil and to fortify the cheese flavor by the homogenization (140kg/cm²) of raw milk. Four types of cheese were manufactured. Type NC1 and NC2 were made from unhomogenized whole milk with 1.5% and 3.0% NaCl per green cheese weight added, respectively. Type CC1 was made from a mixture of 20% pasteurized, homogenized whole milk and 80% skim milk containing coconut oil. Type CC2 was made from skim milk and coconut oil. Coconut oil was homogenized in pasteurized skim milk. The final fat content in the cheese milk was 3.7% in all the types. To the green cheese of CC1 and CC2 was added 3.0% NaCl per cheese weight. After ripening for two months at 13°C, under 80% relative humidity, CC1 had a cheeselike flavor similar to that of NC1 and NC2. CC2 lacked cheeselike flavor. It was, therefore, possible to give it cheese flavor by supplementing cheese milk with homogenized whole milk. After

ripening for four months, there was a steady increase in total free fatty acid content in NC1 and NC2. In contrast, a decrease in butyric acid content was observed in CC1 and CC2. In all the types of cheese, there was an increase in the percentage of butyric acid per total free fatty acid after four months of

ripening. It was suggested that the increase in butyric acid content during cheese ripening was due to the action of lipase from lactic acid bacteria starter. It was concluded that an addition of 20 parts homogenized milk to 80 parts skim milk containing coconut oil could give an acceptable cheese.