



# HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	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
Author(s)	灰谷, 剛; HAIYA, Tsuyoshi; 仁木, 良哉 他
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 16(3), 282-286
Issue Date	1989-03-30
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/12104">https://hdl.handle.net/2115/12104</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	16(3)_p282-286.pdf



## 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

灰谷 剛・仁木良哉・斎藤善一

(北海道大学農学部酪農科学研究施設)

(昭和63年12月28日受理)

### Effect of Treatment with a Blender-Type Homogenizer on Lipolysis in Raw and Heated Milk Samples

Tsuyoshi HAIYA, Ryoya NIKI and Zenichi SAITO

(Institute of Dairy Science, Faculty of Agriculture,  
Hokkaido University, Sapporo 060, Japan)

#### 緒 言

生乳や市乳における遊離脂肪酸の増加は、乳加工の分野では一般に rancid と呼ばれ、好ましくないものとされている。しかし遊離脂肪酸は牛乳の風味成分の一つであり、食品加工の分野では、乳脂肪分解による風味強化も研究されている。実際にチーズ製造に利用されているリパーゼには、子ヤギや子牛のオーラルリパーゼ、菌由来のリパーゼなどがあり、臍臓リパーゼは長鎖の脂肪酸を、オーラルリパーゼは短鎖の脂肪酸を多く生成する傾向がある<sup>2)</sup>。RICHARDSON ら<sup>17)</sup> は、牛のレンネットペーストから抽出したリパーゼとオーラルリパーゼを混合して利用すると脂肪分解の効率が向上すると報告した。実際脂肪分解を利用して作ったバター、ヨーグルト、チーズに似せたフレーバー製品も製品化されている<sup>2)</sup>。また遊離脂肪酸がチェダーチーズのフレーバーに重要な役割を果しているという報告もあり<sup>4,15)</sup>、動物由来のリパーゼを用いて JOLLY ら<sup>8)</sup> は、ブルーチーズのフレーバーの強化も行っている。町田は<sup>11)</sup>、さまざまなリパーゼと油脂を用いて分解時間、温度、混合比について調べ、蟹沢ら<sup>10)</sup> は、微生物リパーゼを牛乳、バター、クリームに作用させ、風味の強化を図っている。生乳中のリパーゼに関する報告は多く、加温処理<sup>9)</sup>、冷却<sup>1,19)</sup>、泡立て<sup>5)</sup>、攪はん<sup>3)</sup>、均質化<sup>16)</sup> などによって脂肪分解が促進するという。そして遊離脂肪酸を増加させるためには均質化処理がもっとも効率が良いとされている。

本報では、牛乳に本来存在するリパーゼを利用して風味強化を行うことを目的とし、脂肪分解に対する均質化

処理や保存温度の影響についての基礎的研究を行った。

#### 材料と方法

北海道大学農学部附属農場の牛群から搾乳直後に得た混合乳を使用した。混合乳を遠心分離(3,000 rpm, 30分, 20°C)して脱脂乳を調製した。クリームは静置法(4°C, 20時間)によって分離した。均質化は、試料50 mlを用い、ワーリングブレンダー(ワーリング社, Blender 7012 S)により14,700 rpm, 2分, 40°Cの条件で行った。加熱処理は、70~90°Cの場合は、ウォーターバスを用いた。100~120°Cの場合は、試料6 mlをアンプルに封入し、グリセリンの入ったアルミブロック恒温槽で加熱した。所定の温度に達する時間(2~3分)をあらかじめ測定し、その温度に達してから5分間保持した。脂肪率はゲルベル法<sup>13)</sup>で測定した。クリームの場合は、蒸留水で5倍に希釈して測定した。遊離脂肪酸の測定にはフェノールレッド法<sup>18)</sup>を用い、増加した遊離脂肪酸量をパルミチン酸量(mg/ml)として示した。リパーゼ活性は市乳1.3 mlと試料1.0 mlを37°C 15分間反応させ、増加した遊離脂肪酸量で示した。

#### 結果と考察

予備実験において、ブレンダーの回転数を変化させて生乳を均質化処理し、0°C, 24時間の遊離脂肪酸生成量を比較した結果、14,700 rpmでの値は6,200 rpmの場合より17%高いだけであった。ブレンダーの回転数は一定以上であれば充分で、それ以上高くしても効果は無いことが判明した。均質化温度を10~50°Cとした場合も

10°Cで1.95 mg/ml, 40°Cで1.81 mg/mlであり、温度による差は僅かであった。50°Cでの値は40°Cの値と比較して3.3%減少したが、これは加熱によるリパーゼの活性低下が原因と思われる。以上の結果より、以後の実験では14,700 rpm, 40°C, 2分, 50 ml容を均質化の条件とした。

1. 生乳の均質化による遊離脂肪酸生成量の変化

生乳を均質化して0°C, 24時間保存すると、無処理で0°C, 24時間保存した場合の25倍(5.0 mg/ml)の遊離脂肪酸が生成した。通常の生乳では、脂肪球は脂肪球膜に覆われている為、リパーゼの作用は受けにくい。均質化すると脂肪球膜が破壊され、著しく脂肪分解が進む。PARRYらは<sup>6)</sup>均質化によってリパーゼ活性そのものは変化しないと報告している。本実験でも、リパーゼ源である脱脂乳を均質化後、リパーゼ活性を測定した結果、活性は1.7%低下しただけであった。従って、均質化によって脂肪分解が進むのは、リパーゼに対する影響ではなく、脂肪球が均質化されたためである。

遊離脂肪酸増加の過程を知るため生乳を均質化後、0°Cに保存して1時間ごとの遊離脂肪酸生成量を測定した結果がFig. 1である。均質化直後の1時間における脂肪分解がもっとも著しかったが、処理1時間後から2時間後までの1時間では、その36%にまで減少し、その後も徐々に低下した。このように時間の経過とともに脂肪分

解が進まなくなるのは、脂肪球の表面に反応生成物が蓄積するため<sup>14)</sup>と考えられる。均質化1時間後に再び均質化すると遊離脂肪酸生成量は再び増加し、処理後1時間では最初の均質化直後の84%を示した。これは反応生成物の脂肪球膜表面からの分離、あるいは新たな脂肪球表面の形成などによるものと思われる。

2. 加熱均質化乳に対するリパーゼの作用

加熱均質化乳を基質として用いる場合、加熱温度とリパーゼ作用に対する脂肪球の感受性との関係を調べた。生乳を70~120°Cで5分間加熱後、均質化したもの1.3 mlにリパーゼ源として脱脂乳1.0 mlを加え、0°Cで反応させて1時間ごとの遊離脂肪酸生成量を測定した(Fig. 2)。なお上記の加熱条件では、生乳中のリパーゼが完全に失活することを確認した。

反応開始1時間から2時間までにおいて最も脂肪分解が進み、その後低下するのは加熱温度に関係なく同様であった。加熱温度による差が一番大きかったのは、反応直後の0~1時間で、加熱温度が低くなるに従って、生成される遊離脂肪酸量は増加し、70°C加熱の場合は120°Cの場合の3.5倍にも達した。反応直後1時間におけるこのような差は、リパーゼと脂肪球の結合の容易さの差が

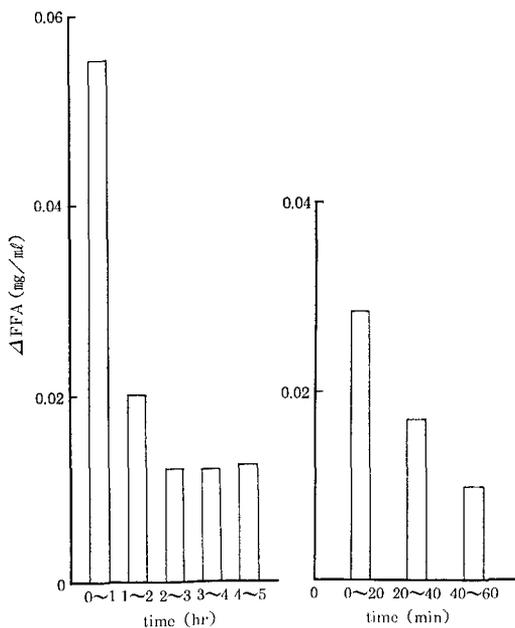


Fig. 1. Increase of free fatty acid (ΔFFA) in homogenized raw milk (3.8% fat).

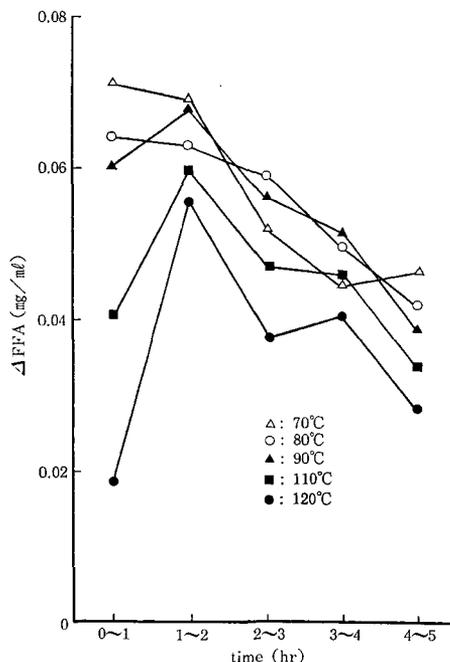


Fig. 2. Effect of heating temperature on the increase of free fatty acid (ΔFFA) in heated homogenized milk by addition of raw skim milk.

原因と考えられ、それには脂肪球膜の熱変性<sup>6,13)</sup>が関与していると思われる。24時間の遊離脂肪酸生成量同様に加熱温度の低いものほど高い値を示した。同様の実験を同一牛乳工場で製造された殺菌条件の異なる市販均質化乳について行った結果、120°C 2秒の殺菌乳では反応直後の1時間で最も高い遊離脂肪酸生成(0.038 mg/ml)量を示し、反応後1時間から2時間の間でその3分の2に低下し、その後も徐々に減少した。それに対して75°C 20分の殺菌乳では、反応直後1時間の生成量が反応後1時間から2時間の半分にも満たず、反応後3時間から4時間の間で最も高い値(0.028 mg/ml)であった。これは前述の加熱温度が高いほど反応直後1時間で低い値を示した結果と異なるが、これは、加熱時間と均質化の方法が全く違うためであろう。しかし加熱均質化乳の加熱条件によりリパーゼに対する脂肪球の感受性が異なるという点では一致しており、前述の脂肪球膜の熱変性が関与していると思われる。

### 3. 均質化時の脂肪率と遊離脂肪酸生成量の関係

脱脂乳とクリームを用いて脂肪率を0.3~24%に調整

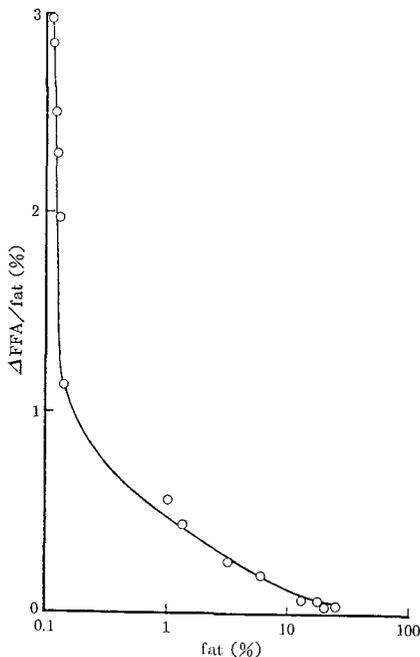


Fig. 3. Relationship between the increase of free fatty acid ( $\Delta$ FFA)/fat (%) and fat content in the homogenized mixture of skim milk and cream which were prepared from the same milk. Abscissa is expressed as log scale.

し、均質化した後、0°Cで24時間保存中に増加した遊離脂肪酸を測定し、単位脂肪率あたりの遊離脂肪酸生成量を比較した (Fig. 3)。その結果、脂肪率が低いほど単位脂肪率あたりの脂肪分解が多くなった。脂肪率が低いほど粘度が低く、脂肪球が自由に動きやすいので、脂肪球の損傷も大きくなると考えられる。このような結果から、遊離脂肪酸の多いクリームを作る場合は、クリームを均質化するより生乳を均質化後、クリームに分離する方が効率が良いと考えられる。なお、均質化条件とクリーム分離の関係についての調査が必要と思われる。

### 4. 保存温度と遊離脂肪酸生成量の関係

搾乳直後の生乳を0~20°Cで保存し、遊離脂肪酸生成量を比較したのが Fig. 4 である。

一部の保存温度が高いため、生乳にあらかじめ0.02%のアジ化ナトリウムを添加して細菌の生育を阻止した。その結果、2時間保存では保存温度の上昇とともに遊離脂肪酸生成量は高くなったが、17、24時間保存した場合には4°Cが最も高く、保存温度が高くなるにつれ値が低くなり、20°Cでは最低であった。2時間までは脂肪球に元来吸着しているリパーゼだけが作用するため、保存温度が高いほど脂肪分解が進むと思われる。また17、24時間で保存温度が低いほど高い値を示したのは、冷却による脂肪球へのリパーゼの吸着が多いためと考えられる。すなわち低温に一定時間保存するとリパーゼが脂肪球に吸着するため、脂肪分解はある程度進むが、搾乳後、冷却せずに20°Cに保持するとリパーゼが脂肪球に吸着しないため、保存温度が高いにもかかわらず脂肪分解が進

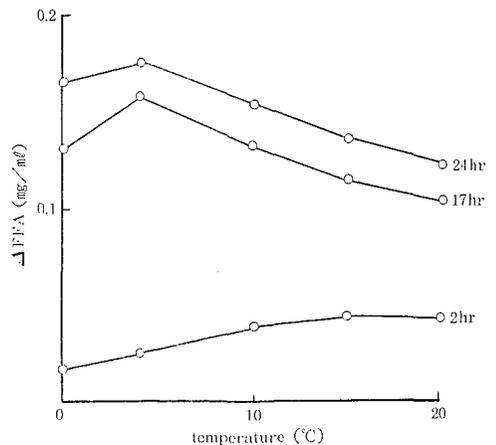


Fig. 4. Relationship between storage temperature and increase of free fatty acid ( $\Delta$ FFA) in raw milk (3.8% fat) with 0.02% sodium azide.

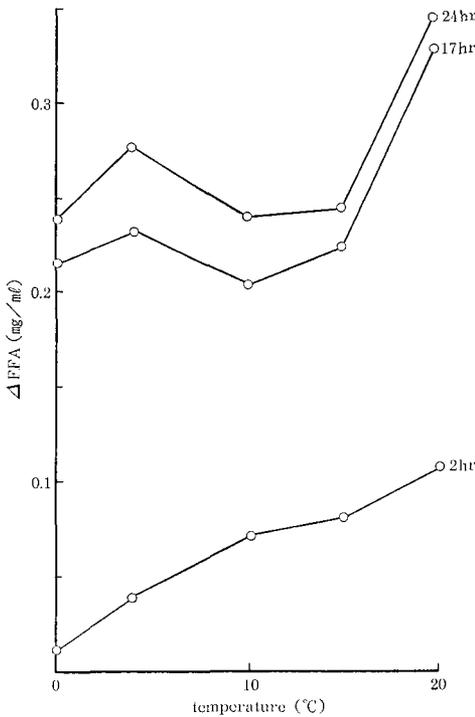


Fig. 5. Relationship between storage temperature and increase of free fatty acid ( $\Delta$ FFA) in precooled raw milk (3.8% fat) with 0.02% sodium azide. Samples were cooled to 0°C for 30 min prior to the storage.

まないとと思われる。搾乳直後の生乳を0°C、30分間冷却した後、0~20°Cに保存して遊離脂肪酸生成量を比較した (Fig. 5)。Fig. 4と同様に2時間保存では、保存温度が上昇するほど高い値を示した。また0°Cの場合以外は、Fig. 4より高い値となっている。さらに、17時間、24時間でも Fig. 4より高い値を示し、特に20°Cで著しい脂肪分解が見られた。4°Cより、10、15°Cが低い値のため複雑になるが、低温程リパーゼの吸着が大きいことと、予冷時に吸着したリパーゼは保存温度が高い程、高い活性を示すこととの総合的結果であろう。均質化しない場合は脂肪球は脂肪球膜に保護されているため、保存温度よりも冷却処理の有無が脂肪分解に大きく影響するようである。保存前に均質化した場合、保存温度が高くなるほど遊離脂肪酸生成量は増加し、24時間の20°Cの値は0°Cの場合の3倍にも達した (Fig. 6)。均質化処理によって脂肪球膜が破壊され、リパーゼが自由に作用できる状態になる。そして酵素活性は温度の上昇に比例するため、保存温度が高くなるほど脂肪分解が進むと考えられる。

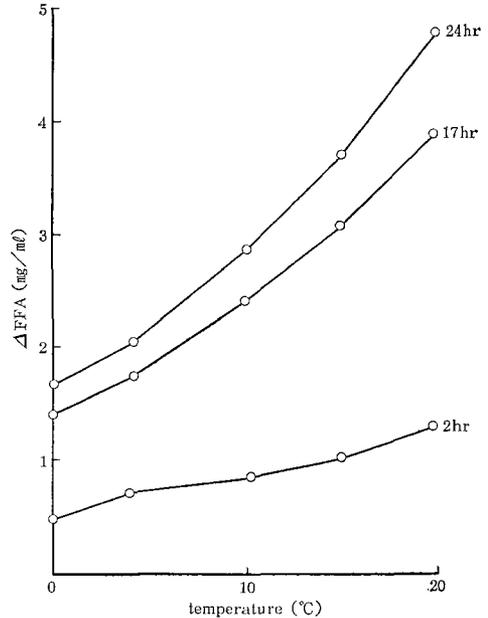


Fig. 6. Relationship between storage temperature and increase of free fatty acid ( $\Delta$ FFA) in homogenized raw milk (3.8% fat) with 0.02% sodium azide.

摘 要

牛乳リパーゼを利用して、効率良く遊離脂肪酸を生成するための一連の実験を行った。

ワーリングブレンダーを用いて生乳を均質化すると、0°C 24時間保存中に無処理の場合の25倍もの遊離脂肪酸が生成した。また均質化処理直後ほど脂肪分解速度が大きく、処理直後1時間では0.056 mg/mlの遊離脂肪酸が生成したが、その後時間の経過とともに速度は減少した。加熱均質化乳に脱脂乳を添加して反応させた場合、加熱温度が低いほど分解が速く、反応直後1時間において、70°C 加熱均質化乳では120°C 加熱均質化乳の3.5倍の遊離脂肪酸生成量を示した。生乳を0~20°Cで保存した場合、予め冷却しないと4°C保存が最も高い値 (0.18 mg/ml) で、20°C保存では最低値 (0.1 mg/ml) を示した。保存前に0°Cに30分間冷却すると20°Cで脂肪分解が最も進んだ。均質化後は保存温度が高いほど遊離脂肪酸生成量は増加し20°C 24時間で5.0 mg/mlに達した。

本研究の一部は糧食研究会奨学寄付金によった。

引用文献

1. 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
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. 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
  4. BILLS, D. D. and DAY, E. A.: Determination of the major free fatty acids of cheddar cheese, *J. Dairy Sci.*, **47**: 733-738. 1964
  5. DEETH, H. C. and FITZ-GERALD, C. H.: Some factors involved in milk lipase activation by agitation, *J. Dairy Res.*, **44**: 569-583. 1977
  6. FINK, A. and KESSLER, H. G.: Changes in the fat globule membrane produced by heating, *Milchwissenschaft.*, **40**: 261-264. 1985
  7. HARPER, H. J.: Lipase systems used in the manufacture of Italian cheese. II. Selective hydrolysis, *J. Dairy Sci.*, **40**: 556-563. 1957
  8. JOLLY, R. C. and KOSIKOWSKI, F. V.: Flavor development in pasteurized milk blue cheese by animal and microbial lipase preparations, *J. Dairy Sci.*, **58**: 846-852. 1975
  9. 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
  10. 蟹沢恒好・山口雄三・服部達彦: 微生物リパーゼによる乳製品フレーバーの製造, 日本食品工業学会誌, **29**: 693-699. 1982
  11. 町田春夫: リパーゼによる脂肪酸の製造, フレグランスジャーナル, **60**: 44-48. 1983
  12. MCPHERSON, A. V., DASH, C. M. and KITCHEN, B. J.: Isolation and composition of milk fat globule membrane material. From homogenized and ultra heated milks, *J. Dairy Res.*, **51**: 289-297. 1984
  13. MILK INDUSTRY FOUNDATION: *Laboratory Manual, Method of Analysis of Milk and Its Products 3rd ed.*, 227, Milk Industry Foundation, Washington D. C. 1959
  14. NILSON, R. and WILLART, S.: Lipolytic activity in milk. I. The influence of homogenization on the fat splitting in Milk, *Rep. Milk Dairy Res. Abstr.*, **60**: 1-12. 1960
  15. OHREN, J. A. and TUCKEY, S. L.: Relation of flavor development in cheddar cheese to chemical changes in the fat of the cheese, *J. Dairy Sci.*, **52**: 598-607. 1969
  16. PARRY, R. M., CHANDAN, R. C. and SHAHANI, K. M.: Rapid and sensitive assay for milk lipase, *J. Dairy Sci.*, **49**: 356-360. 1966
  17. RICHARDSON, G. H., NELSON, J. H. and FARNHAM, M. G.: Gastric lipase characterization and utilization in cheese manufacture, *J. Dairy Sci.*, **54**: 643-647. 1971
  18. 齋藤善一: 原料乳の Lipolysis に関する検査におけるフェノールレッド法の利用について, 日本畜産学会報, **50**: 710-715. 1979
  19. 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

### Summary

The purpose of this investigation was to increase the degree of free fatty acid in milk and cream with milk lipase for fortification of flavor.

Homogenization of raw milk in a Waring blender resulted in a 25-fold increase in lipolysis. The rate of lipolysis in raw milk was maximum at the period immediately after homogenization, then declined as time passed. The effect of homogenization on lipolysis decreased with increase in the fat content.

Heating of raw milk prior to the homogenization affected the availability of milk fat for milk lipase, namely, increase of heating temperature lowered the rate of lipolysis.

The increase of free fatty acid in raw milk during storage for 24 hr at 0~20°C was investigated. The liberation of free fatty acid was highest (0.18 mg/ml) and lowest (0.1 mg/ml) at 4°C and 20°C, respectively. On the other hand, cooling of raw milk for 30 min at 0°C before the storage resulted in the highest increase of free fatty acid at 20°C. In the case of homogenized milk, the degree of lipolysis increased with the increase of storage temperature. The free fatty acid developed in homogenized raw milk (3.8% fat) after storage for 24 hr at 20°C amounted to 5.0 mg/ml.

Lipolysis in homogenized raw milk was found to depend on fat content, storage temperature, and the length of time since homogenization.