高濃度クリームを原料とするバターの構造と製菓適性

川成真美*・岡本清孝**・松本賢司*・谷本守正***
木村利昭*・武谷宏二****

Micro-structure of Butter and Its Influence on the Pastry Quality

Masami KAWANARI*, Kiyotaka OKAMOTO**, Kenji MATSUMOTO*,
Morimasa TANIMOTO***, Toshiaki KIMURA* and Koji TAKEYA****

* Technical Research Institute, Snow Brand Milk Products Co., Ltd.
1-1-2 Minamidai, Kawagoe-shi, Saitama 350

** Sapporo Research Laboratory, Snow Brand Milk Products Co., Ltd.
6-1-1, Naebocho, Higashi-ku, Sapporo 065

*** R & D Administration Dept., Snow Brand Milk Products Co., Ltd.
13, Honshiocho, Shinjuku-ku, Tokyo 160

**** Utajima Plant, Snow Brand Milk Products Co., Ltd. 1-4-5,
Goheijima, Nishiyodogawa-ku, Osaka 555

The baking industry has traditionally used butter not only for its rich flavor, but its plasticity lubricating ingredient mixtures and encapsulating protein, moisture, or air at various stages during and after the manufacture of a product. The laminated dough such as Danish, French and puff pastry, consists of many thin alternate layers of dough and fat, which upon baking, give a separation of strata and an open network of crisp and flaky layers. It is recognized that the appearance of baked pastry, mainly its volumetric change, may be related to physical properties of butter such as solid fat content and hardness. The structural changes of butter, which depend on its manufacturing method, was observed through cryo-scanning electron microscope and polarization microscope. Relationship between the structures, volumetric changes of French pastry after baking and their physical properties were investigated using conventional batch churned butter as a control and butter manufactured by newly developed continuous process using high fat cream as raw material which contained over 82% of milk fat. More volumetric change was consequently endowed with higher hardness of butter whose structure is made up of numerous tiny crystal interlocking liquid phase.

(Received Jun. 28, 1991)

バターの総需要量は、ここ数年横ばいを続けているが、その内訳を見ると、家庭用バターが1975年を境に減少を続け、現在では業務用対家庭用の比率が3対1の割合となっている。この業務用の割合の大きさは、製菓、製

パン製品の着実な伸長と高級化、高価格化を背景に芳醇な風味をもつバターの需要を支えていると考えられる¹⁾²⁾。

一般的に油脂を製菓、製パン原料として使用する場合、

(前報及び前々報、文献6, 7)

* 雪印乳業(株)技術研究所 (〒350 埼玉県川越市南台 1-1-2)

** 雪印乳業(株)札幌研究所 (〒065 札幌市苗穂町 6-1-1)

*** 雪印乳業(株)研究管理部 (〒160 東京都新宿区本塩町 13)

**** 雪印乳業(株)歌島マーガリン工場 (〒555 大阪市西淀川区御幣島 1-4-5)

可塑性、クリーミング性、乳化・吸水性、ショートニング性、酸化安定性および風味などの特性が要求される³⁾⁴⁾。

油脂食品の中で、バターはその性質が季節、産地によって大きく変動することや、乳化剤などの添加が法的に認められていないことなど加工処理上の制約があるため、品質の安定しているマーガリンやショートニングなどがバター代替脂として多く用いられてきた。しかし、これらの製品は使用適性は良いが、多くの官能検査などの結果で明かなように、バター脂肪の入っている方が優れた風味をもっている⁵⁾。

ここでは従来製造法によるバターと、前報⁶⁾で報告した高濃度クリームを原料とするバターを用い、製菓適性のうち、特に良好な可塑性や風味や口どけの良さが要求される製パイ適性について、バターの物性や構造との関連のもとに検討を行った。

実 験 方 法

1. 試 料

バター試料は高濃度クリームを原料とするバター(HFCバター)各種と、コントロールとして同一製造日の無塩バター(冬期製造メタルチェーン品-試料A)を用いた。

HFCバターは、前々報⁷⁾で検討した高濃度クリームを冷却固化し、パッチ式で製造したHFCバター(試料B)、また前報⁶⁾で連続製造工程を検討して得られたHFCバターのうち、マーガリンミニプラント後に圧力をかけずに(2~5 kg/cm²)混練機へ通乳し製造したHFCバター(試料C)、同様に加圧下(40 kg/cm²)で製造したHFCバター(試料D)などである。

2. 圧縮破壊試験

圧縮破壊試験はレオメータ(NRM 2002 J, 不動工業)を用い、15℃で測定した。試料形状は直径15 mm、高さ15 mmの円柱状とし、測定温度に設定した恒温槽で24時間静置し品温を調整した。圧縮破壊強度は、圧縮破壊曲線より得られる破壊点より、また圧縮弾性率は初期の勾配より算出した⁸⁾。

3. パイの試作とその評価方法

Table 1 に折りパイ配合を、Table 2 にその工程を示す。

一般的に、折りパイの評価として焼き上げたときのうき値(mm-高さ)が用いられている⁹⁾ので、本報でも採用し、評価した。

Table 1 Composition of mixture for French pastry

	Mixing ratio
Hard flour	18.9%
Soft flour	18.9%
Shortening	3.7%
Salt	0.4%
Water	20.1%
Butter	37.9%

Table 2 Procedure for French pastry

Mixing	(Mixer, CS 28, Kantoh Mixer)
Aging	at 17°C for 0.5 h
Sheeting	(Sheeter, Reverse Sheeter, Shokken)
	1st 3×4 fold
	2nd 3 fold
	3rd 4 fold
	4th last sheeting
Cutting	100×100×3 mm
Baking	200±0.5°C 15 min
	(Electric Oven, SE08-5, Sasaki MFG)

* Sample and atmospheric temperature were conditioned at 17±0.5°C and 17~18°C, respectively.

4. Cryo-SEM による構造観察

Cryo-SEM(低温走査電子顕微鏡, S-800 日立)による各バターの微細構造観察を行った。手順は液体窒素中で試料小片を凍結し、鏡体に試料を移動する。続いて、鏡体内にて-90℃で試料を切断後、金蒸着を行い観察した。

また、結晶の状態を偏光顕微鏡(APOPHOT, 日本光学)でも観察した。

結 果 と 考 察

1. 各バターの折りパイ特性

パイは折りパイ(フレンチパイ, ディニッシュパイ)と練りパイ(スコッチパイ)に分けられるが、ここではフレンチパイを試作することとした。このパイの特徴は、きわめて薄い層状組織をなし、もろい食感である。この特徴は、対小麦粉30~120%と多く使用される油脂に起因するとされ⁹⁾、使用されるバターの性質が良く反映されると考えられる。

Fig. 1 に、高濃度クリームを原料とするバター各種およびコントロールの折りパイ試験のうき値を示す。

図より、うき値が最も大きいのは試料 C で、試料 A および B より有意に大きい値を示し、特に試料 A に比べ約 6 mm 大きい値を示した。次いで試料 D、B の順であり、どの試作バターもコントロールに比べ、パイ適性は良好であった。また、このうき値の傾向は、前報

Fig. 1 Height of baked pastry using butter influenced by its manufacturing method

A: Conventional batch churned butter, B: Batch churned high fat cream (HFC) butter, C: Continuous churned HFC-butter under the pressure of 2~5 kg/cm² and D: Continuous churned HFC-butter under the pressure of 40 kg/cm²

Significance is indicated as * for $p < 0.05$.

で報告した圧縮破壊試験によるバターの物性値変化⁶⁾と一致していることも認められた。

一般に、パイのうきに対して影響する主な因子は、折り込み油脂量とその硬さといわれている⁹⁾。したがって、折り込み油脂には、主に良好な可塑性と、可塑性を示す温度域が広いことなどの品質特性が求められる。

そこで各バターの圧縮破壊強度および圧縮弾性率を調べ、パイのうき値との相関を検討した結果を Fig. 2 に示す。

図より、パイのうき値は圧縮強度および弾性率ともに増加するにつれて大きくなる傾向を示した。これらのう

Fig. 2 Representation of height of baked pastry as a predictor of compression failure stress (CFS) and compression modulus (CM) of butter

Fig. 3 Butter B

Fig. 4 Butter C

Fig. 3-4 The images of HFC-butter through polarizing microscope

(Fig. 3: Batch churned HFC-butter showing crystal agglomerate (W))

(Fig. 4: Continuous churned HFC-butter under the pressure of 2~5 kg/cm²)

ち、最大うき値を示したバターは、家庭用バターの圧縮破壊強度のほぼ2倍の強度を有していることや、うき値と圧縮弾性率との相関が認められたことから、本測定範囲域では硬いものの均一な組織を有するバターの製パイ適性が優れていると考えられる。また高濃度クリームを原料とする本バターには、市販品で最も多いフロレーション法¹⁰⁾によるバターとは異なり、バター粒の水洗工程がないため、水洗によって流出するリン脂質などの界面活性物質の豊富な膜物質を多く含んでおり⁷⁾、剥離性に好影響を及ぼしたものと考えられる。

2. 各バターの構造

Cryo-SEM (CS) および偏光顕微鏡 (光顕) による各バターの微細構造を、Fig. 3~8 に示す。

Fig. 3 (光顕) および 5 (CS) は試料 B, Fig. 4 (光顕) および 6 (CS) は試料 C, Fig. 7 (CS) は試料 D および Fig. 8 (CS) は試料 A を観察したものである。

Fig. 3 および 4 を比較すると、試料 B には、かなり大きな結晶塊 (Fig. 3 中矢印, $30\sim60\mu\text{m}$) が観察されたが、これは高融点脂肪が局在化したものと考えられる。Fig. 5 および 6 の比較から、試料 C には連続相に

Fig. 5-8 Scanning electron micrographs of HFC-butter and conventional batch churned butter

(Fig. 5: Batch churned HFC-butter showing water droplet trace (W))

Fig. 6: Continuous churned HFC-butter under the pressure of $2\sim5\text{ kg/cm}^2$

Fig. 7: Continuous churned HFC-butter under the pressure of 40 kg/cm^2

Fig. 8: Conventional batch churned butter)

高融点脂肪による鋭角的な小さな破断面 (Fig. 6 中矢印) が多く観察されるが試料 B には見られず、連続相は試料 C に比べ滑らかである。試料 C は急速冷却工程で製造されるため、微小脂肪結晶が数多く発生する。この微小結晶は単位容量あたりの表面積が非常に大きくなり、結晶間に多くの液体脂肪が取り囲まれている状態と考えられる¹¹⁾¹²⁾。これに対し、徐冷却工程で製造される試料 B には大きな結晶脂肪が形成されることから、組織中のフリーな液体脂肪が試料 C に比べ多い状態¹¹⁾¹³⁾と考えられる。このような差が、前報で報告した両試料の物性の差に反映され、試料 C は脆性破壊を示すのに対し、試料 B では粘性破壊に近い状態を示した⁶⁾ものと考えられる。

またこの状態は前項のパイウキ値と密接に関連していると考えられる。家庭用バターには、トーストなどへ対する展延性が要求されるが、連続相を形成するフリーな液体脂肪量によってある程度コントロールできる。それに対し、パイウキ値に適性あるバターには、きわめて薄い層状に折り込んでも圧延による融解がなく、バターと生地が同様に伸展できる弾性と展延性が必要と考えられ、ある程度の硬さと、均一な組織を有している試料 C が最も優れていたものと考えられる。

なお、試料 B の水滴径 (Fig. 5 中 W) は、試料 C に比べ大きいことが判る。これはパッチ式と連続式の練圧効果の違いによるものと考えられる。

また、Fig. 7 および 8 より、メタルチャーンで製造された試料 A は、チャーニングやワーキング時に大きな剪断を受けない温和な工程で製造されており、未破壊脂肪球 (1~5 μm) が多数残存するのに対し、試料 D には結晶の凝集塊が認められた。

工程中に圧力を付与すると、結晶成長の促進や安定な結晶形への移行促進効果が認められたことや、試料 D が試料 B と同様な圧縮破壊特性を示した⁶⁾ことから、この試料 D の結晶塊は、安定な高融点結晶を核とした比較的大きな結晶の周囲に低融点脂肪が取り囲んでともに結晶成長する構造¹³⁾であり、バター組織中に適度に分散しているものと推定された。すなわち、工程中で圧力を付与することにより、試料 C に見られるような微小高融点脂肪を核とする三次元網目構造を形成することによる硬い物性を示す組織から¹¹⁾、試料 D に見られる

ような比較的大きな結晶間に連続相としてフリーの低融点脂肪が介在し、展延性の向上した組織への変化が起きているもの¹¹⁾と推定される。

要 約

高濃度クリームを原料とするバターの製パイ特性を調べた結果、バター物性値 (硬さ) との強い相関が判明した。

また同バターの微細構造観察結果から、製パイ適性の良好であったバター組織は、微小結晶が多く、それら結晶間に液体脂肪を取り込んでいる構造と推定された。また同製造工程中での圧力付与によりその構造が変化し、形成された結晶塊が組織中に適度に分散しているものと推定された。

文 献

- 1) 酪農経済通信社：酪農経済年鑑 (1990 年版)，(酪農経済通信社，東京)，p. 532 (1990)。
- 2) 金沢 仁：乳技協資料，36，1，15 (1986)。
- 3) 丹羽 弘：食品と科学 (1986 増刊号 ②)，(食品と科学社，東京)，p. 49，(1986)。
- 4) 柳下 弘：食品と科学 (1986 増刊号 ②)，(食品と科学社，東京)，p. 45，(1986)。
- 5) 野口洋介：乳技協資料，33，4，24 (1983)。
- 6) 川成真美・岡本清孝・本田芳彦・福島正義：投稿中。
- 7) 川成真美・岡本清孝・福島正義：投稿中。
- 8) MOHSENIN, N.N.: Physical Properties of Plant and Animal Materials, (Gordon and Breach Sci. Pub., London), p. 181 (1978)。
- 9) 丹羽 弘：食品と科学 (1986 増刊号 ②)，(食品と科学社，東京)，p. 52，(1986)。
- 10) 林 弘通：乳業技術綜典 (下)，(酪農技術普及学会，東京)，p. 274~280 (1974)。
- 11) FOLEY, J.: J. Soc. Dairy Technol., 31, 1, 23 (1978)。
- 12) PRECHT, D. and PETERS, K.H.: Milchwissenschaft, 36, 10, 619 (1981)。
- 13) WALSTRA, P.: Food Structure and Behavior, (Academic Press, London), p. 81 (1987)。
- 14) KING, N.: Dairy Sci. Abstract, 26, 4, 151 (1964)。

(平成 3 年 6 月 28 日受理)