プロセスチーズの繊維状組織化におよぼす ホエータンパク質添加の影響

井門和夫*・西谷紹明*・巽 清*・山本晴敬*

Effect of Addition of Whey Protein on the Formation of Fibrous Structure in Processed Cheese

Kazuo IDO*, Tsuguaki NISHIYA*, Kiyoshi TATSUMI*
and Haruyoshi YAMAMOTO*

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

The formation of fibrous structure in processed cheese was investigated using two-week ripened Gouda and eight-month ripened Emmental cheese. Commercial protein ingredients such as whey protein concentrate (WPC), egg white, sodium caseinate, and soy protein isolate (SPI) were added to the above two cheese types during cooking in order to evaluate their contribution to the formation of fibrous structure. Among these ingredients, WPC promoted the formation of fibrous structure, and a slight contribution was observed in case of egg white, while no fibrous structure was obtained when either sodium caseinate or SPI was added. Well ripened Gouda cheese was unsuitable for manufacturing fibrous cheese, since an increase of ripeness tended to decrease fibrousness even though WPC was added. On the other hand, an increase of ripeness seemed to give no adverse effects on fibrousness in Emmental type. These results indicated that such factors as type and ripeness of cheese and the addition of WPC were critical for the formation of fibrous structure in processed cheese.

(Received Aug. 17, 1992)

チーズの繊維性発現に関しては、新鮮なモザレラチーズカードの系における検討が、今までに数多くなされている^{1)~3)}。これに対し、加熱乳化殺菌を必要とするプロセスチーズの系におけるチーズの繊維性発現に関する報告は少ない。著者らは、さきに、限定量の溶融塩で処理したレンネットカゼイン、および脱脂チーズカードに油脂を添加し、加熱乳化殺菌後に延伸して繊維状のプロセスチーズを調製する方法について報告した⁴⁾⁵⁾。その際、油脂を均一に乳化させ、オイルオフのない良好な組織をもつ繊維状プロセスチーズを得るためには、ホエータンパク質濃縮物 (WPC) の添加が有効であり、しかも WPC はレンネットカゼインや脱脂チーズカードが本来

保有する繊維化特性を全く阻害しないことを報告した。しかしながら、チーズの繊維性発現そのものにおよぼす WPC、およびそれ以外のタンパク質素材添加の影響、さらには原料とするナチュラルチーズの種類・熟度の影響については、いまだ明確に把握するには至っていない。

そこで本報では、ゴーダ、エメンタルの2種類のナチュラルチーズを主原料として用い、これらに WPC を中心に、卵白、ナトリウムカゼイネート、分離大豆タンパク質 (SPI) などのタンパク質素材を添加して加熱乳化後に延伸して繊維状プロセスチーズを調製し、これらタンパク質素材の添加効果、および使用した原料チーズの種類・熟度などが繊維性におよぼす影響について検

* 雪印乳業(株)技術研究所 (〒350 埼玉県川越市南台 1-1-2)

討したので報告する。

実 験 方 法

1. 原料チーズ

繊維状プロセスチーズの調製に使用した原料ナチュラルチーズは、国産ゴーダ（熟成 2～6 週間）、オーストラリア産エメンタール（同 8 カ月間）、ニュージーランド産チェダー（同 10 カ月間）の 3 種類を用いた。これらのチーズの一般組成、および熟度の指標となる可溶性全窒素（STN）、非タンパク態窒素（NPN）の全窒素（TN）に対する割合を、既報⁵⁾と同様の方法で測定し、Table 1 に示した。

2. タンパク質素材

チーズに添加する粉末状タンパク質素材としては、WPC（G-75、タンパク質含量 75%、米国 EXPRESS FOOD 社製）、乾燥卵白（K タイプ、タンパク質含量 78%、キューピータマゴ(株)製）、ナトリウムカゼイネート（サンラクト S-3、タンパク質含量 91%、太陽化学(株)製）、SPI（フジプロ R、タンパク質含量 90%、不二製油(株)製）の 4 種類を用いた。

3. 繊維状プロセスチーズの調製

400 ml 容のステンレス製容器に粉砕した原料チーズ 150 g を入れ、これに粉末状の各タンパク質素材を添加し混合した。容器全体の重量を測定後、よく水和させるため室温に約 1 時間放置した。つぎに、これを 90℃ の湯浴内で、ゆるやかに混練しながら加熱乳化し、10 分間で内容物の温度を 80℃ まで到達させた。必要に応じて、重炭酸ナトリウム、乳酸を添加し、加熱物の pH が 5.7～5.9 の範囲になるよう pH 調整した。この間、蒸発した水分は適宜補充し、温度が到達した時点で、均質に乳化した可塑性内容物を取り出した。これを既報⁵⁾と同様の手順で、45～50℃ まで放冷し、延伸することにより、各繊維状プロセスチーズを得た。これをフィルムで包装し、5℃ で一昼夜冷却後、繊維性を測定した。

4. 繊維性の評価

繊維性の評価は、既報⁵⁾と全く同様の方法で行った。すなわち、チーズを繊維方向に沿って 6×6×60 mm の細長い直方体に切り出し、その中央部に 2×2 mm の部分を残すようナイフで切り込みを入れて試料を調製し、その上下両端をレオメーター（不動工業社製）のクロスヘッドに固定した。クロスヘッドの速度が毎分 20 mm の条件で引っ張り試験を行い、破断するまでの移動距離をもって繊維性（mm）として表した。測定は各試料について 5 回実施し、その平均値±標準偏差で表した。この場合、既報⁵⁾で示したような外観上良好な繊維状物を得るには、15 mm 以上の繊維性の値を必要とした。

実験結果と考察

1. 繊維化におよぼす各種タンパク質添加の影響

原料チーズとしては、Table 1 に示した熟成 2 週間のゴーダおよび熟成 8 カ月間のエメンタールを用いた。この 2 種類のチーズに対して、WPC、卵白、ナトリウムカゼイネート、SPI の 4 種類の粉末状タンパク質素材を添加して繊維状プロセスチーズを調製し、繊維性におよぼす、これらタンパク質素材の種類および濃度の影響について調べた。ゴーダ、エメンタールの系における結果を、それぞれ Fig. 1, Fig. 2 に示した。対照である無添加の場合では、2 種類のチーズいずれの系においても、繊維性の値は 15 mm 以下となり、外観上も全く繊維性を示さなかった。ところが、4 種類のタンパク質素材のうち WPC を添加したものについては、2 つのチーズの系とも、各々至適濃度の範囲内で、繊維性が確実に発現し、高度な繊維状組織を有するプロセスチーズになることがわかった。また、卵白においては、若干繊維性を高める効果は認められたものの、繊維性の値は WPC の約 1/2 程度にとどまった。また、至適濃度の範囲も狭く、WPC ほど高度に繊維化するには至らなかった。一方、ナトリウムカゼイネート、SPI については、

Table 1 Composition of cheese formulated

Type of cheese	(Age)	Moisture (%)	Fat (%)	Protein (%)	NaCl (%)	Calcium (mg%)	pH	STN/TN ^a (%)	NPN/TN ^b (%)
Gouda	(2 wks.)	41.2	25.8	27.3	1.2	950	5.5	9.1	4.9
Emmental	(8 mo.)	37.3	28.7	28.7	1.1	1000	5.8	25.6	21.7
Cheddar	(10 mo.)	34.8	36.4	23.5	1.4	700	5.2	27.6	19.0

^a: Soluble total nitrogen content/total nitrogen content

^b: Non-protein nitrogen content/total nitrogen content

Fig. 1 Effect of the addition of ingredients on fibrousness^a of the processed cheese made from two-week ripened Gouda cheese

Ingredient : ○, WPC^b (protein conc. 75%) ; □, egg white (protein conc. 78%) ; △, sodium caseinate (protein conc. 91%) ; ▲, SPI^c (protein conc. 90%) ; ●, Lactose

^a : Average of 5 measurements with standard deviation error bar

^b : Whey protein concentrate

^c : Soy protein isolate

Fig. 2 Effect of the addition of ingredients on fibrousness^a of the processed cheese made from eight-month ripened Emmental cheese

Ingredient : ○, WPC ; □, egg white ; △, sodium caseinate ; ▲, SPI ; ●, lactose

^a : Average of 5 measurements with standard deviation error bar

繊維性の発現に寄与するような効果は認められず、エメンタルの系ではむしろ若干阻害する傾向を示した。最大の繊維性の値を得るための WPC の至適濃度は、ゴーダの系では 6%、エメンタルでは 2% であった。それ以上の濃度では、繊維性は徐々に低下する傾向を示した。乳糖を単独で添加した際には、いずれの系においても 15 mm 以下の値となり繊維性の発現がみられなかったことから、WPC の添加により高い繊維性を示したのは、WPC 中に含まれる乳糖の影響ではなく、ホエタンパク質そのものの影響であると推察した。従来、繊維状チーズを得るためのチーズ原料としては、主として未熟成のチーズカードが用いられてきた¹⁾⁻³⁾。これに対し、やや過熟のエメンタルが、WPC を至適濃度で添加することにより良好な繊維性を示したことから、熟成風味の強い繊維状プロセスチーズの調製も十分可能であることが示唆された。

未熟成のチーズカード¹⁾⁻³⁾を用いる場合、加塩は繊維化終了後に行う。これに対して、ここで用いた原料チーズは既に食塩を含有しており、その含量も種類によって異なる。そこでゴーダ、エメンタルの繊維性におよぼす食塩添加の影響について検討してみることにした。その結果、Fig. 3 に示したように、WPC 無添加の場合

Fig. 3 Effect of the addition of sodium chloride on fibrousness^a of the processed cheese

Type of cheese and WPC conc. : ○, 2-week ripened Gouda cheese, 6% ; ●, 2-week ripened Gouda cheese, without WPC ; □, 8-month ripened Emmental cheese, 2% ; ■, 8-month ripened Emmental cheese, without WPC

^a : Average of 5 measurements with standard deviation error bar

では、いずれのチーズの系においても、食塩の添加により繊維性が発現することはなかった。また、WPCを至適濃度で添加した場合についても、食塩の添加率0.5%以上では、繊維性はむしろ低下する傾向を示した。ゴダ、エメンタールの食塩含有率はTable 1に示したとおりであるが、乳化時にさらに食塩を添加しても、繊維性を高める効果は認められず、添加量を増すと逆に阻害することがわかった。

2. 繊維性におよぼす原料チーズ熟度・種類の影響

いままでの結果より、熟成2週間の未熟なゴダ、および熟成が8カ月間でやや過熟のエメンタールに対して、WPCを添加することにより繊維性が発現することがわかった。そこで、WPC添加による繊維性の発現におよぼす原料チーズの熟度および種類の影響を調べてみた。まずTable 1に示した熟成2週間のゴダを用い、これをさらに15°Cで6週間目まで熟成を継続させ、各熟成時点でWPCを添加した時の繊維性の変化を調べた。その間の熟度の変化をTable 2に、繊維性の変化をFig. 4に示した。それによると、WPCを添加しても、熟成期間が長くなり、熟度が増すにしたがい繊維性は急激に低下し、3週間目以降ではWPC無添加の場合と同様、繊維性は発現しないことがわかった。この結果、ゴダの系では、Fig. 2に示したエメンタールの系とは異なり、WPCの添加効果は、熟度変化により大きく左右されることがわかった。つぎに、熟成2週間のゴダと熟成8カ月のエメンタールを用い、各々に対し、Table 1に示した熟度がエメンタールとほぼ同じのチェダー（熟成10カ月間）を置換率を変えて混合し、その際の繊維性の変化をFig. 5に示した。WPCは、前述と同様、各々のチーズの系に対する至適濃度で添加した。その結果、いずれの系においても、置換率が増すにしたがい急激な繊維性の低下が認められた。また、チェダー単独では、WPCを添加しても繊維性は発現しない

Table 2 Changes in ripeness of Gouda cheese during storage

Type of cheese	(Age)	STN/TN (%)	NPN/TN (%)
Gouda	(3 wks.)	10.2	5.8
	(4 wks.)	11.1	6.6
	(6 wks.)	12.5	7.6

Two-week ripened Gouda cheese shown in Table 1 was stored at 15°C for additional ripening.

Fig. 4 Effect of ripening period of Gouda cheese on fibrousness^a of the resultant processed cheese

Conditions: ○, with WPC^b; ●, without WPC (control)

^a: Average of 5 measurements with standard deviation error bar

^b: WPC conc.: 6%

Fig. 5 Effect of replacement level of Cheddar cheese on fibrousness^a of the resultant processed cheese

Type of cheese and WPC conc.: ○, 2-week ripened Gouda cheese, 6%; ●, 8-month ripened Emmental cheese, 2%

^a: Average of 5 measurements with standard deviation error bar

ことがわかった。

以上の結果をまとめると、つぎのようになる。ゴダの系では、繊維性発現のための条件として、WPCを添加することの他に、熟度のかかなり低い原料チーズを選択することが必須となった。一方、エメンタールの系では、ゴダと比較し、熟度が2倍以上であるにもかかわらず、

WPC の添加により確実に繊維性が発現することから、タンパク質の分解の程度は、繊維性の発現に直接関与していないものと考えた。また、図表には示していないが、熟成期間・熟度の異なる数種のエメンタールについて、その繊維性について追試した結果、WPC の添加により例外なく繊維性が発現することが確認された。また、熟度がエメンタールとはほぼ同じであるチェダーでは、WPC を添加しても全く繊維性は発現しない結果となった。これらのことから、繊維性におよぼす熟度の影響は、チーズの種類により大きく異なることが示唆された。以上より一次的要因として、原料チーズの種類・熟度を適正に選択すること、さらに二次的要因として、各原料チーズに対して、至適濃度の WPC を添加することが、高度な繊維状組織をもつプロセスチーズを得るための基本条件となることが明らかとなった。また熟成のかなり進んだエメンタールが、ゴーダやチェダーと異なり、熟成期間・熟度の影響を受けずに繊維性が発現することの理由についてつぎのように推察した。これら 3 種類のチーズの基本的な製法上の違いについてみると、エメンタールが他の 2 つと大きく異なる点は、レンネット凝固後のカードの加温温度が高いことである⁶⁾。ゴーダ、チェダーがともに 38℃ 前後であるのに対し、エメンタールの場合は 50℃ 以上の高温で処理される。この高温での処理により、カードの収縮は促進され、カード中のカルシウムを介したバラカゼイネートの架橋構造も、他の 2 種類のチーズに比べて、より緻密な形態になっている可能性がある。そのため、エメンタールの場合は、熟度がかかなり進行しても、タンパク質分解にともなう架橋構造の破壊の程度が、ゴーダ、チェダーよりも少なくなっているものと推定した。そのため、単独では繊維性を発現するに足るカルシウムバラカゼイネートの構造性はないものの、WPC との相互作用により繊維性が発現するに至ったものと推測した。また、このことは、WPC をチーズに添加し、繊維状プロセスチーズを調製し、その繊維性を測定することにより、もとの原料チーズ中のカルシウムバラカゼイネートの構造形態、およびその残存状態を間接的に知る上で、一つの有力な指標になるものと考えた。しかし、こうした点について明らかにするためには、今後、加温温度の違いによる繊維性の変化、および WPC とカルシウムバラカゼイネートとの相互作用に関しての詳細な検討がさらに必要になるであろう。

要 約

ゴーダ、エメンタールの 2 種類のナチュラルチーズの系に対して、WPC を中心に、卵白、ナトリウムカゼイネート、SPI などのタンパク質素材を添加して繊維状プロセスチーズを調製し、これらタンパク質素材の添加、および使用した原料チーズの種類・熟度の繊維性におよぼす影響について検討した。

その結果、プロセスチーズの繊維性発現に対して、顕著な効果を示したのは、WPC であった。卵白についても、若干ではあるが効果が認められた。一方、ナトリウムカゼイネート、SPI の場合は、繊維性の発現を促進するような効果は全く認められなかった。この結果、WPC は、単に乳化剤として作用しているのではなく、繊維性の発現に直接関与していることが示唆された。

繊維状プロセスチーズを得るための原料チーズとしては、未熟なゴーダばかりでなく、熟成の進んだエメンタールも十分使用可能であることがわかった。

以上より、高度な繊維状組織を有するプロセスチーズを得るためには、一次的要因として、原料チーズの種類・熟度を適正に選択すること、さらに二次的要因として、至適量の WPC を添加することが、その基本条件になることが明らかとなった。

文 献

- 1) 黒沢誠治・佐藤哲男・上田国男・山本一夫・山田保・菊池俊彦・泉圭一郎：公開特許公報，昭 56-164744。
- 2) 菊池榮一・井筒 雅・小林秀行・日下部功・村上和雄：日畜会報，59，388 (1988)。
- 3) 木村利昭・相良康重・加田正敏・種谷新一：農化，64，177 (1990)。
- 4) 井門和夫・西谷紹明・巽 清・山本晴敬・伊藤健介・塙 尚之・玉置公恵：雪印乳業研究所報告，92，89 (1990)。
- 5) 西谷紹明・巽 清・井門和夫・塙 尚之・玉置公恵：農化，64，1143 (1990)。
- 6) Fox, P.F.: Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Volume 1, ed. by Fox, P.F. (Elsevier Applied Science, London and New York, 1987), p. 12 (1987)。

(平成 4 年 8 月 17 日受理)