針入度法によって測定したプロセス・チーズの 硬度に及ぼす二、三の要因の影響

中 西 武 雄*・足 立 達*・吉 久 保 修*

チーズの硬度を測定する手段として、従来から用いられてきた方法の大部分は、一定の形状と大きさをもった、球体もしくは針棒を、チーズの表面におき、これに一定の荷重をかけてチーズ内におしこみ、生じた変形を一定時間後に測定する操作からなっている¹⁾²⁾。主として、ヨーロッパ諸国において使用されるボール・コンプレッサーや、アメリカでの針入度計はその代表的なものである。

わが国ではチーズの硬度の測定に、これらの諸国のように継続して使用されている方法はないが、カード・メーターといわれる一種の針入度計は、牛乳のカードの堅さの測定に広く採用され、またアメリカ標準材料試験型の針入度計をマーガリン、バターの硬度の測定に使用しているところも少なくない。とくに後者はアメリカにおいてチーズ・スプレッドやクリーム・チーズの堅さの測定にも使用されている。しかしながら、プロセス・チーズの硬度測定にこれらの器械を応用する場合、プロセス・チーズの堅さがこれらのチーズ製品よりも堅いので、針の進入の際に割れ目を生じ、正確な値の得られないおそれのあることが予想される。

そこで、カード・メーターの機構を利用してプロセス・チーズの硬度の測定を試みた。以下の報告は、プロセス・チーズの硬度測定に対する本器の適用性と、硬度に及ぼす2、3の要因の影響について記述したものである。

実 験 方 法

1. 試 料

試料に用いたプロセス・チーズは市販品と自製品とである。自製品はゴーダ・チーズ、チェダー・チーズの熟成したものに、リン酸塩、クエン酸塩などからなる乳化剤混合物を2.4%、水の適当量を加えて、実験室用チーズ・ケトル（大江工業製）あるいはピーカー内で、水蒸

気もしくは温水によって加熱し、常法³⁾にしたがって製造した。一連の実験において、製造は同一条件下で3日間以内に行ない、製造後2週間以内に測定するようにした。

2. 装 置

飯尾電機製のカード・メーターを使用した。本器は可動台上におかれた試料を定速度で上昇させ、スプリング・バランスの下端に連結された針入棒を試料内におしこみ、スプリングの一端に固定された指針の指示度や、指針と同位置につけられた記録ペンによって、可動台の上昇と連動している回転ドラム上に描かれるグラフから硬度を知ろうとするものである。針入棒は第1図に示したような、銅製、直径1.46 mm、先端が棒長の方に対して直角な円筒状のもので、先端から5.5 mmの個所に画線をつけてある。針入棒に荷重をかけるための重錘の重量は、試料の硬さによって100, 200, 400 gのものを適宜使用した。

3. 測 定

使用する重錘に適合したスプリングの指針を、あらかじめゼロに合わせておき、針入棒が試料に接してから、その先端部が表面にはいりはじめたとき、ならびに5.5 mmの画線まで進入したときの目盛りを読み、この読みから荷重量を換算して測定結果を示した。また、針入棒の進行に伴う指示度の変化を、いわゆる逐次進入法によって表わすために、回転ドラム上の記録紙にグラフをとった。測定結果は温度によって著しい変化をうけるので、特記しない限り、試料および測定環境の温度を20±0.5°Cとして測定を行なった。可動台の上昇速度は特別

第1図 針入棒の形態

* 東北大学農学部畜産利用学研究室（仙台市北六番丁）

Effects of Some Factors on the Hardness of Processed Cheese Measured by a Penetrating Method.
By TAKEO NAKANISHI, SUSUMU ADACHI and OSAMU YOSHIKUBO.

の場合を除き1インチ/21秒である。

4. プロセス・チーズの分析

(1) 水分, 酸度, 全窒素: チーズ分析の常法⁴⁾による。

(2) pH: 酸度測定用供試液の pH を東洋科学製ガラス電極 pH メーター H 型で測定し, この数値によってチーズの pH を示した。

結 果

1. 針入度の経時的变化

針入棒がプロセス・チーズに進入する場合の針入度の経時的变化を, 4種の自製品について調べた。この針入棒の進入による指度変化を, 記録紙上のグラフにとったものが第2図である。得られた針入曲線はほぼ直線に近く, 明りょうな変曲点を表わさない。針入棒が試料に接したのち, 試料中に進入しはじめるまでの間は直線で, その傾斜にはほとんど差異を認めないが, 進入とともにしだいに差を生じ, 徐々に弯曲してくる。この直線部から曲線部に移行する位置にも, 不明りょうながら試料による差が存在する。しかし, この変曲点から明確な降伏値を求めることはできない。官能的に堅い組織をもった試料ほど, この曲線の傾斜はゆるやかなものとなって表現された。

ただし, 試料によっては, 針入棒が進入したのちの曲線部に明りょうな変曲点の現われることもあるが, これはその進入部に空間もしくは局部的な硬度の不均一部分が存在したことにもとづくもので, 正常な組織をもった試料には認められない異常曲線である。

2. 針入度による変形の表現

針入棒のプロセス・チーズに進入する状態は, 針入度の経時的变化曲線からも容易に推定されるように, 針入

棒の進入までにある荷重を必要とし, ここで試料が棒の先端によって圧縮変形をうけたのち, その降伏値を上まわる荷重のため, 圧縮表面が破れて針入棒の進行が開始され, これ以後の針入棒の進行には, 針の側面と試料との間のズリ流動に伴う力学的効果がさらに加わることになる。この圧縮とズリ流動変形の大きさを表現するために, 針入棒の進入の開始される直前の指度と, 一定の画線に進入するときの指度とを測定した。画線は針入棒の先端から 5.5, 11.0, 16.5 mm の距離で, 5.5 mm の間隔で3箇所につけてある。3種の市販品について得られた測定結果を第1表に示す。これらの測定は薄刃の鋭利な刀で切った直後の, 新しい表面について行なわれたもので, 3回の測定値の平均として表わした。

針入棒が3箇所の画線まで進入するのに必要な負荷重の相互差はほぼ相等しく, 前実験の結果から推定される事実と一致する。進入開始時の指度の大きな試料は, 画線までへの進入時の読みもまた大となるが, 指度の増加度は必ずしも進入時の読みに比例していない。なお, 著しく堅い試料では, 最終段階の画線までに進入したときの指度が, 可動台の運動の動力源となっているシンクロナス・モーターの静止点に近接する結果, 過小となり, 真の力学的数値を表現しないことがある。

しかしながら, この画線までの針入棒の針入度の直線性は, 表面と内部において水分分布の異なる試料では認めることができない。空気中に長時間放置したため, もとの製品とは全体としての水分含量も異なっているが, 乾燥表面の生じた同様の市販品について得られた, 第2表の結果から, このことは明らかである。表面を通過した直後の針入棒の進入速度は, 第1画線以後の画線に到達する速度よりも大きく, 内部の水分含量と差のない新鮮表面におけるよりも, 乾燥表面における負荷荷重の増

第1表 針入度の経時的变化

針入棒	0	5.5	差	11.0	差	16.5	差
A	55.6	146.0	46.4	148.4	46.4	194.8	46.4
B	51.2	97.6	46.4	144.0	46.4	190.0	45.0
C	44.0	83.6	39.6	125.2	41.6	167.2	42.0

第2表 表面の乾燥した試料の針入度

画線距離	0	5.5	差	11.0	差	16.5	差
A	51.0	102.1	51.1	162.4	60.3	222.7	60.3
B	74.2	120.6	46.4	176.3	55.7	227.3	51.0
C	97.4	134.5	37.1	190.2	55.7	236.6	46.4

図中の矢印は変曲点を示す。

第2図 プロセス・チーズの針入度曲線

大による進入初速度の加速性が認められよう。第1画線到達以後の針入度の増加は、試料に応じてほぼ同一割合合いであった。

3. 温度による針入度の変化

温度による針入度の変化を調べるために、市販のプロセス・チーズの温度を 2, 9, 16, 22, 27, 33, 37°C とし、針入棒の進入開始時と、先端から 5.5 mm の距離にある第1画線における指度を測定した。第3図にそれぞれの3回の測定結果の平均を示す。これらのプロセス・チーズの水分含量は 40~43% の範囲のもので、針入度は進入開始時と第1画線までの進入時の指度で表わした。これらの針入度-温度関係は指数関数のような曲線を示すが、その特性はそれぞれ異なっている。進入開始時の読みの変化曲線の全体としての傾斜は、第1画線までの進入時の読みのそれに比較してゆるやかで、温度変化による影響は後者により強く現われる。しかし、個々の曲線においては、温度変化の影響がほぼ 20°C より低温で著しく、温度の上昇とともに小となることは、両測定値から得られた曲線に対して共通した事実である。

4. 水分含量による針入度の変化

チェダー・チーズを原料として 35~50% の範囲の水分含量のプロセス・チーズを製造し、この針入度を測定した。水分含量をこのような範囲にとどめたのは、普通のプロセス・チーズのそれが大体この範囲に入るからである。製造に際しては、原料チーズの水分含量から算出した水分をあらかじめ原料配合時に混合し、加熱過程の減量を尺度として水分を蒸発させ、プロセス・チーズ

第4図 水分と針入度との関係

の水分含量を調節した。針入度の読み方は前項3と同様に行なったが、得られた水分含量-針入度関係は第4図のような曲線を示し、針入開始時点の指度測定による曲線の勾配は、総体的に第1画線までの読みによるものよりもゆるやかである。また水分含量のこれら針入度に及ぼす影響は、水分含量約 40% を境としてかなり相違し、これより以上ではほぼ比例的に針入度が低下するのに対して、以下では増加率の著しいことが認められる。

5. pH による針入度の変化

チェダー・チーズ 75%, ゴーダ・チーズ 25% の配合のチーズを原料として、水、乳化剤のほかに水酸化ナトリウムを 0.25, 0.50, 1.00%, 濃塩酸 0.25% を加えてプロセス・チーズを製造し、pH による針入度の変化を検討した。針入度の測定は前項3, 4と同様で、結果を第3表に示す。pH が両法によって測定した針入度に対して著しい影響を与えることは明らかである。しかし、両者の間には一定した比例関係は存在しない。pH 6.4 から 5.4 までは pH の低下とともに針入度の増加が見られ、pH 5.4 から 5.3 への低下に伴って針入度は著しく低下する。また pH 6.4 以上においても pH の上昇とともに針入度の増大が見られるが、その増加度は上記の pH の低下に伴うそれよりも小である。

第3表 pH と針入度の関係

番号	水分 (%)	pH	酸 度	針入度 (g)	
				進 入 始	第 1 画 線
1	34.32	7.14	0.81	43.6	75.6
2	34.11	6.40	1.81	35.4	65.4
3	34.07	5.78	1.17	41.2	83.6
4	34.39	5.40	1.40	46.3	102.2
5	34.46	5.30	1.62	23.4	66.4

第3図 温度と針入度との関係

6. 熟成の異なる原料チーズの混合比による針入度の変化

製造後 12°C において約 90 日および約 8 カ月経過した 2 種のチェダー・チーズを原料チーズとし、この混合比を変えてプロセス・チーズを製造し、前項 3, 4, 5 と同様に針入度を測定した。原料混合比の変化による製品の水分含量、酸度のフレをなくすために、計算量の水分、重炭酸ナトリウムをあらかじめ原料に加え、これらの要因による針入度の変動をできるだけ少なくするようにつとめた。分析および測定結果を第 4 表と第 5 図に示す。熟成度の異なる原料チーズの混合によって製造したプロセス・チーズの針入度が、混合比から算定した原料チーズの針入度の代数和を下まわることは明らかである。この針入度の変化は第 1 画線までの進入時の指度による表現をとった場合により著しい。また原料中に古いチーズの多い製品の針入度が、新しい原料の多い製品のそれに比較して、より低い値を示した。

第 4 表 新旧原料チーズの配合によるプロセスチーズの分析

	原料配合率 (%)		水分	酸度	N (%)
	古	新			
1	100	0	34.70	1.26	3.88
2	80	20	34.49	1.30	3.97
3	60	40	34.65	1.27	3.85
4	40	60	34.58	1.29	3.92
5	20	80	34.80	1.36	3.97
6	0	100	35.03	1.31	4.06

第 5 図 新旧原料チーズの配合率と針入度との関係

考 察

以上の諸実験の結果からカード・メーターを利用した針入度計がプロセス・チーズの硬度の測定に使用できることは明らかである。本器によって測定した値と、プロセス・チーズの流動学的性質の測定に使用されたブラベンダー (Brabender)・ビスコグラフ⁵⁾やヘップラー (Höppler)・コンシストメーター⁶⁾から得られる力学的表現との関係は明らかでないが、プロセス・チーズ・スプレッドの柔らかさの測定に使用される針入度計の読みが、官能的に測定した統計値と密接に関連していること⁷⁾から、本器の測定値もプロセス・チーズの官能的な堅さと深い関係にあることは疑いない。針入棒の形態に円筒形を採用したのは、針入棒の先端が円錐形や半球状の場合に針入度が主として表面を切ることに関係し、また進入の際に表面にき裂の生じるおそれのあること⁸⁾を予想したからである。なお原報未見であるが、SCHNEIDERらによってプロセス・チーズの組織性状の測定に針入度計が用いられ、官能審査の結果との比較も行なわれている⁹⁾。

この報告においてはプロセス・チーズの硬度に影響する因子として挙げられている、1) 水分、2) pH、3) 原料チーズの古さ、4) 乳化温度、5) 乳化剤の種類、6) 脂肪含量などのうち、前三者についての検討が行われた。プロセス・チーズが 50% 水分規準でプロセス・チーズ・スプレッドと区別されるように、水分はプロセス・チーズの硬度を大きく左右するが、とくに水分 37~40% が望ましい硬度を与えると考えられている¹⁰⁾。本測定法によって求めた数値が水分 35~36% 以下において急増し、45% 以上において著しく低い値を示し、この傾向がとくに進入時の読み著しいことは、この測定法が硬度の表示法として適切であることを示すものと考えられる。

一般にプロセス・チーズの pH は 5.4~5.8 が標準であるとされている¹¹⁾が、本実験においてもこの間の pH の領域では針入度が高く、この領域の両側では低下することが認められた。この事実は良好な組織のプロセス・チーズを得るために、チーズと乳化剤のエマルジョンの pH を 5.7~5.9 に調節することが望ましいとされていること¹²⁾と符合する。

プロセス・チーズの製造には新旧の原料チーズを適宜配合して乳化することが行なわれているが、この際若いチーズは製品に適当な堅さをもったよい組織を与え、古いチーズはよい風味を付与する役割を果たすものと理解されている。古いチーズの少なく、若いチーズの多いプロ

セス・チーズほど高い針入度を示した本実験の結果も、上記の見解を支持するものである。チルジット・チーズを原料としてプロセス・チーズを製造したとき、ヘップラー・コンシストメーターで測定した硬度が、原料チーズの若いほうがわずかに低い製品を与えるといっぼうでは報告されているが、本報告との相異は原料チーズの差に主としてよると考えられる。

要 約

プロセス・チーズの硬度を測定するために、牛乳用カード・メーターに円筒形の針入棒を装着した針入度計を考案し、その測定条件を決定した。またプロセス・チーズの針入度に及ぼす温度、水分、pH、原料チーズの配合率などの因子の影響を検討して、つぎの結果を得た。

(1) 温度の影響はほぼ 20°C 以下で強く現われるが、温度-針入度関係は指数関数よう曲線を示す。

(2) 水分の影響は 40% を境としてかなり異なり、それ以上ではほぼ比例的に針入度が低下するが、それ以下ではその増加率が大きくなる。

(3) pH 5.8~5.4 の領域では針入度が大きくなるが、この両側では小となり、pH 6.4 以上で再びわずかに大となる。

(4) 新旧チェダー・チーズを原料とした場合、若いチーズの多い配合率のプロセス・チーズの針入度は、古いチーズの多いものよりも大となる。

終りに測定法の文献などに関して種々有益な御教示を寄せられた雪印乳業・技術研究所の曾根敏磨博士に深く感謝する。

なお、本報告の要旨は御茶の水女子大学において開催された昭和 38 年度日本農芸化学会大会で講演発表した。

文 献

- 1) BARON, M. and SCOTT BLAIR, G.W.: *Foodstuffs their Plasticity, Fluidity and Consistency*, (North-Holland Pub.), 新食品学 (二国, 伊勢村訳), (朝倉書店), p. 127 (1956).
- 2) 高野玉吉・曾根敏磨: 食品工業の流動と輸送, 第 1 版, (光琳書院), p. 155 (1961).
- 3) 斎藤健輔: 乳製品製造 I, 第 1 版, (朝倉書店), p. 283 (1963).
- 4) 中西武雄・足立 達・鍋田文三郎・中江利孝・菅原 弘・下村正己・中野 覚: 牛乳・乳製品検査, 第 1 版, (朝倉書店), p. 166 (1964).
- 5) BECKER, E. and CLEMENS, W.: *Milchwissenschaft*, **10**, 258 (1955).
- 6) BOHAC, V.: *Intern. Dairy Congr.*, **2**, (2), 80 (1956).
- 7) OLSON, N.F., VAKALERIS, D.G., PRICE, W.V. and KNIGHT, S.G.: *J. Dairy Sci.*, **41**, 1005 (1958).
- 8) 神戸博太郎・権田紀夫・村上隆之: 工化, **61**, 1425 (1958).
- 9) SCHNEIDER, J. and DANEK, J.: *Prumysl. Potravin.*, **13**, 493 (1962), (*Dairy Sci. Abst.*, **25**, 60 (1963)).
- 10) TEMPLETON, H.L. and SOMMER, H.H.: *J. Dairy Sci.*, **13**, 203 (1930).
- 11) WEARMOUTH, W.G.: *Dairy Ind.*, **24**, 684 (1959).
- 12) JAKUBOWSKI, J. and BIJOK, F.: *Dtsch. Molkezeitg.*, **81**, 941 (1960), (*Dairy Sci. Abst.*, **22**, 560 (1960)).
- 13) JACKSON, M.P. and WEARMOUTH, W.G.: *Dairy Sci. Abst.*, **21**, 177 (1959).
- 14) JAKUBOWSKI, J. and BIJOK, F.: *XVth Intern. Dairy Congr.*, (2), 919 (1959).

(1965 年 1 月 14 日受理)