

テクスチュロメーターによるプロセスチーズの物性測定

福井 義明, 唯 正博, 三木 英三

1 緒 言

チーズのボディとかテクスチャーとよばれる物理的性質は、チーズの嗜好性において、風味とともに重要な因子であり、とくに、数種のナチュラルチーズを混合乳化したプロセスチーズでは、その製造条件の決定の点からも、物理的性質を数値化する客観的測定法が必要である。

近年、中西ら⁽¹⁾はプロセスチーズの硬度測定に牛乳用のカードメーターを応用し、硬度におよぼす二三の要因の影響について検討している。しかし、この方法は硬度しか測定できないし、また硬度を決定する針入曲線の変曲点不明りょうであるという弱点がある。最近、VANDERHEIDEN⁽²⁾が鋼鉄線によってチーズを切るさいに生ずる抵抗を曲線として記録する装置を考案し、チーズのコンシステンシヤやテクスチャーを測定しているが、この方法では数値化ができない。また、THOMAS⁽³⁾らはプロセスチーズの firmness, crumbliness および stickness を測定する装置を発表しているが、いずれも単一な特性しか測定できない。一方、食品のテクスチャー測定装置として、口腔内の咀嚼く動作をまねたテクスチュロメーターが、PROCIOR⁽⁴⁾らのテンダロメーターをもとにして、SZCZESNIAK⁽⁵⁾らによって開発された。さらに SZCZESNIAK は得られたテクスチュロメーターカーブから食品のレオロジー特性をプロファイル化する方法を提案した。この方法を食品のテクスチャー測定に適用する検討が各種の食品について行われている。^(7,8) プロセスチーズへの応用は金子ら⁽⁹⁾が試み、水分含量、脂肪含量および再生チーズ量の影響について発表しているが、詳しい報告はない。そこで、官能検査結果との相関性が大きいといわれる⁽¹⁰⁾テクスチュロメーターでプロセスチーズの物性を測定し、その適用性と、テクスチュロカーブにおよぼす二三の要因の影響について検討した。

2 実験方法

1 プロセスチーズの試料調製

供試のプロセスチーズは、オハヨー乳業KKより提供されたチェダーチーズと乳化剤を用いて、実験室でつぎのような方法で調製した。チェダーチーズ150gを細かく砕いて300CCのビーカーに入れ、それに3%の乳化剤（リン酸塩・クエン酸塩混合物）と所要量の水を加え、ミキサーで攪拌しながら温水（80°C）によって加温、25分間融解乳化させた。これら一連の実験における製造は、同一条件のもとで、すべて同日中に行ない、製造後5°Cに保管、10～14日の間に測定した。

プロセスチーズのpHは、乳化のさいに、濃塩酸あるいは水酸化ナトリウム水溶液を加えて調整し、できたチーズのpHを、チーズ分析の酸度測定法⁽¹¹⁾を準用し、pHメーターで実測した。

プロセスチーズの水分含量は、使用する水分量などからも算出できるが、乳化中にいくぶん蒸発するので、赤外線水分計で実測した。

2 テクスチュロメーターによる測定

テクスチュロメーターは全研製のものを使った。プロセスチーズの試験に用いた測定条件は、ブランジャーはルサイトの直径18mm円柱、クリアランス3mm、咀嚼く速度12回/分、チャートスピード1500mm/分とし、入力電圧は0.5Vとした。

試料は直径やく4cmの円柱状に製造したプロセスチーズを厚さ13mmに切り、測定した。測定温度は20±2°C、数回の測定値の平均をとった。

3 実験結果

1 テクスチュロメーターカーブ

テクスチュロメーターにより測定すると、特徴のあるテクスチュロメーターカーブが得られる。Fig. 1にプロセス

チーズの代表的なテクスチュロメーターカーブを示す。このカーブからテクスチャーを表示するパラメーターが求められる。すなわち

硬さ：最初の山の高さ $H(cm)$ /入力電圧

凝集性：2回目の山の面積 A_2 /最初の山の面積 A_1

弾力性：〔粘土時間定数 C （粘土様標準物質の1回目と2回目との接触点間距離）〕-〔試料の接触点間距離 B 〕

付着性：最初の山の後にあらわれる基準線下の面積 A_3 /入力電圧

これらの一次パラメーターから、もろさ、咀嚼性およびガム性の二次パラメーターが算出できる。本報告においても、この方法にしたがって、供試プロセスチーズのテクスチャー表示を行なった。しかし、基本的には一次パラメーターによって表示できるので、一次パラメーターだけについてのべる。なお、図中のテクスチャーパラメーターの単位はすべてテクスチュロメーターユニット (T.U.) で表わした。

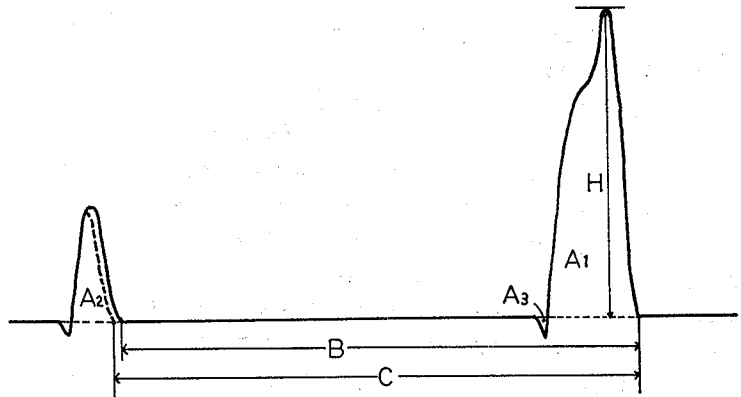


Fig.1. A typical texturometer-curve of process cheese

2 水分含量の影響

チエダーチーズを原料として41~50%の範囲の水分含量のプロセスチーズを製造し、それらのテクスチャーを測定した。得られたテクスチュロメーターカーブから上述の方法によって一次のテクスチャーパラメーターを求め、それらのパラメーターと水分含量との関係を Figs. 2~4 に示す。

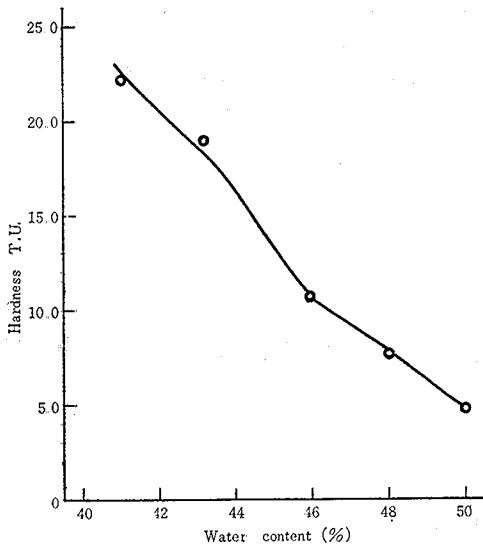


Fig. 2. Influence of water content on hardness

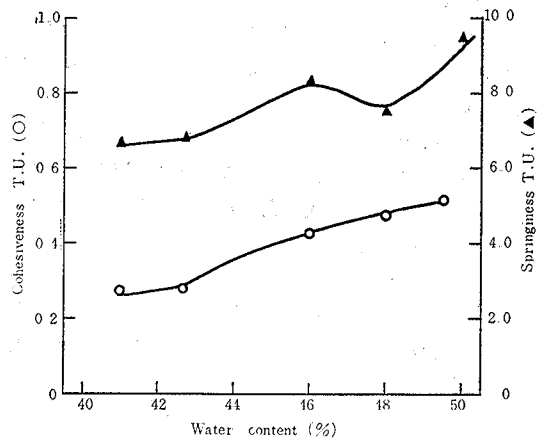


Fig.3. Influence of water content on cohesiveness and springiness

硬さにおよぼす水分含量の影響 (Fig. 2) は、水分含量の増加にもなって硬さが急激に減った。とくに、44%付近より低い水分含量のところでは減少の傾斜がやや急になっている。

凝集性に対しては (Fig. 3), 硬さの場合と反対に, 水分含量が増すと凝集性が増す傾向を示した。その増加割合は, 硬さの変化においてみられたように, 水分含量44%付近で変り, 44%以上の水分含量では凝集性の増加が大きくなった。

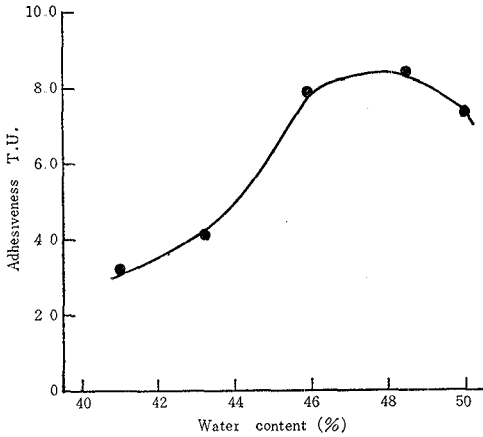


Fig. 4. Influence of water content on adhesiveness

弾力性は, 水分含量の増すにつれて増加する傾向を示した (Fig. 3)。

付着性におよぼす水分含量の影響 (Fig. 4) は, 図にみられるように, 44~46%の間で急激に増加して48%付近で頂点に達し, それ以後は逆にやや低下した。

3 pHの影響

プロセスチーズの物性にその pH が影響すると考えられるので, 種々の pH 値 (5.3~6.4) をもった7種のプロセスチーズをチエダチーズから製造し, pH の影響をしらべた。製造にさいしては, 添加する水分量を一定にして, プロセスチーズの水分含量がなるべく一定の46.5%になるようにした。

得られた各テクスチャーパラメーターと pH の関係は Fig. 5 と Fig. 6 に示す。プロセスチーズの硬さは pH の高くなるにつれて, pH6.2 付近まではほぼ直線

的に低下し, その後はやや増加した (Fig. 5)。

凝集性, 付着性, 弾力性の三者はいずれも pH によって同じ傾向の影響を受け, pH 6 付近に最高値をもったなだらかな曲線となった。

4 原料チーズの熟成度の影響

原料チーズの熟成度がプロセスチーズの風味やボディに大きな影響をあたえることが知られており, 実際の生産においても, 熟成度の異なる原料チーズが配合して使用されている。ここでは, 単純化のために, 熟成度の異なる 2種のチエダチーズを原料として, Table 1 に示したような割合に配合してプロセスチーズを製造した。つくったチーズの熟成度を, 慣行の計算式⁽¹²⁾によって算出し, その熟成度とテクスチャーの関係をしらべた。なお, 供試のプロセスチーズの水分含量と pH 値を実測し, Table 1 にあわせて示した。

プロセスチーズの硬さは熟成度が大きくなるにつれて直線的に減少した (Fig. 7)。これらのチエダチーズ乳化条件のもとで製造したプロセスチーズの熟成度とその硬さとの間には, つぎの式が成立する。

$$\text{プロセスチーズの硬さ} = -(2.5 \times \text{熟成度}) + 25$$

凝集性は, 熟成度が大きくなるにつれて, 直線的に増加した (Fig. 8)。

弾力性と熟成度との関係は, 断続があって, はっきりした傾向は認め難い (Fig. 8)。付着性においても, 熟成度との関係は複雑であるが, 熟成度の高いものが大きい付着性を示した。

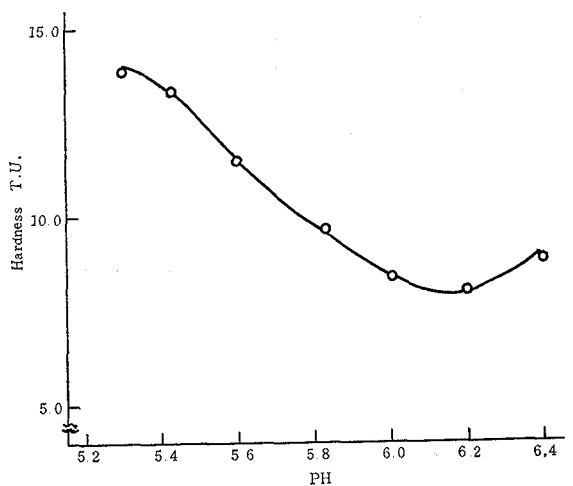


Fig. 5. Influence of pH on hardness

4 考 察

プロセスチーズは半固状態で, 柔らかく, どんな大きさにも切れるので, テクスチュロメーターによる測定が行ないやすく, Fig. 1 に示したように, 典型的なテクスチュロメーターカーブが得られる。したがって, テクスチュロメ

Table 1. Blend of Cheddar Cheese

Ratio of blend(%)		Ripening degree (Mth.)	Water Content (%)	pH
Old	Young			
0	100	3.5	46.9	5.87
20	80	4.4	47.1	5.78
40	60	5.3	46.6	5.82
60	40	6.2	46.7	5.79
80	20	7.1	46.8	5.71
100	0	8.0	46.6	5.62

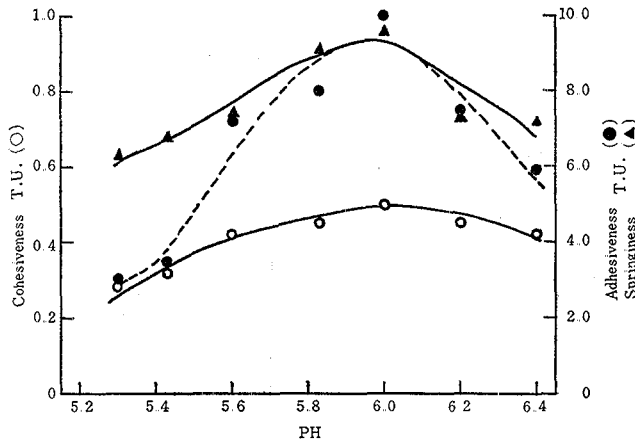


Fig. 6. Influence of pH on Cohesiveness Adhesiveness and Springiness

ーターはプロセスチーズの物性研究に適した装置であるといえる。とくに、一回の測定によってテクスチャーについての種々のパラメーターが得られる点において、従来の単一測定機よりもすぐれている。ただし、試料の厚さ(高さ)が測定値(とくに硬さ)に大きく影響するので、再現性のある測定値を得るためには、正確に定めた高さのチーズ試料を調製することが肝要である。

供試のプロセスチーズの製造は、本報告においては、ピーカーを使って行なったが、測定値のバラツキは、テクスチュロメーターの測定自体からよりも、むしろ試料の調製の仕方から生ずるほうが大きいのではないかと考えられる。したがって、プロセスチーズのテクスチャー研究には、研究室でのプロセスチーズ製造方法も重要な課題であると思う。

テクスチュロメーターによる測定値に対する水分含量、pH および熟成度の影響をしらべたが、得られた測定値についてまとめて考察する。

まず硬さ(硬度)について、SzcZESNIAK⁽⁶⁾は食品の機械的特性の分類において、硬さは物性に一定の変形を与えるのに必要な力であると定義している。硬さは食品のテクスチャーにおいて最も重要な因子であるが、硬さという語には、一般にひっかき硬さと押し込み硬さとがあり、テクスチュロメーターで測定される硬さは押し込み硬さに相当するものである。このテクスチュロメーターで得られる硬さが基礎物理量とどのように関係するかは、ほとんどわか

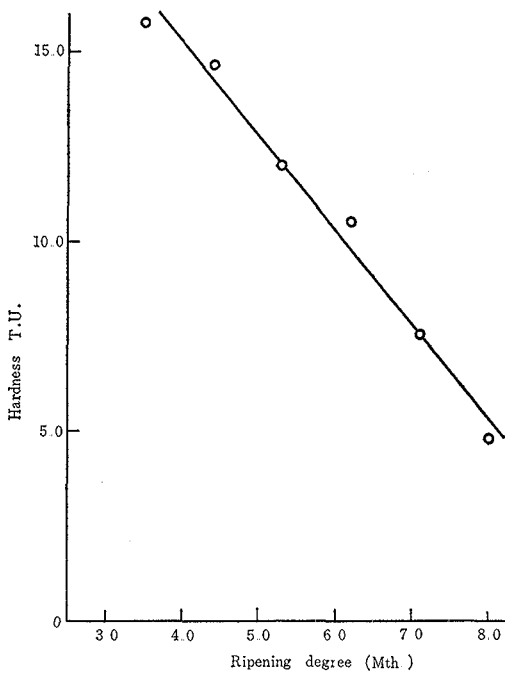


Fig. 7. Influence of ripening degree on hardness

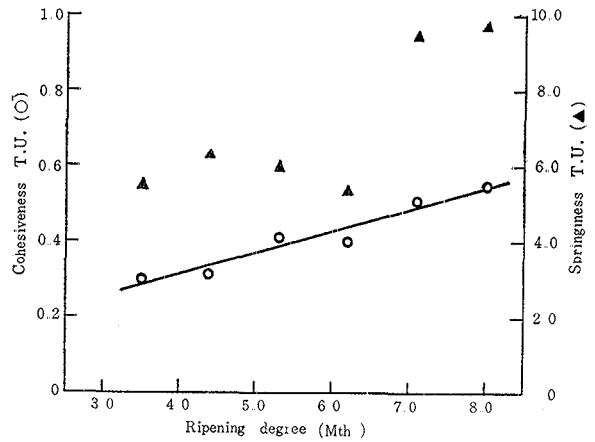


Fig. 8. Influence of ripening degree on Cohesiveness and Springiness

っていないが、感覚的な硬さとは高い相関関係のあることが知られている。⁽¹⁰⁾ したがってテクスチュロメーターで得られた硬さはテクスチャー表示として十分に意義があるといえよう。プロセスチーズの硬さは、水分含量によって大きな影響を受け、水分含量が増すにつれて著しく低くなった。このことは金子⁽⁹⁾らも認めている。この水分の影響は水分含量が増すとチーズの自由水が増し、カゼイン分子が流動しやすくなるためと考えられる。なお、中西⁽¹⁾らは針入度計による硬度測定において、水分の影響が40%水分含量を境としてかなり異なることを指摘しているが、本実験では、44%以下の水分含量において、硬さの低下率がやや増大したにすぎなかった。

硬さは pH によっても著しい影響を受けた。しかし、両者の間には直線関係はなく、硬は pH6.2 付近において最低の値を示した。

さらに、硬さは熟成度によって大きな影響を受けた。ナチュラルチーズは熟成がすすむにつれて柔らかいボディになることはよく知られており、したがって、古いチーズを多く配合したプロセスチーズの硬さが低くなることは当然のことといえる。しかし、テクスチュロメーターの硬さと熟成度との間に直線関係が成り立つことは、測定値の応用面から興味深いことである。このような直線関係は、針入度計で測定した硬さ⁽¹⁾では認められていない。

凝集性は食品の形態を構成している内部の結合の強さであり、したがって食品を破壊するのに必要な力とも解釈できる。プロセスチーズについてテクスチュロメーターで得た凝集性の値に対する水分含量と pH の影響をみると、硬さへの影響とまったく反対であった。すなわち、水分含量の多いチーズほど、硬さは低く、凝集性の値は高い。しかしながら、水分含量が多い柔らかいチーズほど、チーズを破壊するのに大きな力が必要であるとは考え難い。この矛盾の生ずる原因は、凝集性の算出方法に問題があるのではないかと考えられる。すなわち、テクスチュロメーターによる凝集性は、第1の山の面積と第2の山の面積との比として算出される。ところが、第1の山の面積は硬さの影響を受け、硬いものほど大きくなる。一方、第2の山の面積には弾力性の要素が相当入ってくる。したがって、硬さと弾力性の両要素を含んでいる山の面積をそのまま凝集性の算出に使うことに問題があると考えられる。このことについて、岡部⁽⁸⁾も静的粘稠性測定器による測定値との比較から、疑問を出している。

弾力性は外力によって起された変形が、力をとり去ったときに元の状態に回復する性質である。プロセスチーズの弾力性に対する、水分含量、pH および熟成度の影響を測定した結果は、他のパラメーターにくらべて、一般的傾向

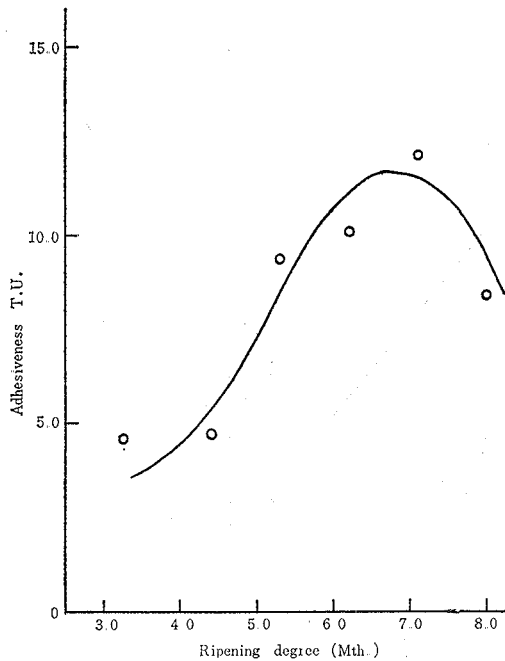


Fig. 9. Influence of ripening degree on Adhesiveness

が認め難く、また測定値のバラツキも大きかった。なお、弾力性の算出法にも問題があるように思われる。

付着性は食品の表面と他の物体の表面が付着している状態を引き離すのに必要な力である。プロセスチーズの付着性に対する各因子の影響は大きく現われる。

以上、テクスチュロメーターから得られたプロセスチーズについての一次パラメーターについて考察したが、これらのうちで、最も信頼できるパラメーターは硬さであり、付着性も有効である。凝集性、弾力性は算出法の検討が必要であろう。

また、これらのパラメーターに対する原料チーズの影響については、2種類混合しか行わなかったが、混合するチーズの種類を多くし、さらに乳化剤の種類や量、乳化温度などの影響についてのデータを蓄積すれば、プロセスチーズの製造条件の決定や品質の改良のために有効な情報を与えるものになると考えられる。

なお、チーズの粘弾性についての基礎的研究⁽¹³⁾において、チーズの力学的性質を基礎物理量の粘性率や弾性率に関係づける努力がなされているが、ここに得たテクスチャーパラメーターは、物理常数ではなく、官覚的評価の表示を指向するものである。

5 要 約

プロセスチーズのテクスチャー測定に対するテクスチュロメーターの適用性と、テクスチュロメーターカーブにおよぼす二三の要因について検討し、次の結果を得た。

1. テクスチュロメーターはプロセスチーズのテクスチャー測定に適した装置である。
2. 硬さが最も信頼できるパラメーターであり、付着性も有効であるが、凝集性と弾力性の算出法に若干問題があるように思われる。
3. 水分含量が増すにつれて、硬さはほぼ直線的に著しく減少し、付着性は増大した。その影響は、両者とも44%付近を境にしてやや異なる。
4. pHが高くなるにつれて、硬さは減り、pH6.2付近で最低値となり、その後やや増した。
5. 計算熟成度の高いものほど硬さは直線的に減少し、凝集性と弾力性は直線的に増加した。

文 献

- (1) 中西, 足立, 吉久保: 食工誌, 12, 222 (1965).
- (2) VANDERHEIDEN, G. J. : *Australian J. Dairy Tech.*, 25, 37 (1970).
- (3) THOMAS, M.A., BROWN, F.B., HANLY, A.T.: *ibid.*, 25, 46 (1970).
- (4) PROCTOR, B.E., DAVISON, S., MALECKI, G.J., WELCH, M.: *Food Tech.*, 9, 471 (1955).
- (5) FRIEDMAN, H.H., WHITNEY, J.E., SZCZESNIAK, A.S.: *J. Food Sci.*, 28, 390 (1963).
- (6) SZCZESNIAK, A.S.: *ibid.*, 28, 385 (1963).
- (7) 下田, 松元: 調理と物理・生理, 57, 朝倉書店 (1971).
- (8) 岡部: 京女大食誌, 25, 9 (1971).
- (9) 金子, 吉川, 菅野: 日畜学会 (55回) 大会, 演講要旨, 34 (1968).
- (10) SZCZESNIAK, A.S., BRANDT, M.A., FRIEDMAN, H.H. : *J. Food Sci.*, 28, 397 (1963).
- (11) 中西武雄他: 牛乳・乳製品検査, 168, 朝倉書店, 8版 (1970).
- (12) 斉藤健輔: 乳製品製造 I, 289, 朝倉書店, 8版 (1969).
- (13) 福島, 種谷, 曾根: 材料, 13, 331 (1964), 14, 270 (1965).
曾根, 井筒: 食品加工シンポジウム要旨集, 30(広島) (1969).

Measuremnts of the physical properties of process cheese
by texturometer

Yoshiaki FUKUI, Masahiro TADA, and Eizō MIKI

Summary

The physical properties of process cheese having different leveles of water content, pH value and ripening degree were measured by texturometer. The results obtained are as follows.

1. Texturometer is a suitable apparatus for the measurement of textural characteristics of process cheese.

2. Hardness is most reliable and adhesiveness is also usefull as parameter. But cohesiveness and springiness seemed to be inadequate due to imperfection of its calculating method.

3. With an increase of water content of process cheese, hardness decreased rapidly and linearly, but adhesiveness increased. Those trends were more significant less than about 44% water content. As increasing of pH value, hardness decreased slightly. When the ripening degree increased, hardness decreased but cohesiveness and springiness increased linearly.

(1971年5月31日受理)