

報 文

多糖類混合ゲルの機器測定および官能評価

Physical Properties and Texture Profiles of Mixed gels of Polysaccharides

渡邊純子* 阿久澤さゆり* 澤山 茂* 川端晶子*
 (Junko Watanabe) (Sayuri Akuzawa) (Sigeru Sawayama) (Akiko Kawabata)

The characteristics of three types of mixed gels and two single gels, using mixtures of curdlan with pectin, carrageenan or xanthangum, and curdlan and pectin alone were compared. In textural properties, cohesiveness was the only attribute which differed between the five different kinds of gels. The three types of mixed gels had much lower rupture stress, rupture strain and rupture energy values in comparison with the single curdlan gel, although the initial elastic modulus was higher.

Canonical discriminant analysis clearly distinguished the single curdlan gel and the single pectin gel among the five different kinds of gels, it being difficult to distinguish among the three types of mixed gels. Scanning electron micrography revealed the structure of the single curdlan gel to be in the form of microfibrils, while the single pectin gel had a densely connected thin-plate structure. The mixed gels had a net-type structure, each being distinguished by the thickness and density of the fibers.

The sensory evaluation demonstrates that the three types of mixed gel had many similar textural properties, the single curdlan gel was tough, hard, not adhesive and not crisp, while the single pectin gel was quivery, soft and adhesive.

キーワード：カードラン curdlan；カラギーナン carrageenan；キサントガム xanthangum；判別分析 discriminant analysis；官能評価 sensory evaluation；ペクチン pectin

緒 言

カードランは、微生物 (*Alcaligenes faecalis* var. *myxogenes*, *Agrobacterium* 菌株) が生産する多糖類の1つであり、1966年、原田ら^{1,2)}によって発見された。カードランの化学構造は、D-グルコースが400~500分子、1-3位でβ-グルコシド結合した、直鎖のβ-1,3-グルカンである。カードランは、常温では水に不溶であるが、水懸濁液を加熱すると凝固する性質を有する^{3~18)}。また、pH 2~10の広いpH域でゲルを形成すること、カードラン水分散液に油や脂溶性物質を加え乳化して加熱すると、それらを均一に含んだゲルができること¹⁹⁾、またカードランゲルは冷凍してもゲル物

性はあまり変わらないこと²⁰⁾などの性質を有する。この特徴を利用すれば、今までのゲル化剤からは得られなかった新しい物性を有する食品が得られるものと考えられている^{21,22)}。

そこで、前報²³⁾ではカードランの食品素材としての新しい利用法を検索する目的で、カラギーナン、キサントガムを混合し、3%濃度におけるモデル実験を行った。本報ではさらにペクチンを加えて、実際に食するデザートゼリーとしての物性を考慮した。これまでの報告では、レオロメーター (飯尾電機製) によるかたさ²⁴⁾およびレオナー (山電製) による破断強度²⁵⁾で $10^3 \sim 10^4 \text{ N/m}^2$ の値がデザートゼリーの好ましいテクスチャーとして報告されている。そこで、レオロメーターのかたさがこの範囲内に入るように混合ゲルを調製し、熱的性質および物性を検討するとともに、官

* 東京農業大学農学部

多糖類混合ゲルの機器測定および官能評価

能検査を行って物性値との関連を検討し、これら混合ゲルの特徴を抽出した。

実験方法

1. 試料

カードランは武田薬品工業株式会社の lot. BN-10 A-9 を使用した。ペクチンは、三晶株式会社の低メトキシルペクチンである GENU PECTIN LM-84 AS を用いた。カラギーナンはオルガノ株式会社製の κ -型で CW (カラギーナン 90%, リン酸一カリウム 10%) を用い、キサントガムは、同じくオルガノ株式会社製のオルノー・X2 を用いた。

2. 調製方法

各種ゲル化剤は次の方法により各溶液を各々調製した後、混合し再度脱気した。

1) カードラン (Cu) 単独

一定濃度のカードラン水溶液をジューサーミキサー (MX-294 G, (株)東芝) で 5 分間攪拌した後、vacuum drying oven (DPT-31, (株)ヤマト科学) を用い減圧脱気した。

2) ペクチン (P) 単独

一定濃度のペクチンと脱イオン水を 50°C の加温スターラーで攪拌した後に、乳酸カルシウム溶液 (ゲル化のためにペクチン 1g 当たり Ca^{2+} 0.1186g を乳酸カルシウムとして添加) を徐々に加え、重量補正後、減圧脱気した。

3) カラギーナン (Ca) 単独

カラギーナンに一定量の水を加えて 5 分間膨潤させた後、加温スターラーで攪拌して溶解させ、重量補正後、減圧脱気した。

4) キサントガム (X) 単独

1) のカードランと同様に行った。

5) カードラン-ペクチン (Cu-P) 混合

マグネチックスターラーで攪拌しながら、カードランの水分散液に乳酸カルシウム溶液を徐々に加えた。次に、ペクチン溶液を加温スターラーで約 50°C に温め、同温に温めておいたカードランと乳酸カルシウムの混合溶液を徐々に加え攪拌した後、減圧脱気した。

6) カードラン-カラギーナン (Cu-Ca) 混合

マグネチックスターラーで攪拌しているカラギーナン溶液に分量のカードランを徐々に加え、再度、減圧脱気した。

7) カードラン-キサントガム (Cu-X) 混合

カードラン溶液とキサントガム溶液を別々にジューサーミキサーで 5 分間攪拌した。次いで減圧脱気し、

表 1. ゲルの混合割合

試料	混合割合 (%)
カードラン	0.85
ペクチン	1.60
カードラン:ペクチン	1.20:0.50
カードラン:カラギーナン	1.20:0.45
カードラン:キサントガム	1.20:0.70

両者を混合し、再度減圧脱気した。

8) 示差走査熱量計 (DSC) 測定用試料

各ゲル濃度はすべて 10% (w/w) とし、カードランと他のゲル化剤を混合する場合は 1:1 とし、混合溶液を 10% 濃度になるように調製した各試料を、70 μ l のアルミ製容器に 45mg 詰め密封後、2 日間冷蔵庫内 (3~5°C) で保存したものを測定用試料とした。

9) ゲルの調製

物性測定及び官能検査に用いた各種ゲルは、予備実験の結果よりかたさが同程度となるように濃度を決定した。各試料濃度及び混合割合を表 1 に示す。調製した分散液を、直径 30mm、長さ 20cm のケーシングチューブに注入し、両端をたこ糸で縛って密封し、冷蔵庫中 (3~5°C) で 24 時間保存した。

3. 測定方法

1) 示差走査熱量計 (DSC) による熱的性質

前述の方法で調製した測定用試料を、DSC (DSC-50 型, (株)島津製作所製) を用いて 30~170°C の温度範囲を、昇温速度 2°C/min, リファレンスに酸化アルミナを用いて測定した。得られた曲線より、融解開始温度 (T_0), 融解ピーク温度 (T_P), 融解終了温度 (T_C) を求め、3 点で囲まれた面積を吸熱エンタルピー (ΔH) とした²⁶⁾。

2) テクスチャー特性

24 時間保存後の調製ゲルについて、レオロメーター (RX-1600, (株)飯尾電機製) を用いて、かたさ、付着性、凝集性を求めた。試料は、直径 30mm、高さ 20mm とし、クリアランスを 2mm、試料温度は 12°C、直径 40mm のアクリル製プランジャーを用い、圧縮速度 12 cycle/min で測定した。

3) 破断特性

各種ゲルについて RHEONER (RE-33005, (株)山電製) を用いて破断特性の測定を行った。試料は直径 30mm、高さ 20mm、試料温度は 12°C、圧縮速度は 1 mm/s、直径 8mm のアクリル製プランジャーを用いた。得られた応力-歪み曲線から、破断応力、破断歪、破断エネルギー、初期弾性率を求めた。

4) 機器測定値による判別分析

5種類のゲルを判別するのに有効な特性を明らかにするために、機器測定から得られた4種の破断特性値および2種のテクスチャー特性値を変数としてステップワイズ判別分析を行った^{27,28)}。テクスチャー特性値のかたさが等しくなるように各試料の濃度を調整したため、テクスチャー特性値のかたさはステップワイズ判別分析の変数より除いた。また、先に述べた6種類の変数を用いて正準判別分析^{27,29)}を行った。これは、6次元空間の中で、ゲルの判別の良い方向から順に新たな軸(元の6変数の合成変数)を取るもので、1次元で見る場合、第1正準変量が最も判別の良い軸になり、2次元で見る場合、第1と第2正準変量の作る面が最も判別の良い平面になる。

解析には富士通 FACOM M 760 型上の SAS Version 6.07 を用いた。ステップワイズ判別分析は、STEPDISC プロシジャ、正準判別分析は CANDISK プロシジャを用いた。

5) 走査型電子顕微鏡による観察

試料を2% ルテニウムレッドで前固定し、蒸留水で洗浄した後、pH 6.8 の2% 四酸化オスミウムおよび0.1M カコジト緩衝液と1.5% ルテニウムレッドの混合液で後固定した。エタノール系列で脱水した後、t-ブタノールに置換し凍結乾燥し、電界放射型走査電子顕微鏡(S-800, (株)日立製作所製)によりゲルの割断面を加速電圧5KVで観察した。

6) 官能評価

官能評価に用いた試料は、A; カードラン(Cu), B; ペクチン(P), C; カードラン(Cu) - ペクチン(P), D; カードラン(Cu) - カラギーナン(Ca), E; カードラン(Cu) - キサンタンガム(X)の5種類である。冷蔵庫内(3~5°C)で24時間保存した試料を室温に戻してから、本学学生20名からなるパネルで、-3~+3の両極7点尺度を用いて分析型および嗜好型官能評価を行った。評価項目は川端らのミルクゼリーの官能検査³⁰⁾、鈴野らの愛玉子などの官能検査を²⁷⁾を参考にし、前報²³⁾同様以下の10項目を設定した。すなわち、「しっかりしている-ふりんぷりんしている」、「水気がない-水気がある」、「なめらかでない-なめらかである」、「くずれにくい-くずれやすい」、「かたい-やわらかい」、「付着性がある-付着性がない」、「歯切れが悪い-歯切れがよい」、「弾力性がない-弾力性がある」、「口どけが悪い-口どけがよい」、「のどごしが悪い-のどごしがよい」である。

実験結果および考察

1. 示差走査熱量計(DSC)による熱的性質

各種調製試料のDSC曲線を図1に、ゲルの融解吸熱特性を表2に示した。Cuでは60.1°Cおよび151.2°Cに融解ピークが観察された。このことは、紺野ら¹²⁾がカードランの吸熱ピークを60°Cと150°Cの2箇所認めていることと一致した。カードラン水懸濁液は約60°Cまで加熱することによって、分子間の水素結合が切れて融解するため³¹⁾、60.1°Cで吸熱ピークが現れたものと考えられる。また、60°C以上になると加熱凝固がおこるが、これは疎水結合によって3次元的網目構造の形成が促進されるためと考えられる。さらに、80°C以上になると3重らせん構造が形成され、強固なゲルとなるが、151.2°Cのピークはこの構造変化によるものと考えられる。一方P単独ゲルでは、151.6°Cにピークが観察された。Cu-P混合ゲルでは146.0°Cに融解ピークが見られたが、Cu単独に比べ、ピーク温度

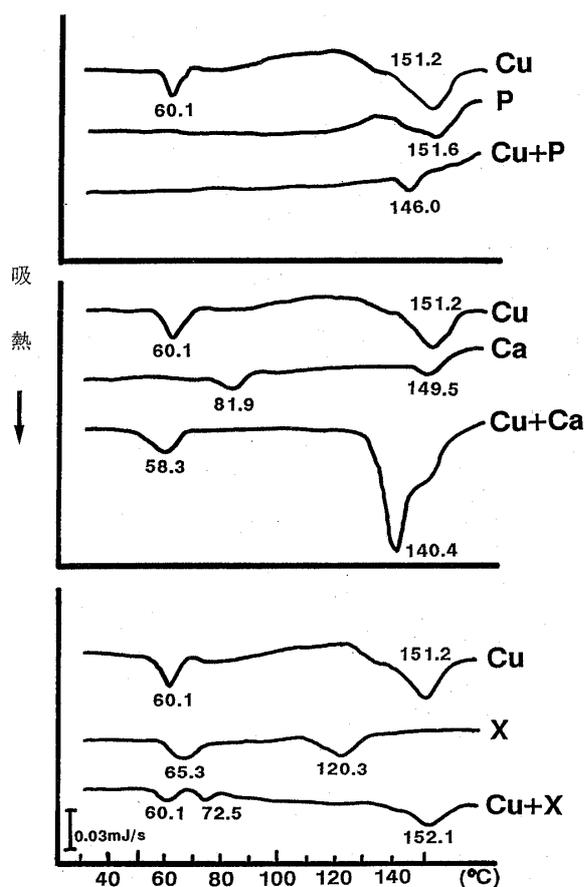


図1. ゲルのDSC曲線

Cu: カードラン, P: ペクチン, Ca: カラギーナン, X: キサンタンガム

多糖類混合ゲルの機器測定および官能評価

表2. ゲルの融解吸熱特性

		T ₀ (°C)	T _P (°C)	T _C (°C)	ΔH (J/g)
Cu	低温側ピーク(1)	56.6	60.1	65.2	0.380
	高温側ピーク(2)	134.5	151.2	160.6	1.624
P	(2)	140.6	151.6	168.8	1.420
Ca	(1)	75.4	81.9	86.4	0.655
	(2)	147.9	149.5	156.5	0.038
X	(1)	62.2	65.3	66.3	0.069
	(2)	108.8	120.3	131.5	1.095
Cu+P	(2)	141.7	146.0	152.3	0.268
Cu+Ca	(1)	53.6	58.3	63.1	0.912
	(2)	123.4	140.4	163.1	5.968
Cu+X	(1)	56.5	60.1	64.1	0.195
	中間のピーク	70.7	72.5	77.1	0.084
	(2)	137.4	152.1	166.5	0.945

T₀: 吸熱開始温度, T_P: 吸熱ピーク温度, T_C: 吸熱終了温度, ΔH: 吸熱エンタルピー, Cu: カードラン, P: ベクチン, Ca: カラギーナン, X: キサンタンガム

が低温側へ移動し、ピーク面積も減少しており、両者の性質を相殺し、熱に弱いゲルが形成されたものと考えられた。Cu-X 混合ゲルでは、X 単独の 65.3°C のピークは見られず、60.1°C に水素結合切断に対応するピークと 72.5°C に 2 つのピークが観察された。また、152.1°C に融解ピークが観察されたが、X 単独ゲルの 120.3°C のピークは見られず、152.1°C のピーク面積も減少しており、わずかにカードランの性質が現れたものと考えられた。しかし、Cu-Ca 混合ゲルでは、58.3°C および 140.4°C に融解ピークが観察され、Ca 単独ゲルの 81.9°C のピークは観察されなかったが、140.4°C のピークは顕著に増加し、混合することにより熱により安定な強固なゲルを形成していることが推測された。

2. テクスチャー特性

各種ゲルのテクスチャー測定値を図2に示す。それぞれのゲルのかたさを一定になるように調製し、各試料について5回測定した平均値を示したが、一元配置分散分析を行った結果、かたさ、付着性については5種類の試料間に有意差は認められなかった。しかし、凝集性については、5%の危険率で試料間に有意差が認められた。P単独が最も高く、ついでCu単独であり、混合ゲルは単独ゲルに比べていずれも低値であった。各種混合ゲルでは、Cu-X > Cu-P > Cu-Ca の順に高い値であった。

3. 破断特性

各種ゲルの破断応力-歪曲線を図3に示した。0.85% Cu 単独ゲルの破断応力は、 12.8×10^3 (N/m²) であるが、前報²³⁾の3%ゲルの 0.8×10^5 (N/m²) に比べてかなり小さい値となっている。1.60% P 単独ゲルでは、破断応力は小さいが、破断歪は大きく、初期弾性率の小さいのが特徴である。3種の混合ゲルはいずれの破断特性値とも類似しているが、単独ゲルに比べて初期弾性率は大きい値を示している。また、3種の混合ゲルは破断応力、破断歪、破断エネルギーともにCu単独ゲルに比べて低い値を示した。すなわち、P, Ca, XをCuに加えると、Cu単独ゲルよりも崩れやすくなるといえる。

4. 機器測定値による判別分析

どの特性が各ゲルを判別するのに有効であるかを知るために、5種類のゲルのテクスチャー特性値、および破断特性値の合計6項目の機器測定値を変数としてステップワイズ分析を行った結果を表3に示した。グループの分類を大きくするように変数を段階的に選択し、第3ステップまで計算した。各ステップに抽出された項目は、破断応力、破断エネルギー、凝集性であ

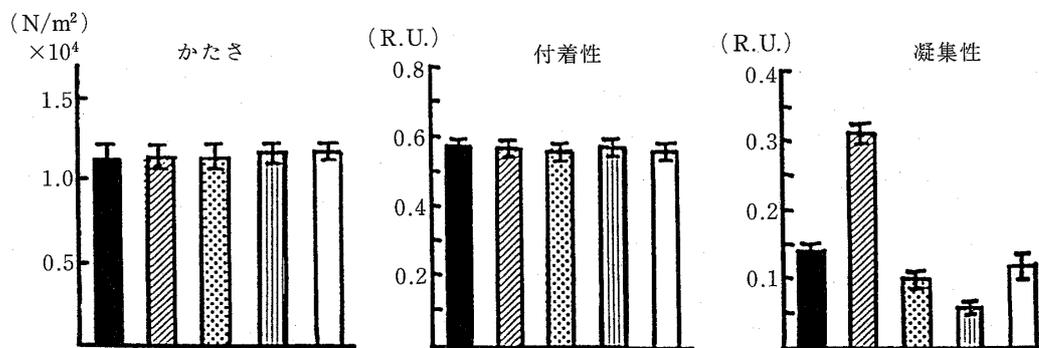


図2. ゲルのテクスチャー特性

■: Cu (0.85%), ▨: P (1.60%), ▩: Cu-P (1.20+0.50%), ▧: Cu-Ca (1.20+0.45%), □: Cu-X (1.20+0.70%)

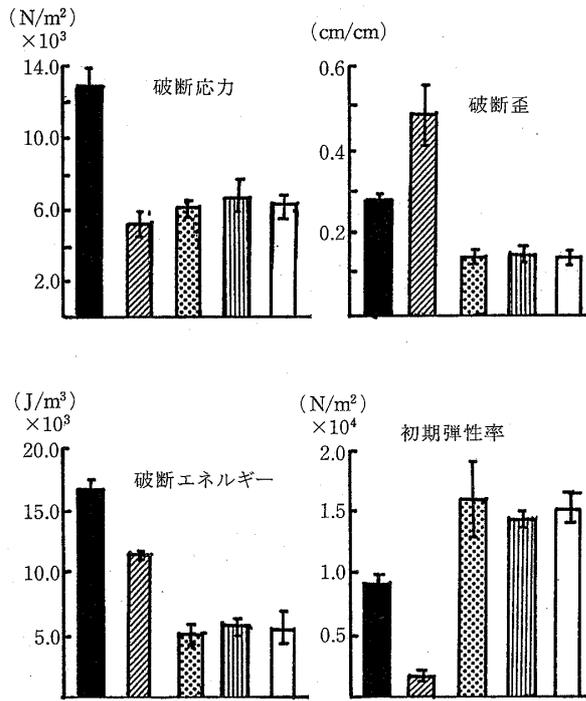


図3. ゲルの破断特性

■, ▨, ▩, ▪, □は図2と同じ

り、取入れられなかった項目は破断歪、初期弾性率および付着性であった。

次に、同様に6項目の機器測定値を変数として正準判別分析を行い、分離の良かった第1正準変量と第2正準変量とのプロットを図4に示した。この図より、Cu単独ゲルは右側に、P単独ゲルは左上部に明確に類別できた。第1変量には破断応力が最も寄与し、第2変量には破断エネルギーが最も寄与しているところか

表3. ステップワイズ判別分析で各ステップに取入れられた変数とF値

ステップ番号	変数	F値
1	破断エネルギー	457.83
2	破断応力	221.11
3	凝集性	3.71

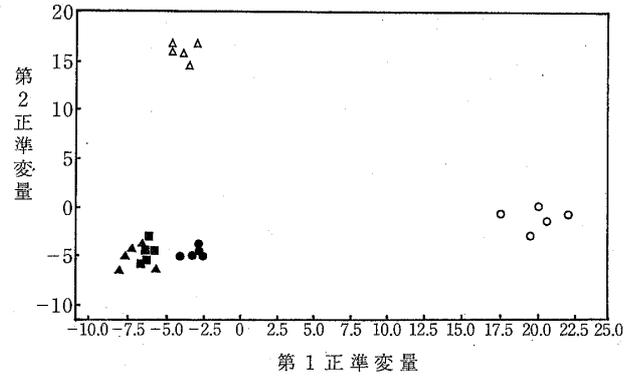


図4. ゲルの正準判別分析

○: Cu, △: P, ▲: Cu-P, ●: Cu-Ca, ■: Cu-X

ら、Cuゲルは破断応力、Pゲルは破断エネルギーによって特徴づけられるゲル特性であることが認められた。また、3種の混合ゲルのうちCu-P混合ゲルと、Cu-X混合ゲルはほとんど類似し、Caを混合したゲルは僅かに離れて位置していた。

5. 走査型電子顕微鏡 (SEM) 観察

各種ゲルの走査型電子顕微鏡観察写真を図5, 6に示した。0.85% Cu単独ゲル(図5-A)では細い繊維状と繊維の凝集した部分から成る網目構造が観察された。繊維の太さは細い部分で約20nm(図中の←)であり、

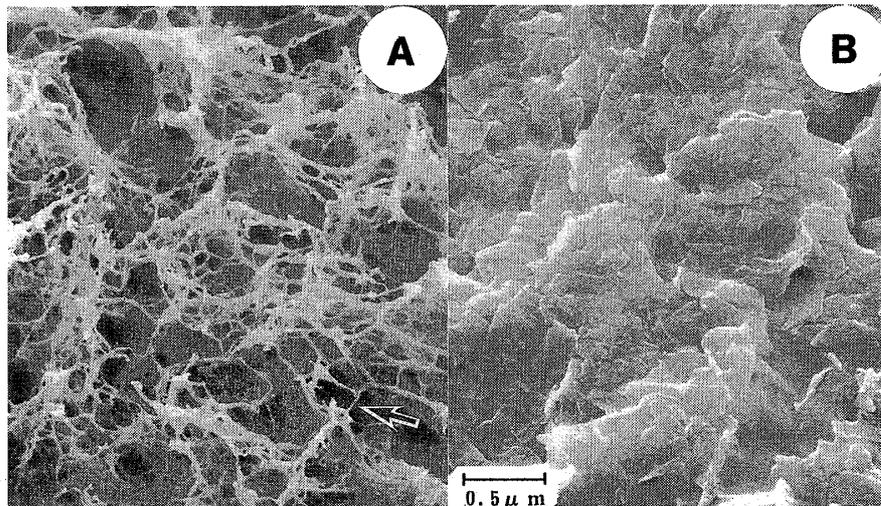


図5. カードランとペクチンの走査型電子顕微鏡像

A: Cu単独, B: P単独

多糖類混合ゲルの機器測定および官能評価

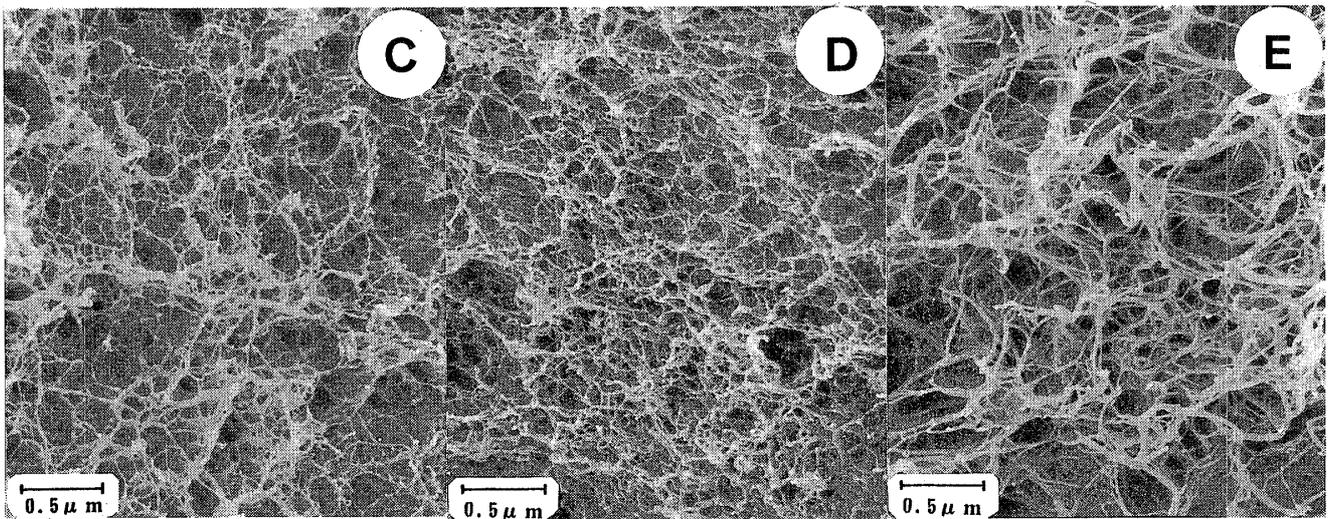


図6. 各種混合ゲルの走査型電子顕微鏡像

C: Cu-P, D: Cu-Ca, E: Cu-X

かなり広がった網目構造が認められた。前報²³⁾の3%単独ゲルに比べて、一本ずつの繊維の太さはほぼ同じであるにもかかわらず、低濃度のためにのび広がった網目構造であることが確認された。P単独ゲル(図5-B)は薄片状の構造を示した。Cu-P混合ゲル(図6-C)ではP単独ゲルの薄片状の構造ではなく、網目構造を示した。すなわちCuにPを混合すると、ゲルの構造には濃度の高いCuの影響が強く関与することが示された。Cu-Ca混合ゲル(図6-D)では前報²³⁾のCu-Caゲルよりも網目構造が粗くなっているが、このことは濃度が低いため、広がった網目構造になったものと考えられる。Cu-X混合ゲル(図6-E)においても、低濃度のため広がった網目構造になっているが、繊維の太さは細いものと太いものが混合しているように観察された。

6. 官能評価

5種類のゲルの外観と食感に関する10項目について官能評価を行い、二元配置分散分析により試料間および判定者間の有意差検定を行った結果、判定者間には有意の差が認められなかった。試料間に有意差の認められた各項目の平均評点を図7に示した。「なめらかでない-なめらかである」を除く7項目に1%の危険率で、2項目に5%の危険率で、試料間に有意差が認められた。Cu単独ゲルは、ややこしがある。ややかたい、付着性がない、歯切れが悪いと評価されたのに対し、P単独ゲルは、かなりふりんぷりんしている、やわらかい、付着性がある、歯切れが悪いと評価された。また、3種の混合ゲルはほぼ類似した特性を示し、しっかりしている、付着性がない、弾力性がないと評価された。機器データからは「破断エネルギー、破断応力、

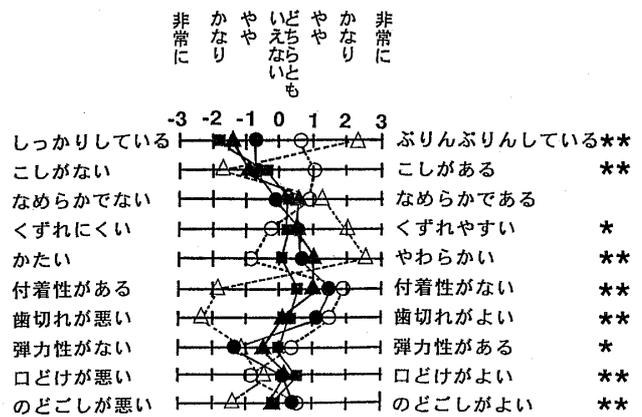


図7. ゲルの評価項目の平均評点

○: Cu, △: P, ▲: Cu-P, ●: Cu-Ca, ■: Cu-X
 **P<0.01, *P<0.05

凝集性」などのゲルの組織構造の破壊に関するパラメーターが得られた。また、官能評価についてのF値から判断すると「こし」、「かたさ」、「付着性」、「歯切れ」のような評価項目でゲルの差が大きかった。

CuにP, Ca, Xを混合するとCu特有のテクスチャーに変化をもたらし、デザートゼリーとしての好ましい柔軟性に富んだゲル特性の発現が認められた。以上の結果から、機器測定と官能評価の両面からゲルの特性をとらえる方が、多面的なゲルの特性をより詳細に評価できるものと考えられる。

要約

カードランのデザートゼリーへの利用法を検索する目的でカードランにペクチン、カラギーナン、キサンタンガムを混合し、各種混合ゲルの特性を機器測定お

よび官能評価によって比較検討した。

(1) 示差走査熱量測定による熱的性質では、カードラン単独では60°Cと150°C付近の吸熱ピークが認められ、混合ゲルにすると、吸熱ピークの出現温度が変化したが、カードランの影響が大きく寄与した。

(2) テクスチャー特性値では凝集性のみ違いがみられた。破断特性では破断応力、破断歪、破断エネルギーともに3種の混合ゲルはカードラン単独ゲルよりも著しく減少した。6項目の機器測定値を用いてステップワイズ判別分析を行ったところ、5種のゲルのうち、カードラン単独ゲルとペクチン単独ゲルは明確に識別できるが、3種の混合ゲルではそれぞれ類似した特性をもっていることが認められた。

(3) 走査型電子顕微鏡での観察によりカードラン単独ゲルは細い繊維とその凝集した部分からなる網目構造からなっていたが、ペクチン単独ゲルは薄片状をなしていた。混合ゲルでは、粗、密の差はあるが、網目構造が認められた。

(4) 官能評価によってカードラン単独ゲルはこしがある、かたい、付着性がない、歯切れがよい、ペクチン単独ゲルは、ぶりんぶりんしている、やわらかい、付着性がある、歯切れが悪いと評価された。一方、3種の混合ゲルはほぼ中間的な類似した特性を示した。

終わりに、試料をご恵与下さいました武田薬品工業(株)および、走査型電子顕微鏡観察にご協力下さいました雪印乳業(株)技術研究所に衷心より感謝申し上げます。

文 献

- 1) Harada, T., Misaki, A. and Saitou, H.: *Arch. Biochem. Biophys.*, **124**, 292 (1968)
- 2) Harada, T., Masada, M., Fujimori, K. and Maeda, I.: *Agric. Biol. Chem.*, **30**, 196 (1966)
- 3) Harada, T., Sato, S. and Harada, A.: *Bull. Kobe Womens Univ.*, **20**, 143 (1987)
- 4) Kanzawa, Y., Harada, T., Koreeda, A., Harada, A. and Harada, T.: *Agric. Biol. Chem.*, **53**, 979 (1989)
- 5) Kanzawa, Y., Harada, T., Koreeda, A., Harada, A. and Okuyama, K.: *Carbohydr. Polym.*, **10**, 299 (1989)
- 6) Takeda, T., Yasuda, N., Kasai, N. and Harada, T.: *Polym. J.*, **10**, 365 (1978)
- 7) Saito, H., Tabeta, R. and Harada, T.: *Chem. Letters*, 571 (1981)
- 8) 佐藤重彦, 奥村健吾, 原田篤也: ニューフードインダストリー, **20**, (10), 49 (1978)
- 9) 原田篤也: ニューフードインダストリー, **29** (3), 79 (1987)
- 10) 原田篤也: ニューフードインダストリー, **29** (4), 58 (1987)
- 11) 楠井卓朗: フードケミカル, No. 3, 67 (1989)
- 12) 紺野 昭, 木村 博, 中川鶴太郎, 原田篤也: 農化, **52**, 247 (1978)
- 13) 原田篤也, 佐藤重彦: 発酵と工業, **36**, 86 (1978)
- 14) Kimura, H., Morita, S. and Misaki, M.: *J. Food Sci.* **38**, 668 (1973)
- 15) 石田欣一, 志賀一三, 横尾良夫: 日食工誌, **25**, 673 (1978)
- 16) Maeda, I., Sata, H., Masada, A., Misaki, A. and Harada, T.: *Agric. Biol. Chem.*, **31**, 1184 (1967)
- 17) Kanzawa, Y., Harada, T., Koreeda, A., Harada, A. and Harada, T.: *Agric. Biol. Chem.*, **51**, 1839 (1987)
- 18) Ishida, K. and Takeuchi, T.: *Agric. Biol. Chem.* **45**, 1409 (1981)
- 19) 神沢慶美, 高橋 央, 原田篤也, 原田 明: 家政誌, **38**, 363 (1987)
- 20) 高橋 央, 原田篤也: 家政誌, **37**, 251 (1987)
- 21) 中尾行宏: フードケミカル, No. 3, 101 (1992)
- 22) 中尾行宏: 日食工誌, **38**, 736 (1991)
- 23) 渡邊純子, 澤山 茂, 川端晶子: 日本調理科学会誌, **28**, 84 (1995)
- 24) 赤羽ひろ, 和田淑子, 山口和子: 家政誌, **36**, 602 (1985)
- 25) Takahashi, J. and Nakazawa, F.: *J. of Tex. Stud.*, **22**, 1 (1991)
- 26) 渡瀬峰男, 西成勝好: 熱測定, **18**, 127 (1991)
- 27) 鈴野弘子, 澤山 茂, 川端晶子: 家政誌, **43**, 525 (1992)
- 28) SAS ソフトウェア(株)編: SAS User's Guide/Statistics Version 5 Edition, SAS ソフトウェア(株), 東京, 759 (1990)
- 29) SAS ソフトウェア(株)編: SAS User's Guide/Statistics Version 5 Edition, SAS ソフトウェア(株), 東京, 157 (1990)
- 30) 川端晶子, 澤山 茂, 永島伸浩, 内村佳子: 家政誌, **33**, 633 (1982)
- 31) Kanno, A. and Harada, T.: *Food Hydrocolloids*, **5**, 427 (1991)

(平成6年12月16日受理)