原 著

ペクチンゼリーのテクスチャーに及ぼす糖類と
糖アルコール類の影響

川 端 晶 子, 澤 山 茂, 寿 茂 子

東京農業大学栄養学科

Effect of Sugars and Sugar-alcohols on the Texture of Pectin Jelly

Akiko Kawabata, Shigeru Sawayama, Shigeko Kotobuki
Department of Nutrition, Tokyo University of Agriculture

The effects of sugars and sugar-alcohols on the texture of pectin jellies were studied.

In the case of high methoxyl pectin jellies, the curve patterns of jelly strength were found to vary according to the different kinds of sugars used; and the effect of pH on the jelly strength varied with the different concentrations and kinds of sugars.

For low methoxyl pectin jellies, the jelly strength generally increased with the increase in the concentration of sugars. But for the jellies containing sorbitol and xylitol, the increases in the concentration of these sugar-alcohols did not change the jelly strength. The organoleptic test of preference for low methoxyl pectin jellies containing various sugars at an equivalent sweetness, indicated that corn syrup jelly was significantly unfavorable, while jellies containing other sugars showed no significant difference.

Jap. J. Nutr., 34 (1) 3~10 (1976)

ペクチンゼリーは、ペクチン酸のメトキシル基含量によって異なったゲル生成機構を持ち、大別して、水素結合型とイオン結合型に分けられるが、糖類は甘味料として、また特に、水素結合型ペクチンゼリーにおいては、ゲル形成に重要な役割を持っていることが古くより知られている。

近年、ペクチンは、血清コレステロール値を低下させる食品として、また、糖アルコール類は低カロリー食品として注目され、ダイエティックフードとしての栄養学的研究とともに、その利用法についても検討されつつある。さらに、イオン結合型ペクチンゼリーの架橋結合の役割をはたすカルシウムは、ミネラル給源として重要な栄養素である。

糖アルコール類中ソルビトールについては、各研究機関で検討されている菓子や一般食品への利用法を増田¹⁾がまとめて報告し、マルチトールについては、早川²⁾が、アイスクリーム、ハードキャンデー、寒天ゼリーなどに利用してその製品の品質あるいは嗜好性を検討し、また小田⁴⁾は、ソルビトールおよびマルチトールの主な用途を分類し報告している。

ソルビトール、マルチトールおよびキシリトールの3種を用い、和田ら⁵⁾は、煮物、スポンジケーキ、プディング、寒天ゼリーについて、渡辺ら⁶⁾⁷⁾は、寒天ゲルおよび高メトキシルペクチンゲルについて、カードメーターを用いその特性を検討している。

しかし、ペクチンゼリーについては、いずれも断片的研究にすぎない。

著者らは、ペクチンゼリーのテクスチャーの系統的研究をすすめているが、今回は、高メトキシルペクチン

および低メトキシルペクチンゼリーのテクスチャーに糖類および糖アルコール類がどのような影響をおよぼすかを検討するとともに、ダイエティックフードとしてのペクチン、糖アルコール類の利用法およびカルシウム給源食品としての基礎資料に供すべく、本実験を行なった。

実験材料および方法

1. 実 験 材 料

実験材料としてのペクチン⁸⁾は、アメリカSunkist Growers製の高メトキシルRapid set ペクチン (HMP) および低メトキシルペクチン (LMP) を用いた。

糖類および糖アルコール類では、グルコース、フラクトースおよびシュクロースは、日本理化学薬品(株)製、サンマルト (マルトース85%*)、マルビット (マルチトール75%水溶液) および水あめ (酸糖化) は林原(株)製、ソルビトールは鳥居薬品(株)製、キシリトールはエーザイ(株)製を用いた。

2. 実 験 方 法

1) ゼリーの調製法: HMPゼリーはAcid in glass⁹⁾ 法により、pHの調製には12.5%クエン酸溶液を用い、ゼリーグラス¹⁰⁾に注入後、20°C で24時間放置した。LMPゼリーの凝固剤には塩化カルシウム¹¹⁾を用い、ゼリーグラスに注入後、20°C で2時間放置した。

2) 機器測定: 粘度の測定には、ドイツHAAKE(社)製精密回転粘度計ロトビスコ RV-3 を用い、測定頭50, NV ローター、回転変化率100 min⁻², 20°C で測定しシェアラート 979.21 sec⁻¹ における粘度を示した。

テクスチャーの機器測定には、飯尾電機(株)製レオロメーターを用い、前報¹⁰⁾¹¹⁾と同様な測定条件によって、硬さ、凝集性、付着性およびガム性を求めた。

3) 官能検査: 糖類を異にした同一甘味度のLMPゼリーを試料とし、本大学栄養学科学生16名により、順位法を用いて甘味の嗜好性を検討した。

実験結果および考察

1. 各種糖液の粘度

精密回転粘度計を用いて測定した 20°C における各種糖液の粘度を Table 1 に示す。

20°C における溶解度を考慮し、グルコースとサンマルトは50%、シュクロースは60%、ソルビトールとキ

Table 1 Viscosity of various sugar solution at 20°C

(c. p.)

Concentration of sugars (%)	Glucose	Fructose	Sucrose	Summalt	Sorbitol	Malbit	Xylitol	Starch syrup
10	1.65	1.65	1.82	1.74	1.65	1.48	1.48	1.65
20	2.22	2.05	2.34	2.43	2.52	2.03	1.94	2.34
30	3.56	2.95	3.58	3.73	3.73	3.04	3.30	3.91
40	6.01	5.14	6.63	5.90	6.51	4.60	5.82	7.03
50	12.41	11.98	17.01	13.02	14.76	7.29	10.24	18.23
60		44.79	70.31		48.61	12.93	26.04	45.14
70		218.49			281.19	36.46	84.20	124.81
80		3,044.13				102.33		878.87

* グルコース 5~7%, オリゴ糖 7~10%

シリトールは70%, フラクトース, マルピットおよび水あめは, 80%までの粘度を測定した。各種糖類中20~50%, では水あめの粘度が最も高く, つづいてシュクロースが高く, 60%ではシュクロースが最も高い。

2. HMP ゼリー

Fig. 1 Effect of storage time on the characteristic values of the texture of HMP jelly

Fig. 2 Effect of concentration of various sugars on the texture of HMP jelly at 1%

1) HMP ゼリーのテクスチャー特性値の経時的変化: Fig. 1 にHMP 1%, シュクロース65%, pH 3 の標準的 HMP ゼリーのテクスチャー特性値の経時的変化を示す。

前報¹⁰⁾の LMP ゼリーのテクスチャーの経時的変化にくらべ、総体的に、硬さの変化がやや大であり、付着性はかなり大きい。すなわち、LMP ゼリーでは、放置後2時間から2日目位までは安定した硬さを示すのに対し、HMPゼリーでは、日時の経過とともに漸増する傾向が見られる。

2) 濃度を異にする各種糖類の影響: Fig. 2 にペクチン濃度1%, pH 3 とし、グルコース, フラクトース, シュクロース, サンマルト, ソルビトール, マルビット, キシリトールおよび水あめの濃度を变化させて調製した HMP ゼリーの硬さと付着性を示す。

予備実験の結果、糖の結晶性を考慮して、グルコースとサンマルトは、55~65%, キシリトールは55~70%, マルビットと水あめは、60~75%, フラクトース, シュクロース, ソルビトールは55~75%を用いた。糖の種類によって硬さの最大値が異なり、サンマルトとキシリトールは60%, グルコース, シュクロースおよびソルビトールは65%, フラクトース, マルビットおよび水あめは、濃度を増すに従って硬さを増すが、付着性は、いずれの糖も濃度を増すに従って漸増する傾向が見られる。

硬さの最大値を示す糖濃度は異なるが、単糖類のグルコース, フラクトースおよび単糖類アルコールのソルビトール, キシリトールを用いた HMP ゼリーの硬さは、2 糖類のシュクロース, サンマルトおよび2 糖類アルコールのマルチトール

よりも大であった。吉田ら¹²⁾は、各種糖類を用いた寒天ゼリーのゼリー強度は、糖類の分子量に比例してゼリー強度が大となる傾向にあることを報告しているが、ペクチンゼリーの場合は、寒天ゼリーとは異なり、二糖類よりも単糖類の方がゲル形成を増大させている。三浦ら¹³⁾のシュクロースおよびグルコースを用いたペクチンゼリーのゲル強度でも同様な傾向を示しているが、これは、水素結合による HMP ゼリーにおけるゲル機構への糖の役割が寒天ゼリーとは異

Fig. 3 Effect of pH on the texture of HMP jelly containing various sugars at the concentration which produce highest jelly strength. Various sugars were used in the concentrations which gave the highest jelly strength as shown in Fig. 2.

なるためであろう。

3) pH の影響：前報¹¹⁾で pH 2~6.5 までの pH の影響について検討し、HMP ゼリーでは、pH 3 付近に硬さの最大値があることを認めたが、各種糖類が pH の変化によってどのような挙動を示すか、Fig. 2 に示した各種糖類の硬さの最大値の各糖濃度における pH 2.7~3.4 の HMP ゼリーの硬さにおよぼす影響を Fig. 3 に示す。

すなわち、サンマルトとキシリトールは60%，グルコース，シュクロースおよびソルビトールは65%，フラクトース，マルビットおよび水あめは75%濃度を用いた。シュクロース，ソルビトールおよびキシリトールは pH 3，マルビットは pH 2.9 に硬さの最大値があり，フラクトース，サンマルトおよび水あめは，pH が低くなるに従いやや硬さを増す傾向が見られる。渡辺ら⁷⁾によると，ペクチンゲルのゲル強度の最大値は，シュクロースをはじめグルコース，マルトース，ソルビトール，マルチトールなど，いずれの糖も pH 2.0~2.4 にあることを報告しているが，本実験では，嗜好的に実用性のある pH 2.7~3.4 について検討した。

4) ペクチンおよび糖濃度の影響：HMP ゼリーは，ペクチン，酸，糖の3者の相関関係によってゼリー特性は異なるが，Fig. 4 は，クエン酸で pH を一定 (pH 3) にし，ペクチン濃度およびフラクトース，シュクロースおよび混合糖 (グルコース：フラクトース=1：1) の濃度を変化させて調製した HMP ゼリーの硬さを示した。

糖と酸を一定にすれば，ペクチン濃度を増すに従って硬さは増加する。また，ペクチン濃度と pH を一定にした時，フラクトースでは，糖濃度を増すに従ってゼリーの硬さは漸増しているが，シュクロースでは65%，混合糖では，70%に硬さの最大値が見られる。

糖類は，ペクチンゼリーの網状構造をささえる保水的役目をするとともに，ペクチン分子間の橋かけの役割

Fig. 4 Effect of concentration of sugars and pectin on the texture of HMP jelly

をし、多くの水素結合によりゲル構造を安定にしていると考えられるが、糖の種類によって最適値が異なることについて、糖の溶解度との関連を含め、今後さらに検討を加えたい。

3. LMPゼリー

LMPゼリーは、カルシウムのような2価以上の金属イオンが、ペクチン分子の遊離のカルボキシル基間の結合によって橋かけし、ゼリーの網状構造をつくるので^{14)~16)}必ずしも糖や酸を必要とせず、pHの影響がHMPゼリーにくらべて小さいことを前報¹⁰⁾で確認したので、本実験ではpHの調製を行わず、デザートゼリーの基礎実験を目標に低濃度の各種糖類を用いた。

1) 濃度を異にする各種糖類の影響: Fig. 5 に、ペクチン濃度1%, カルシウムはペクチン1gにつき25mg (6.25 m mole に相当) になるように塩化カルシウムを用い、グルコース、フラクトース、シュクロース、サンマルト、ソルビトール、マルピット、キシリトールおよび水あめの濃度を变化させて調製した LMPゼリーの硬さと付着性を示す。

Fig. 5 Effect of concentration of various sugars on the texture of LMP jelly at 1%

各種糖濃度10~50%を用いた LMPゼリーのテクスチャーは、ソルビトールとキシリトールを除き、いずれも、糖濃度の増加に従ってゼリーの硬さと付着性が漸増しているが、糖類の粘度との相関は明らかではない。

ソルビトールとキシリトールは、濃度を増加してもゼリーの硬さにほとんど変化はないが、これら糖アルコールの水酸基の多い分子がイオン結合型ペクチンゼリーの網状構造にどのような作用をおよぼすのか、興味ある問題であるが、詳細は今後の研究にゆだねたい。

2) ペクチンおよびカルシウム濃度の影響: Fig. 6 に、フラクトースおよびシュクロース20%を用い、ペクチンおよびカルシウム濃度を变化させて調製した LMPゼリーの硬さを示した。

糖とカルシウム濃度を一定にすれば、ペクチン濃度を増すに従って硬さは増加する。カルシウム濃度を異に

Fig. 6 Effect of concentration of calcium and pectin on the texture of LMP jelly

する LMP ゼリーの硬さの最大値は異なり、いずれの糖を用いた LMP ゼリーも、硬さの最大値はペクチン濃度が高くなるほどカルシウム濃度の高い方に移行している。

しかし、フラクトースにくらべてシュクロースを用いたゼリーは、ややカルシウム濃度の低いところに硬さの最大値がある。HMPゼリーでは、フラクトースが著しくゼリーの硬さを増大させたが、LMP ゼリーのゲル形成における糖の役割のウェイトは小さく、フラクトースとシュクロースの間に大きな差は認められなかった。

3) 各種糖類を用いた LMP ゼリーの嗜好性: Table 2 は、6種の異なる糖類を用いて同一甘味度(食生

Table 2 Textural characteristics and preference of LMP jelly containing various sugars at equivalent sweetness

Kind of sugars	Concentration of equivalent sweetness (%)	Textural characteristics (R. U. ^{a)})				Sensory evaluation ^{b)}	
		Hard.	Cohesiv.	Adhesiv.	Gum.	Rank total	Kramer test
Glucose	33.3	3.00	0.45	0.07	1.35	41	n.s.
Fructose	16.7	1.38	0.42	0.04	0.58	57	n.s.
Sucrose	20.0	2.26	0.38	0.09	0.86	41	n.s.
Sorbitol	26.7	1.04	0.51	0.04	0.53	69	n.s.
Malbit	36.4	2.13	0.47	0.09	1.00	50	n.s.
Starch syrup	50.0	5.57	0.47	0.18	2.28	78	*

a) R. U.=rheolometer unit

b) ranking test

*=5% level of non-preference

n.s.=not significant

活開発研究所甘味換算表¹⁷⁾使用)のLMPゼリーの機器測定によるテクスチャー特性値と官能検査の結果である。

ゼリーのテクスチャー特性値には、かなりの差が見られるが、16名のパネルによる好みの順位合計は、Kramerの検定により、水あめを用いたゼリーのみが有意に好まれない結果を得、その他の糖を用いたゼリーには、有意差は認められなかった。このことは、同一甘味度であれば、テクスチャー特性値の硬さにレオロメーター・ユニットで2倍から3倍の差があっても、水あめ以外の糖の種類がゼリーの嗜好性を左右する要因にはなり得ないといえる。

要 約

グルコース、フラクトース、シュクロース、サンマルト(マルトース85%, グルコース5~7%, オリゴ糖7~10%)および、ソルビトール、マルピット(マルチトール75%水溶液)キシリトールならびに水あめの8種の糖類と糖アルコール類がペクチンゼリーのテクスチャーに及ぼす影響を検討し、次のような結果を得、血清コレステロール低下用食品、低カロリー食品およびカルシウム給源としてのペクチンゼリーにダイエティックフードとして大きな期待を持てることを認めた。

1. 異なった糖濃度を用いたHMPゼリーでは、糖の種類によって硬さの最大値が異なり、また、pHの影響も糖の種類と濃度によって異なることを認めた。
2. LMPゼリーでは、一般に糖濃度の増加に従って硬さを増す傾向にあるが、ソルビトールとキシリトールを用いたゼリーは、濃度を増加しても、硬さはほとんど変化しなかった。
3. 異なった糖類を用いたLMPゼリーの嗜好性に関する官能検査において、同一甘味度に調製したゼリーでは、水あめを用いたゼリーのみが有意に好まれないが、その他の糖類には有意差を認めず、糖アルコール類をペクチンゼリーの糖質源として利用可能なことを認めた。

本稿を終えるにあたり、終始、ご懇切なるご指導を賜りました本学小原哲二郎教授に、深く感謝申し上げます。また、試料の一部を提供していただいたエーザイ(株)ならびに林原(株)に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) 増田為江: *New Food Ind.*, 7 (7), 24 (1965)
- 2) 増田為江: *New Food Ind.*, 7 (9), 72 (1965)
- 3) 早川幸男: *食品と科学*, 13, 144 (1971)
- 4) 小田恒郎: *澱粉科学*, 21, 322 (1974)
- 5) 和田淑子, 安藤伊代子: 第24回日本家政学会総会研究発表要旨集, 16, (1972)
- 6) 渡辺長男, 早川幸男, 紫竹雅子, 菊池みえ子: *食生活開発研究所年報*, 8, 1 (1973)
- 7) 渡辺長男, 早川幸男, 紫竹雅子: *食生活開発研究所年報*, 9, 1 (1974)
- 8) 川端晶子, 澤山 茂: *栄養と食糧*, 28, 395 (1975)
- 9) 三浦 洋, 水田 昂: *農産技研誌*, 4, 234 (1957)
- 10) 川端晶子, 澤山 茂: *栄養と食糧*, 27, 55 (1974)
- 11) 川端晶子, 澤山 茂: *栄養と食糧*, 28, 17 (1975)
- 12) 吉田文夫, 横尾良夫, 小山吉人: *食品工誌*, 10, 18 (1963)
- 13) 三浦 洋, 水田 昂, 塩入英次: *農産技研誌*, 6, 220 (1959)
- 14) Kertesz, Z. I.: *The pectic substance*, Interscience Publishers Inc., New York, p. 514 (1951)
- 15) Lepez, A. and Li-Hsiong, L.: *Food Technol.*, 22, 1023 (1968)
- 16) Black, S. A. and Smit, C. T. B.: *J. Food Sci.*, 37, 726 (1972)
- 17) 渡辺長男: *ダイエティックフードの現状と将来性*, 国際シンポジウム講演集, 国際産業企画協会主催(東京), 31, (1973) (受付: 昭和50年11月22日)