

乳果オリゴ糖 (4^G-β-D-Galactosylsucrose) が 寒天ゲルの物性に及ぼす影響 (第1報)

広田直子*・古内幸雄*・三田コト*

Effects of Lactosucrose (4^G-β-D-Galactosylsucrose)
on the Physical Properties of Agar Gels (Part 1)

Naoko HIROTA*, Yukio FURUUCHI* and Koto MITA*

Abstract: In order to utilize lactosucrose (4^G-β-D-galactosylsucrose, LS) as a sugar substitute in food, the effects of LS on the physical properties of agar gels were investigated.

Two types of agar gels, 0.5 and 1.0 wt %, agar to gels, were prepared. Granulated sugar (G) and LS-35 (Ensuiko Sugar Refining Co., Ltd.) were added as sweeteners to the agar gels to 10% in dry weight in the ratios of G to LS-35 of 100 : 0 (G100), 50 : 50 (G50 : LS50), and 0 : 100 (LS100).

No significant differences were found among the three samples of each agar gel in either the transmittance (at 550 nm) or the degree of syneresis. In 0.5% agar gel, the breaking strain was higher and the brittle energy was lower in G100 than in G50 : LS50; and LS100 was intermediate between those of the two parameters. No significant differences were found in other parameters of the breaking characteristics. In the sensory evaluation, G100 was the highest in the sweetness; LS100 was the weakest in the sweetness; G50 : LS50 was the highest in the preference of sweetness; and LS100 was the lowest in the preference of sweetness.

It is concluded that there are no appreciable differences in the physical properties of 0.5-1.0% agar gels added LS as a sugar substitute.

Key words: lactosucrose 乳果オリゴ糖, agar gel 寒天ゲル, sweetener 甘味料, breaking characteristics 破断特性, syneresis 離漿

緒言

近年、健康志向の高まりとともに、腸内ビフィズス菌増殖効果のある各種のオリゴ糖が開発され、新しい甘味料として注目されてきた。オリゴ糖の

一種である乳果オリゴ糖 (4^G-β-D-Galactosylsucrose, 以下LS) は、ビフィズス菌増殖活性が強いことが確認され^{1,2)}、その最小有効摂取量は、健康成人において1日あたり1~2gといわれている³⁾。また、LSのエネルギー量はスクロースよりも低い⁴⁾ことから、低エネルギー甘味料としても注目されるところである。さらに、熱や酸に対する安定性は、スクロースとほぼ同じ程

*〒380 長野市三輪8-49-7 長野県短期大学

*Nagano Prefectural College, 49-7 Miwa 8-chome, Nagano 380, Japan.

度であること⁵⁾から、砂糖に代わる甘味料としての広範な利用が期待されている。笠原ら⁶⁾は、LSの甘味特性について検討し、砂糖や他のオリゴ糖に比べて劣っていないことを報告し、さらに、LS-35(榊林原製)を添加した各種の菓子を試作し、その使用適性が高いことも報告している⁷⁾。

著者らは、LSの食品、調理への利用適性について、物性面を中心として検討を進めることとし、今回は、寒天を用いたゼリー菓子への応用について検討した。寒天ゲルに副材料として砂糖を加えた菓子類には、牛乳かん、果汁かんなどのように、比較的砂糖濃度の低いタイプから、錦玉かん、泡雪かん、水ようかん、さらに、錦玉糖、練ようかんなど比較的砂糖濃度の高いものまで、いろいろなタイプがある。まず、本報では、基本的実験として、寒天に甘味料を加えただけの寒天ゲルについて、その品質を検討する必要があると考え、寒天濃度0.5%および1.0%のゲルにLS-35を添加したときの物性に及ぼす影響について検討し、いくつかの知見を得たので、以下に報告する。

実験方法

1. 実験材料

(1)寒天 伊那食品工業(株)製の粉末寒天(商品

名:かんてんクック, 1.5%濃度でのゼリー強度720~760g/cm², ゾル粘度10~13cP)

(2)甘味料 グラニュー糖(三井製糖(株)製)およびLS-35(塩水港精糖(株)製)を用いた。LS-35は、固形分中、ラクトスクロースを35%含み、水分含量28%の粘性をもつ無色透明の液体である。

ゲルに加える水は、脱イオン水を用いた。

2. 寒天ゲルの調製

仕上がり重量に対して、寒天濃度0.5%と1.0%の2種類のゲルを調製した。甘味料濃度は、いずれの寒天濃度においても固形量に換算して10%とし、グラニュー糖だけを添加したもの(以下G100)、グラニュー糖とLS-35を固形分重量比で1:1に混合したもの(以下G50:LS50)、およびLS-35だけを添加したもの(以下LS100)の3種類を調製した。各試料の配合組成をTable 1に示した。

寒天ゲルの調製時における加熱時間は、寒天ゲルの離漿量に少なからぬ影響を与えることから⁸⁾、甘味料配合の違いが離漿率に及ぼす影響をみるためには、加熱条件をできるだけ一定にすることが必要である。そこで、三菱電気(株)製のクッキングヒーターCR-7200形を用い、加熱条件を検討し

Table 1. Compositions of agar gels (g)

	0.5% ^{a)} samples			1.0% ^{a)} samples		
	G100	G50:LS50	LS100	G100	G50:LS50	LS100
Powdery agar ^{b)}	2.5	2.5	2.5	5.0	5.0	5.0
Sweeteners						
Granulated sugar	50.0	25.0	0	50.0	25.0	0
LS-35 ^{c)}	0	34.7	69.4	0	34.7	69.4
Finishing weight ^{d)}	500	500	500	500	500	500

^{a)} 0.5% and 1.0% show the weight percentages of powdery agar to agar gels prepared.

^{b)} Kanten-cook was used as powdery agar.

^{c)} The moisture content of LS-35 is 28%.

^{d)} Demineralized water was used as water on preparing agar gels.

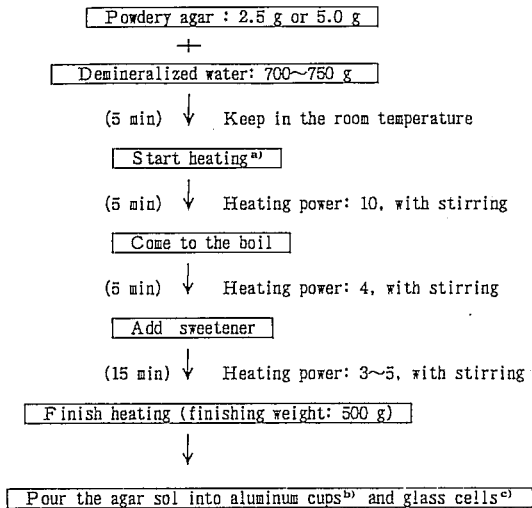


Fig. 1. Method of preparing agar sols

- ^{a)} The cooking heater CR-7200 made by Mitsubishi Denki Co., Ltd. and saucepan (ϕ : 26 cm) made of stainless steel were used as heating utensils.
- ^{b)} The base caliber of cup: 48 mm, the upper caliber: 53 mm, the height: 24 mm.
- ^{c)} 10×10×45 mm.

た。鍋は、直径26cmのステンレス製の浅型ソースパンを使用した。寒天溶液の加熱過程は、Fig. 1に示したとおりに設定し、仕上がり重量500gになったところで、直ちに型に流した。流し型としては、底辺内径48mm、上部口内径53mm、高さ24mmのアルミニウム製のカップを使用した。離漿率測定用試料は深さ24mmに、破断強度測定用試料は、カップの3/5程度の高さまで寒天ゾルを入れた後、水道水にて冷却した。

3. 離漿率の測定

冷却開始から45分経過した寒天ゲルの重量を測定し、次いでその寒天ゲルを1個ずつ別々の皿に移してラップフィルムで覆い、6℃の冷蔵庫で保存した。冷却開始から24時間後と48時間後に、寒天ゲルのまわりについた水分をろ紙で拭きとってから、重量を測定し、重量の減少分を離漿水の量

とした。最初に測定した寒天ゲルの重量に対する、離漿水重量の比率を離漿率とした。

4. 破断特性 (Breaking characteristics) の測定

水道水による冷却開始から60分後に、寒天ゲルを型から取り出し、直ちに破断特性を測定した。測定には、嶺山電製のクリープメータ RE-3305を使用し、測定条件は、ロードセル: 2kgf、アンプの倍率: 1倍、格納ピッチ: 0.05秒、測定歪率: 95%、測定速度: 1 mm/secとした。プランジャーは、P-6 (直径8mmの円筒形) を使用し、型から取りだした寒天ゲルの底面中央部を圧縮した。なお、測定試料の厚さは 14.0 ± 0.52 mm、品温は 24.0 ± 1.23 ℃であった。

5. 光の透過率の測定

加熱終了時に、各試料の寒天ゾルを固まらない程度に冷まし、10×10×45mmの分光光度計用ガラスセルに入れて冷却凝固させ、75分後に、日本分光工業製分光光度計 UVIDEC-5型を用いて、波長550nmにおける透過率を測定した。

6. 官能検査

官能検査に用いた寒天ゲルは、仕上がり重量800gとし、配合割合、加熱条件は、他の測定に用いた試料と同様になるように設定した。加熱後の寒天ゾルは、143×110×45mmのステンレス製の流し箱に、高さ40mmになるように流し入れ、水道水で冷却凝固させ、6℃の冷蔵庫で1時間以上保存した。これを型から出し、24等分して官能検査用試料とした。評価は、同一の寒天濃度で甘味料の配合割合の異なる3種のゲルを1グループとし、甘味の強さと好ましきについて、順位法により行った。パネルは、長野県短期大学食物栄養学専攻2年生の20名で、室温は24℃、試料の品温 19.0 ± 1.46 ℃であった。評価結果については、クレーマ

一の有意差検定を行い、同時にケンドールの一致係数 W も算出した。

実験結果と考察

1. 甘味料を添加した寒天ゲルの光の透過率

寒天ゾルがゲル化していくに伴い、ティンダル現象により、ゲルに濁りが生じるが、砂糖を加えることによりゲルの透明感が増すことは、よく知られている⁸⁾。そこで、砂糖に代えてLSを使用した場合、この効果に影響があるのかを検討した。各々の寒天ゲルの550nmにおける透過率を Table 2 に示した。寒天濃度0.5%および1.0%ゲルの透過率は、それぞれ77.3~78.8%, 65.6~66.2%で寒天濃度の高い方が低くなるが、甘味料の種類およびその配合割合による差は認められなかった。

ゼリー製品としては、透明感のあるものの方が好ましい場合が多く、寒天濃度0.5%, 1.0%ゲルとも、この点に関しては、LSを使用してもゲルのできばえに差はないといえる。また、透過率に差がなかったことから、寒天濃度が同一のゲルでは、グラニュー糖とLSによるゲル構造のあらさや均質の程度^{8,9)}に差がないものと推察された。

2. 甘味料を添加した寒天ゲルの破断特性

クリープメータにより破断強度測定を行い、破断応力 (Breaking stress), 破断歪率 (Breaking strain), 破断エネルギー (Breaking energy), ならびにもろさ応力 (Brittle stress), もろさ歪率 (Brittle strain), もろさエネルギー

(Brittle energy) について解析した結果を、Fig. 2 に示した。寒天濃度0.5%ゲルでは、破断歪率において、G100が26.0%でG50:LS50の24.4%より有意に高く、もろさエネルギーにおいては、G100は $3.80 \times 10^2 \text{ J/m}^3$ で、G50:LS50の $6.15 \times 10^2 \text{ J/m}^3$ より有意に低値を示した。しかし、いずれの寒天濃度においても、破断応力ともろさ応力には、差はみられなかった。従って、今回設定した寒天濃度のゲルにおいては、砂糖の代わりにLSを用いても、固形量換算で同量の使用であれば、ゲルの物性は砂糖を使用した場合とほとんど差がないものと判断される。今回は、破断強度の測定のみであったが、今後は粘着力等のパラメータについても検討するために、テクスチャー測定も実施したいと考えている。

3. 甘味料を添加した寒天ゲルの離漿率

寒天ゲルの物性には、あまり差がみられず、ゲルの網目構造や、寒天・水・甘味料相互間の水素結合の状態¹⁰⁾は、おおよそ似たものであろうと推測されるが、さらに、寒天ゲル内の自由水の状態について検討するため、寒天ゲルの離漿率を測定した。Fig. 3 に示したように、24時間後、48時間後の離漿率とも寒天濃度0.5%の方が高かったが、甘味料の配合割合の違いによる差はみられなかった。

4. 甘味料を添加した寒天ゲルに対する官能評価

寒天濃度が同じで、甘味料の配合割合が異なる3種のゲルを1グループとし、甘味の強さと好ましさについて、順位法により官能検査を行った。その結果を Table 3 に示した。笠原ら⁸⁾は、LS-35の甘味度は、常温の10%グラニュー糖相当甘味においては、グラニュー糖の70%であると報告している。今回の官能検査においても、寒天ゲルの甘味の強さは、寒天濃度0.5%, 1.0%ゲルとも、G100が有意に強く、LS100は、有意に弱いと判

Table 2. Transmittance (at 550 nm) of agar gels^{a)} (%)

Sweeteners	0.5% samples	1.0% samples
G100 ^{b)}	77.3±1.62	66.1±1.59
G50:LS50 ^{b)}	78.8±1.01	65.6±1.59
LS100 ^{b)}	77.3±1.64	66.2±1.52

^{a)} Expressed as average±standard deviation.

^{b)} See table 1 for explanation of the symbols.

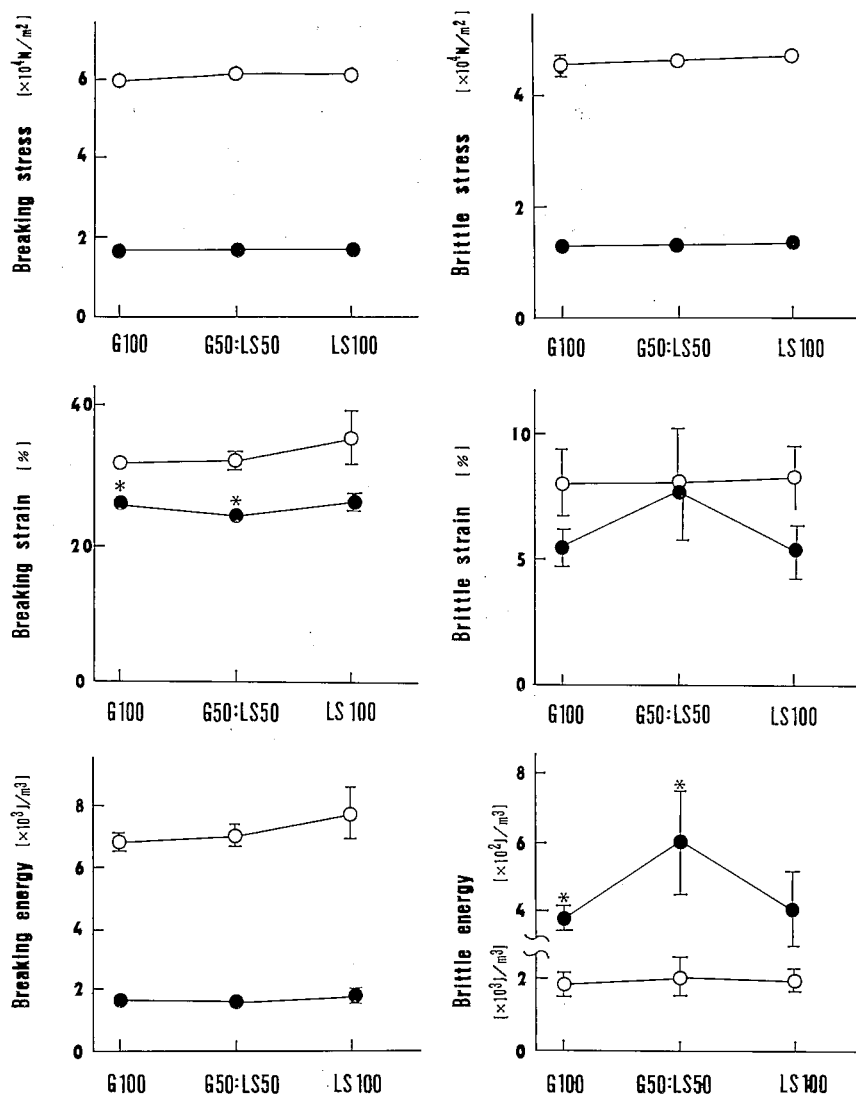


Fig. 2. Breaking characteristics of agar gels measured by the creep meter

●—●: 0.5% samples ○—○: 1.0% samples

Difference is significant at * $p < 0.05$.

Parameters of measurement by Yamaden creep meter (RE-3305): road cell: 2 kgf, magnification: 1, strage pitch: 0.05 sec, measuring strain: 95%, measuring speed: 1 mm/sec, attachment: P-6 (ϕ : 8 mm), height of samples: 14.0 ± 0.52 mm, temperature of samples: $24.0 \pm 1.23^\circ\text{C}$.

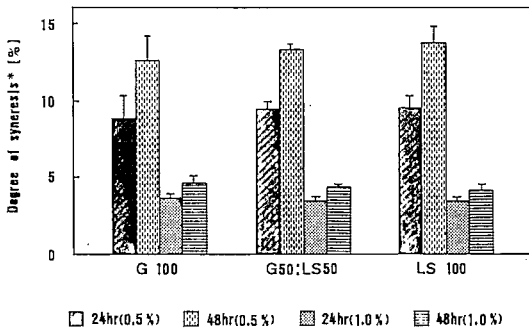


Fig. 3. Changes of the agar gel weight by syneresis

* Expressed as $(1-B/A) \times 100$.

A : beginning weight of agar gel.

B : weight of agar gel after 24 or 48 hours preserved at 6°C.

定された。ケンドールの一致係数 W も、0.5%では0.728, 1.0%では0.683と高くなった。甘味の好ましさでは、いずれの寒天濃度でもG50:LS50が有意に好まれ、LS100は有意に好まれないという結果であった。このことから、寒天濃度が0.5~1.0%で、10%グラニュー糖相当甘味のゲ

ルにおいて、甘味嗜好度が高いゲルを調製するには、LS100の場合は、甘味料濃度を高く設定する必要があるといえる。甘味度を同じになるように設定（つまり、LS-35を使用する場合、甘味料の使用量を多くする）して調製したゲルの物性が、同じ甘味度のG100ゲルの物性と異なるのかどうかについては、今後検討を進めたい。

甘味の好ましさにおけるケンドールの一致係数 W は、0.5%では0.203, 1.0%では0.543と0.5%の方が低く、パネル間のばらつきが大きかったことがわかる。1.0%ゲルでは、LS100の順位合計が57で、0.5%の49より高く、LS100を好ましくないと評価したものが多かったといえる。ゼリーのような甘味固形食物では、硬いものほど砂糖濃度の高いものの方が、嗜好度が高くなるといわれ¹¹⁾、ゲルの硬さが増す1.0%ゲルの方で、甘味の低いLS100の評価がより低くなったものと考えられる。従って、寒天濃度が高く、ゲルが硬くなるものほど、LS-35の配合割合を低くする、または、甘味料濃度を高くするといった調整が必

Table 3. Sensory evaluation of agar gels by Kramer's ranking method

	Strength of sweetness	Preference of sweetness
0.5% samples	G100	21**
	G50 : LS50	45
	LS100	54**
Kendall's coefficient of concordance		0.728
1.0% samples	G100	24**
	G50 : LS50	39
	LS100	57**
Kendall's coefficient of concordance		0.683

Different is significant at * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

Panel : 20 students of Nagano prefectural college.

Temperature of room : 24°C, temperature of samples : 19.0 ± 1.46°C.

要になる。寒天濃度、甘味料濃度の高いゲルについては、今後、検討を進める計画である。

要 約

乳果オリゴ糖 (LS) の甘味料としての用途拡大を目的に、LS を添加した寒天ゲルの物性について検討した。寒天濃度0.5%および1.0%のゲルにLSとしてLS-35を用い、グラニュー糖を添加したゲルとその物性を比較した。甘味料は、仕上がり重量に対して、固形量換算で10%使用することとし、グラニュー糖だけを添加したもの (G100)、グラニュー糖とLS-35を固形分重量比で1:1に混合したもの (G50:LS50)、およびLS-35だけを添加したもの (LS100) の3種類を調製し、それぞれのゲルについて比較検討した。

寒天濃度0.5%と1.0%のいずれにおいても、寒天ゲルの光の透過率には、差はなかった。クリープメータを用いた破断特性の測定では、寒天濃度0.5%ゲルにおいて、G100がG50:LS50より破断歪率が高く、もろさエネルギーが低値を示したが、その他のパラメーターには、差がなかった。寒天ゲルの24時間後、ならびに、48時間後の離漿率は、いずれの寒天濃度においても差はなかった。官能検査においては、寒天ゲルの甘みの強さは、寒天濃度0.5%、1.0%ゲルとも、G100が有意に強く、LS100は、有意に弱いと判定された。甘味の好ましきでは、いずれの寒天濃度でも、G50:LS50が有意に好まれ、LS100は有意に好まれなという結果であった。

以上の結果から、寒天濃度0.5~1.0%、10%グラニュー糖相当甘味のゲルでは、砂糖の代わりにLSを使用しても、その物性にはほとんど差がないといえるが、グラニュー糖とLSでは、甘味の強さが異なることから、甘味嗜好度の高いゲルを調製するには、LSの配合割合と甘味料の使用量を調整する必要があることがわかった。

終わりに、本研究は、塩水港精糖(株)からの助成をいただいて進められたものであり、ここに記して、お礼申し上げます。また、寒天をご提供下さいました伊那食品工業(株)、官能検査等の実施にあたり、ご協力いただきました本学学生の前本知恵子さんと松澤千奈美さんに深謝いたします。

文 献

- 1) 藤田孝輝, 原耕三, 堺修造, 三宅俊雄, 山下昌之, 恒富保彦, 光岡知足: ヒトでの4^α-β-D-Galactosylsucrose (ラクトスクロース) 消化性と腸内菌叢に与える影響, 澱粉科学, 38, 249~255 (1991)
- 2) 米山勝, 万代隆彦, 阿賀創, 藤井和子, 堺修造, 片山(須川) 洋子: 健康成人の腸内菌叢に及ぼす4^α-β-D-Galactosylsucrose (ラクトスクロース) 摂取の影響, 日本栄養・食糧学会誌, 45, 101~107 (1992)
- 3) 緒方幸代, 藤田孝輝, 石神博, 原耕三, 寺田厚, 原宏佳, 藤森勲, 光岡知足: 4^α-β-D-Galactosylsucrose (Lactosucrose) の少量摂取がヒト腸内フローラおよび糞便正常に及ぼす影響, 日本栄養・食糧学会誌, 46, 317~323 (1993)
- 4) 鉢林原生物化学研究所: ラクトスクロース (乳果オリゴ糖) エネルギー評価試験報告書 (1991)
- 5) 藤田孝輝, 大沢武司, 三国克彦, 原耕三, 橋本仁, 北畑寿美雄: β-フラクトフラノシダーゼによるラクトシュクロースの製造とその諸物性, 澱粉科学, 38, 1~7 (1991)
- 6) 笠原賀代子, 国富美子, 西堀幸吉: 乳果オリゴ糖の甘味特性, ノートルダム清心女子大学紀要, 16, 65~70 (1992)
- 7) 笠原賀代子, 国富美子, 西堀幸吉: 「乳果オリゴ」LS-35の食品への応用, ノートルダム清心女子大学紀要, 17, 53~60 (1993)
- 8) 中浜信子: 調理の科学, pp.160~167 (1976) 三共出版
- 9) 中浜信子: 寒天ゲルの凝固温度と透明度, 家政学雑誌, 17, 203~206 (1966)
- 10) 山崎清子: 寒天調理に関する研究 (第8報) き

んぎょくかんについて, 家政学雑誌, 16,
66~69 (1965)

11) 松元文子, 風間文子: 甘味固形食物のかたさと
甘さの関係, 家政学雑誌, 16, 338~341 (1965)