

【平成 13 年度日本調理科学会奨励賞受賞記念論文】

浅漬け野菜の品質における漬込み液中の 糖アルコールの役割

大石 明美
(Akemi Oishi)



はじめに

野菜の調理加工品において、漬物は古くから日本に存在する。野菜が本来もっている栄養的な成分を生かし、これにおいしさをプラスして健康的な加工食品にしたものが漬物である¹⁾。その生産量は 1990 年以降、120 万トン、販売額は 4,250 億円という安定した市場規模をもっている²⁾。

漬物は本来保存食としての役割を担った伝統的な食品であり、その長い歴史の中で多種多様な漬物が育てられてきた。特に近年は食の多様化、食生活の変化、嗜好の変化に対応した漬物が求められており、長年培った技術を生かした伝統の味とともに新しい味が生み出されている³⁾。言い換えれば、漬物は保存的要素の強い食品から、さらに嗜好的要素も追求することで、食品としての幅を広げてきている。最近においては、消費者の健康志向の高まりによる低塩化の傾向が強まり、保存的漬物に代って、塩分濃度が低く、あっさりとした味付けである浅漬けが需要を伸ばしてきたといえる。浅漬けは比較的短時間の漬け込みにより、野菜の持つ風味を生かし、サラダ感覚で食べられる漬物である。

一般に、漬物製造時に使用される食塩の役割はいわゆる塩ごろしによる風味醸成と脱水による腐敗菌の繁殖防止の他、変色防止、軟化防止、呈味（もしくは調味）の改良、及び水分活性の低下による保存性の向上などにあるといわれている⁴⁻⁷⁾。嗜好的要素が強い浅漬けは、古漬けに比べて塩分濃度は低いが、保存性の点で殺菌技術や低温保存、流通技術、製造環境整備による低塩化技術が進歩したこと⁸⁾により広い市場を形成していった。一方、浅漬け調味液、いわゆる「浅漬け

の素」も多く市販されており、調理方法が簡便である点、好みの味に調節できるなどという利点から広く市場に受け入れられている。市販されている浅漬け調味液を分析してみると、食塩濃度は 8.5~9.9%、糖質濃度は 11.3%~22.7% とかなり高い濃度であり、糖質としては水あめやソルビトール、オリゴ糖アルコールが使用されている¹⁰⁾。これら糖質の中で、ソルビトールは高浸透圧、低甘味、非発酵性、低カロリーなどの点でショ糖より優れている⁹⁾。さらに、しわ出し、つや出し、新鮮な色の保持、呈味を兼ねてソルビトールの他にも各種糖アルコール類が使用されていることは既に知られている。また、この他の浅漬け調味液の成分としてはアミノ酸やアルコール、有機酸などが含まれており^{4,7)}、呈味や保存性に影響を与えている。

漬物に関する多くの研究では、漬物調味液の浸透圧による漬け込みおよび保存中における微生物の制御を目的として集中した検討が行われてきた^{4,7)}が、漬物自身の品質に関わるものは少なく、漬物調味液成分中の糖質や食塩が漬物製品の品質に及ぼす効果と作用機構についての詳細な検討はなされていなかった。

そこで、著者らは浅漬け製造における調味液成分(食塩や各種糖質)の浸透、および浅漬け野菜の水分の移行傾向を明らかにし、浅漬け野菜の品質に関わる味や食感との関係を解明する事を目的とし、きゅうりをモデルとした一連の実験を行ってきた¹⁰⁻¹⁴⁾。その成果をまとめてここに紹介する。

I. きゅうり果肉中の成分の動き

1. きゅうり果肉への食塩の浸透量¹¹⁾

まずはじめに、浅漬け調味液に多く含まれている食塩のきゅうり果肉中への浸透傾向を把握する目的で試験を行った。きゅうりを 10% の食塩 (N) と 5~20% のソルビトール (S) の混合溶液 (NS) に 4°C で攪拌

* 東和化成工業株式会社 食材開発研究センター

浅漬け野菜の品質における漬込み液中の糖アルコールの役割

しながら浸漬し、経時的に取り出して、きゅうり果肉中に浸透した食塩量を分析した。

それによると、果肉中への食塩の浸透は浸漬 20 時間までの初期に速く、その後ゆっくりと進んで、約 40 時間後に最大値に達した。また、その値は浸漬液中に共存するソルビトール濃度の影響を受けずに一定で、浸漬液中の食塩濃度の 74% に相当する量が果肉中に浸透していた。

2. きゅうり果肉へのソルビトールの浸透量

次に、きゅうり果肉中へのソルビトールの浸透傾向を調べる目的で、5~20% ソルビトールの単独、または 10% 食塩との混合溶液に浸漬した。それによると、まず、5~20% ソルビトールの単独溶液に浸漬した場合は、果肉中へのソルビトールの浸透は、食塩の浸透と同じ様に、初期に速やかに進み、以後徐々に遅くなって 40 時間後にほぼ最大値に達し、その値は浸漬液中のソルビトール濃度の 25~30% であり、また、浸漬液中のソルビトール濃度が高いほど果肉への浸透量が増大した。一方、5~20% ソルビトールと 10% 食塩の混合溶液に浸漬した場合は、果肉中へのソルビトールの浸透は単独溶液に浸漬した場合と同様に進んだが、浸透の最大値はかなり高くなり、浸漬液中の濃度の 65% 前後に達した。また、食塩の場合よりもわずかにゆっくりと進行した。

3. 浸漬によるきゅうり果肉の水分量の変化

浸漬により、果肉中に食塩やソルビトールの様な浸漬液中の成分が浸透することで、果肉中の成分、特に水分量は大きく変化するため、同じ条件下できゅうりを浸漬したときの果肉の水分量の変化を調べた。その結果、浸漬による果肉の水分量は食塩や糖アルコールの浸透に対応する様に減少し、約 40 時間後に最小値に達した。すなわち、5~20% ソルビトール単独溶液に浸漬した場合はソルビトール濃度が高いほど水分減少の度合いが大きくなった。また、10% 食塩と 20% ソルビトールの混合溶液に浸透した場合はソルビトール濃度が高いほど水分減少量が高くなる傾向は同じであるが、減少の度合いはソルビトール単独溶液に浸漬した場合よりも大きくなった。

4. 果肉中に浸透する食塩量と糖質量との関係

以上の実験結果から、果肉中に浸透したソルビトールと食塩量の関係を図 1 に示した。これによると、果肉中に浸透したソルビトール量と食塩量の間には比例関係が成り立っている事が明らかである。それゆえ、浸漬の過程において食塩とソルビトールと食塩が一定の量比を保ちながら浸透していくことが明らかとなっ

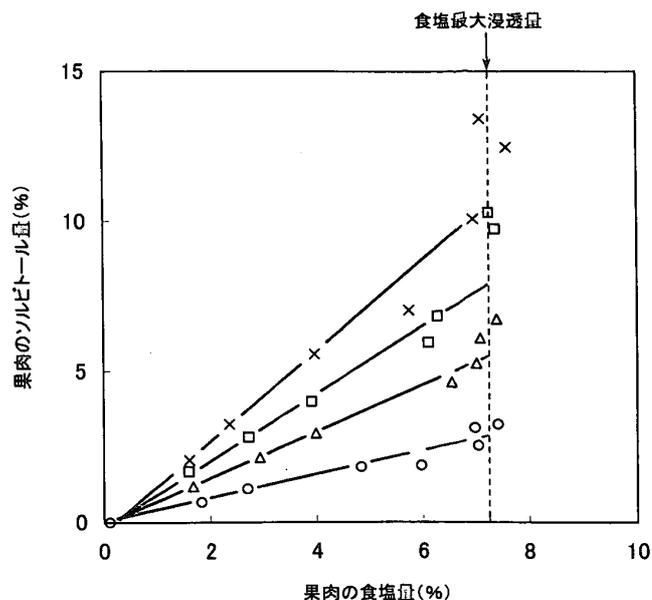


図 1. 果肉中へのソルビトールと食塩の浸透

浸漬液：× 10% N-20% S
□ 10% N-15% S
△ 10% N-10% S
○ 10% N-5% S

た。また、その比率は浸漬に用いる溶液の両成分の濃度や種類、すなわち組成に依存して定まっていることも認められた。

5. 食塩、ソルビトールの浸透量と水分減少量の関係

以上の実験結果から、きゅうり果肉中に浸透したソルビトールと果肉の水分量の関係を図 2 に示した。これによると、果肉中に浸透したソルビトール量と果肉の水分量との間には良い負の相関が得られることが明らかとなった。ただし、食塩が共存する場合と共存しない場合ではその直線の勾配が異なり、食塩が共存しない場合には浸透したソルビトール量と水分量の関係は一本の直線で表され、浸漬液中のソルビトール濃度に関係がなかったのに対し、食塩が共存する場合、すなわち食塩が同時に浸透する場合は浸漬液中のソルビトール濃度の違いによってそれぞれ異なる勾配の直線となった。この結果から、果肉の水分量は浸透するソルビトールと食塩の両成分によって調節されていること、また、食塩が共存する場合は、果肉中のソルビトール量が同じでも果肉の水分量が異なるのは、同時に浸透する食塩の量が大きく影響していることが示された。

次に、果肉に浸透した食塩量と果肉の水分量の関係を図 3 に示した。これによると、果肉の水分量は浸透した食塩量とも良い負の相関があること、またこのと

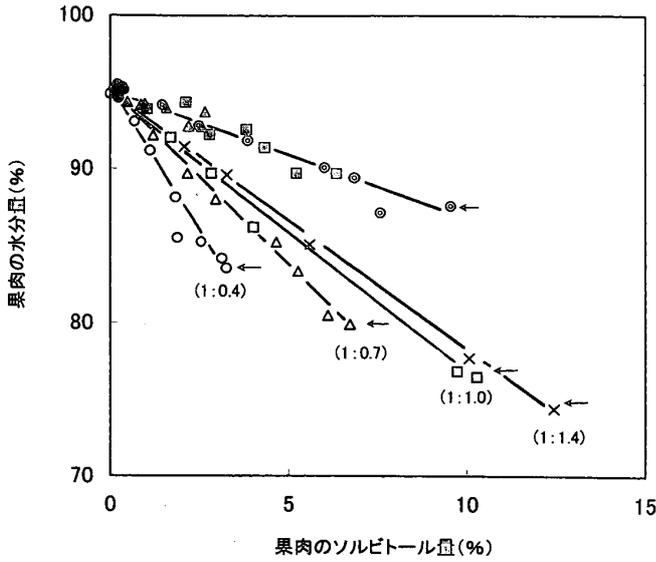


図2. 果肉中のソルビトール量と水分量の関係
 浸漬液：◎ 20% S × 10% N-20% S
 ■ 15% S □ 10% N-15% S
 ▲ 10% S △ 10% N-10% S
 ● 5% S ○ 10% N-5% S
 ←：調節可能な水分の下限量
 ()内の数字は、浸透した食塩とソルビトール(食塩：ソルビトール)の重量比率

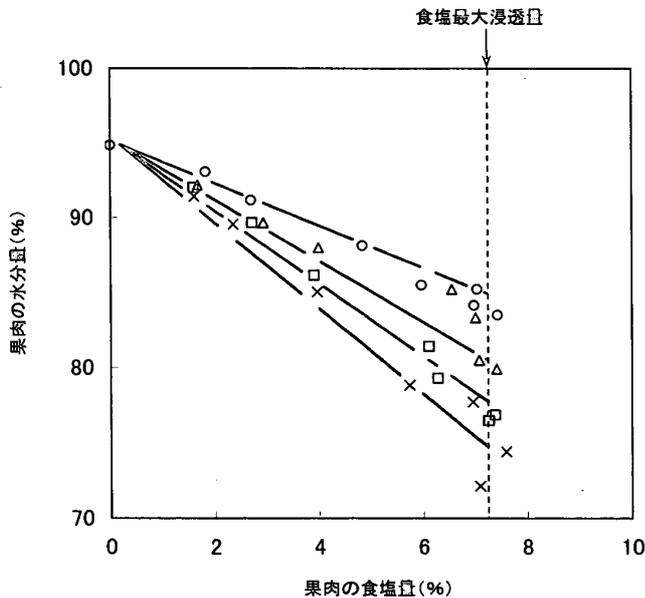


図3. 果肉中の食塩量と水分量の関係
 浸漬液：○ 10% N-5% S
 △ 10% N-10% S
 □ 10% N-15% S
 × 10% N-20% S

き、浸漬液中のソルビトール濃度が高いほど直線の勾配は大きくなり、果肉中に浸透する食塩量の増加に伴い、ソルビトール量も増加する場合に水分の減少量が大きくなることが示された。

表1. 総合浸透圧および食塩とソルビトールの浸透分圧を調節した浸漬液の組成

(A) 浸漬液の組成

成分	浸漬液の組成 (g/100ml)		
	5.6	7.5	11.3
食塩	5.6	7.5	11.3
ソルビトール	7.0	9.7	15.7
食塩	3.8	5.0	7.5
ソルビトール	15.3	20.0	28.8
食塩	1.9	2.5	3.8
ソルビトール	23.0	29.3	40.4

(B) 浸漬液の総合浸透圧と浸透分圧 (4°C)

成分	各成分の浸透分圧 (atm)			ソルビトールの浸透分圧割合 (%)
	38.1	49.9	72.5	
食塩	38.1	49.9	72.5	21.3
ソルビトール	9.3	13.2	22.2	
食塩	25.7	34.0	49.9	46.3
ソルビトール	21.6	29.1	44.7	
食塩	13.1	17.3	25.7	72.6
ソルビトール	34.3	45.8	68.9	
総合浸透圧 (平均値)	47.4	63.1	94.6	

III. 浸漬液の浸透圧と果肉の成分

1. 浸漬液の浸透圧と果肉中の食塩、ソルビトール、および水分量との関係^{12,13)}

ここまで示した結果から、きゅうり果肉中に浸透する食塩とソルビトールの量と果肉の水分量は、浸漬液中の両成分の濃度、すなわち組成に依存して異なっていることが明らかとなった。一方、漬物の保存性の制御に関する多くの報告では、浸漬液の浸透圧に焦点をおいた研究がなされているため、ここでもきゅうり果肉に浸透するソルビトールや食塩、及び果肉の水分量と浸漬液の浸透圧との関係を明らかにする目的で検討を行った。

実験に使用した浸漬液は表1に示すとおりで、浸漬液に使用する食塩とソルビトールの濃度を調節して、総合浸透圧(食塩とソルビトールの浸透分圧の合計値)が異なる溶液を調製した。

これらの浸漬液にきゅうり果肉を20時間浸漬した時の果肉中に浸透した食塩量を測定し、浸漬液の総合浸透圧(A)、及び食塩の浸透分圧(B)との関係を図4に示した。これによると、浸漬液の総合浸透圧と果肉中の食塩量との間(A)に正比例関係があることが明らかである。また、その勾配は、浸漬液中の食塩の浸透分圧が高いほど大きくなり、食塩の浸透量が高くなる

浅漬け野菜の品質における漬込み液中の糖アルコールの役割

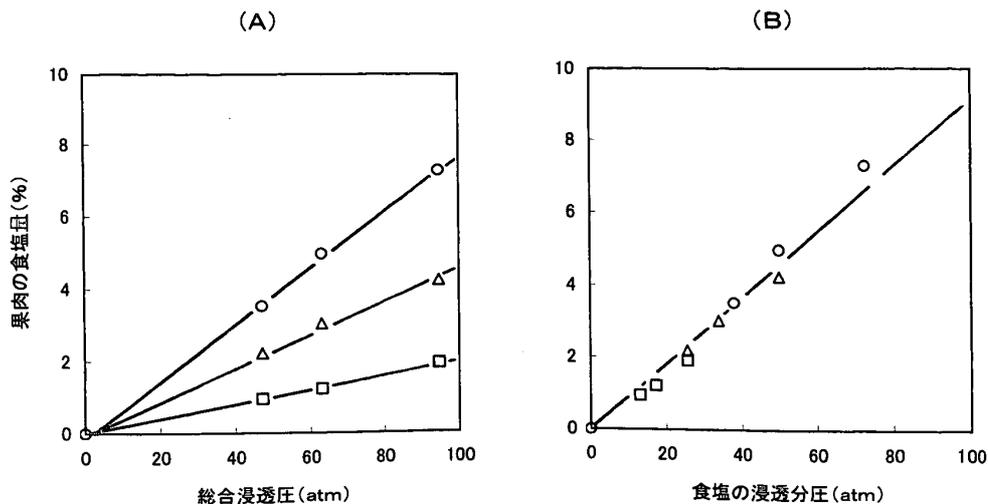


図4. 浸漬液の浸透圧と果肉に浸透した食塩量の関係

浸漬液：○食塩の浸透分圧 78.7%

△食塩の浸透分圧 53.7%

□食塩の浸透分圧 27.4% (各平均値)

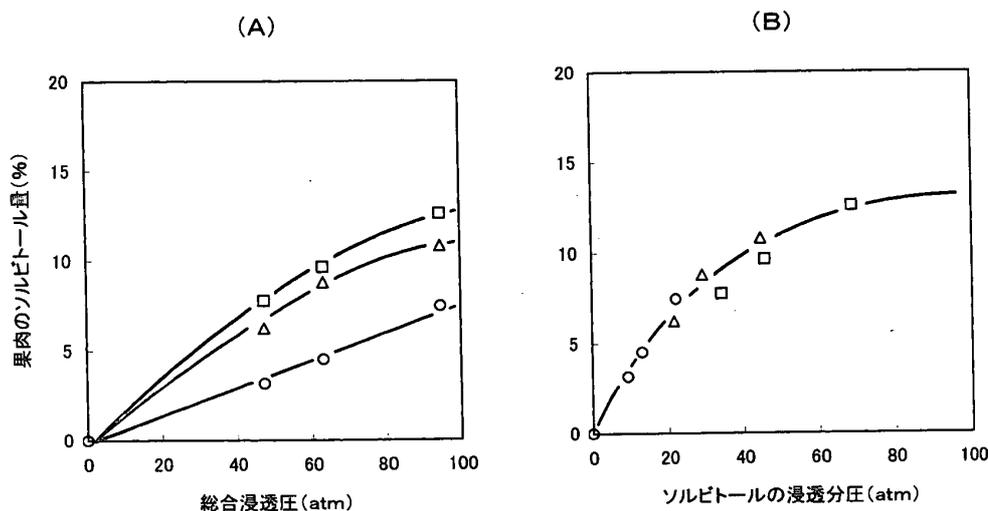


図5. 浸漬液の浸透圧と果肉に浸透したソルビトール量の関係

浸漬液：□ソルビトールの浸透分圧 72.6%

△ソルビトールの浸透分圧 46.3%

○ソルビトールの浸透分圧 21.3% (各平均値)

ことが示された。図4 (B) には浸漬液の浸透分圧と果肉中に浸透する食塩量との関係を示したが、これによると浸漬液中の食塩濃度や共存するソルビトール濃度が様々に異なるにも関わらず、両者の関係は一本の直線で表され、果肉中に浸透する食塩量は浸漬液の食塩の浸透分圧にのみ強く依存し、共存するソルビトールの浸透分圧の影響を全く受けないことが示された。

次に、同じ果肉中に浸透したソルビトール量を測定し、浸漬液の総合浸透圧 (A)、及びソルビトールの浸透分圧との関係を図5に示した。これによると、果肉中のソルビトールの浸透量は、浸漬液中の総合浸透圧

が高いほど、また、ソルビトールの浸透分圧が占める割合が高いほど高くなる傾向であったが、食塩の場合と異なり、両者の間に正比例的な直線関係は認められなかった。

浸透量と浸透分圧との間 (B) にも正比例関係は認められなかったが、このときは浸透分圧の大きさに関わらずソルビトールの浸透量は一本の曲線で表されることがわかった。このことから、果肉中へのソルビトールの浸透もまた、浸漬液中のソルビトールの浸透分圧にのみ強く依存し、共存する食塩の浸透分圧には影響されないことが示された。なお、ソルビトールの浸透

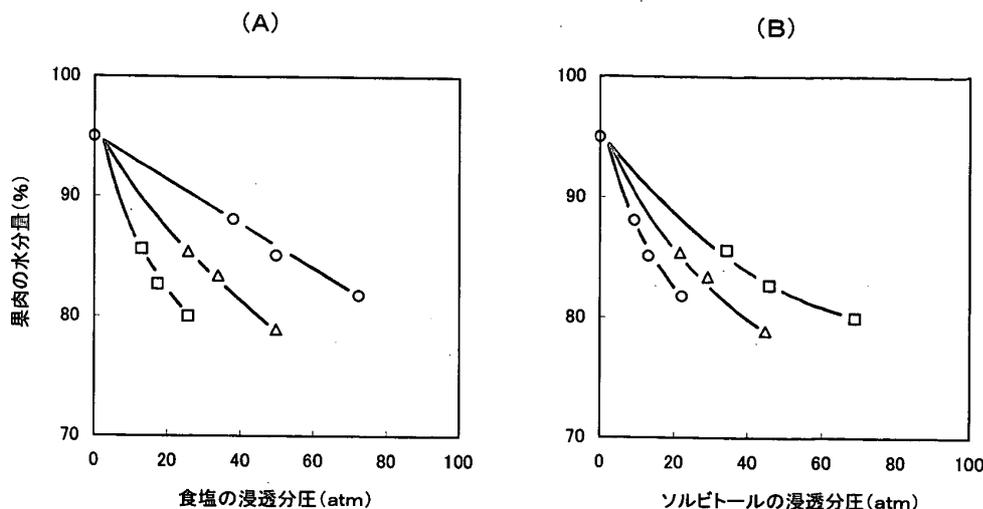


図 6. 浸漬液中の食塩とソルビトールの浸透分圧と果肉の水分量の関係
 浸漬液：○食塩の浸透分圧 78.7%，ソルビトールの浸透分圧 21.3%
 △食塩の浸透分圧 53.7%，ソルビトールの浸透分圧 46.3%
 □食塩の浸透分圧 27.4%，ソルビトールの浸透分圧 72.6%
 (それぞれ平均値)

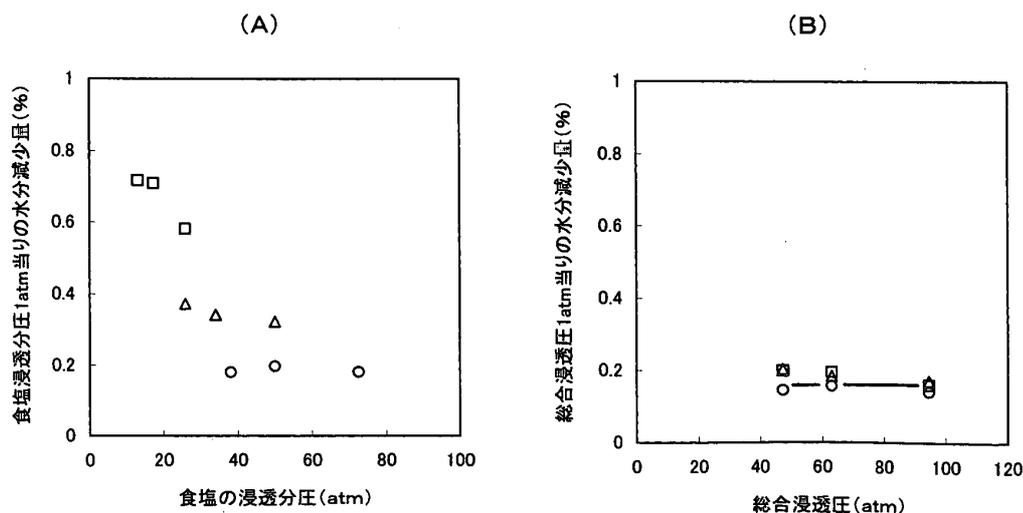


図 7. 浸漬液の総合浸透圧，食塩の浸透分圧と果肉の水分量の関係
 浸漬液：○食塩の浸透分圧 78.7%
 △食塩の浸透分圧 53.7%
 □食塩の浸透分圧 27.4% (各平均値)

量が浸透圧と直線関係を示さないのは、果肉へのソルビトールの浸透が食塩に比べてゆっくり進行することが影響していると推定される。

図 6 に浸漬液中の食塩，またはソルビトールの浸透分圧と果肉の水分量との関係を示した。これによると，食塩やソルビトールの浸透分圧が同じでも，果肉中の水分量は同じにならないことが示された。すなわち，浸漬による果肉の水分量の変化は浸漬液中の食塩，またはソルビトールのどちらか一方の浸透分圧の影響によって定まるのではないことが示唆される。

そこで，浸漬液の浸透圧 1atm 当りの果肉の水分減少量を求め，食塩の浸透分圧，および総合浸透圧との関係を図 7 に示した。この結果により，果肉の水分減少量は浸漬液の総合浸透圧が同じであればその組成が異なっても同じであること，つまり，果肉の水分量は浸漬液の総合浸透圧に強く依存することが明らかとなった。

2. 果肉へのオリゴ糖アルコールの浸透と果肉の水分量との関係¹⁰⁾

ここまでは糖質としてソルビトールを使用した実験

浅漬け野菜の品質における漬込み液中の糖アルコールの役割

を紹介したが、前述した様に浅漬け調味液には調味、つや、しわ出しの目的でソルビトール以外のオリゴ糖アルコールも使用されている。そこで、分子量の異なる数種類のオリゴ糖アルコール溶液にきゅうりを浸漬し、上記と同じ様に検討した結果を紹介する。

使用した浸漬液の成分中、糖アルコールとしては、ソルビトール(1糖デキストロース)、マルチトール(2糖デキストロース)、オリゴ糖アルコールA(49%ソルビトールと35%マルチトールその他の混合物)、オリゴ糖アルコールT(8%ソルビトールと40%マルチトール、及び38%3糖デキストロース相当の糖アルコール(マルトトリイトール)他の混合物)、オリゴ糖アルコールP(4糖以上のデキストロース相当の糖アルコールが74%他の混合物)、および食塩との混合溶液を用いた。

その結果によると、糖アルコールの浸透は20時間後までは速く進み、糖アルコールの分子量(平均分子量)が大きいほど、浸透量は低い値に留まった。また、糖アルコール単独溶液の場合に比べて食塩共存下では全体的に浸透量が増大した。なお、果肉に浸透したオリゴ糖アルコールと食塩量の間には、直線的な相関関係が認められ、オリゴ糖アルコール類もまた、果肉中には食塩と一定の比率を保ちながら同時に浸透していくことが認められた。ただし、その直線は糖アルコールの種類によって異なっており、共存する食塩の量が10%と一定であっても、分子量の大きな糖アルコールほど浸透し難いこと、すなわち勾配が小さい傾向であった。これは、同じ重量濃度では分子量の大きな糖アル

コールの方が浸漬液中の浸透分圧が低くなるため、当然のことと考えられるので、浸漬液中のオリゴ糖アルコールの浸透分圧と果肉中の浸透量の関係を検討した。その結果、両者の間には良い正の相関があり、分子量が異なる糖アルコールを使用した場合でも、果肉へのそれらの浸透量はそれら成分の浸透分圧に依存していることが確認された。

一方、オリゴ糖アルコールを使用した場合の果肉の水分量の変化を検討した。それによると果肉の水分量は、糖アルコールの浸透に対応する様に減少し、分子

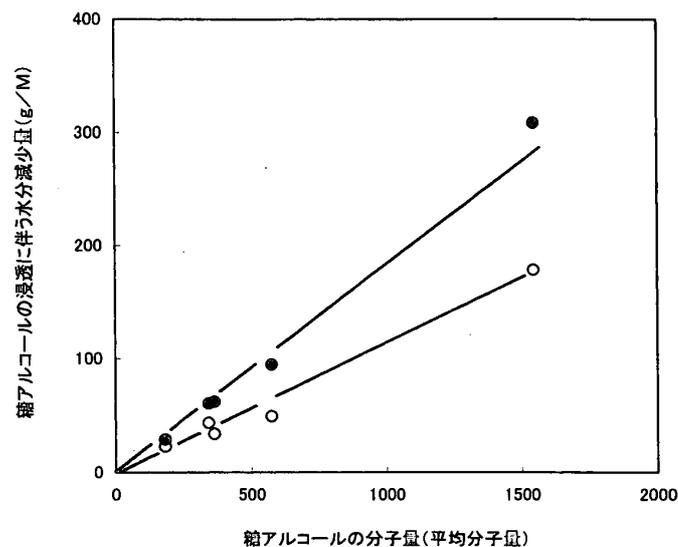


図8. 糖アルコール類の分子量と果肉に浸透した糖アルコール濃度1M当りの水分減少量の関係

浸漬液：○食塩非共存下
●食塩共存下

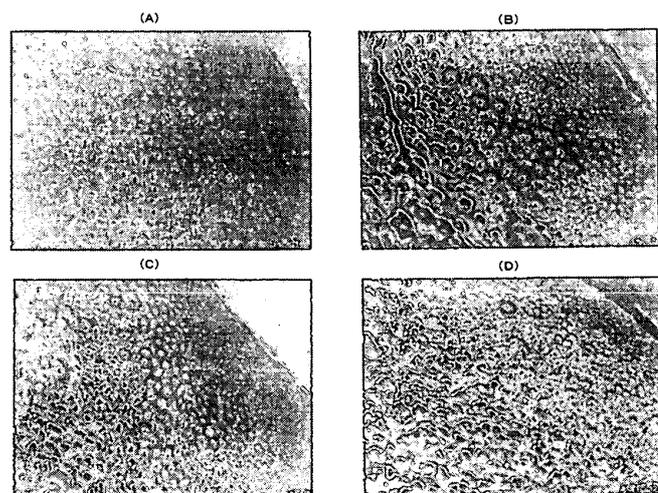


図9. きゅうり果肉の組織細胞

- (A) 浸漬前の果肉
(B) 10% Nに3.5時間浸漬した果肉
(C) 20% Sに3.5時間浸漬した果肉
(D) 10% N-20% Sに3.5時間浸漬した果肉

量が大きく、浸漬液中のモル濃度が低いオリゴ糖アルコールPで水分の減少量が最も小さい傾向であった。この結果もまた、果肉の水分減少量は浸漬液の総合浸透圧に強く依存するという結果に良く一致している。ただし、分子量の大きいオリゴ糖アルコールPの場合には例外的にこの直線から外れていたが、これは4糖以上のデキストロース相当の糖アルコール成分が多いため、果肉への浸透が非常にゆっくりであり、浸透量が平衡値に達していない事が原因の一つであると推定している。

これまでに果肉への糖アルコールの浸透量は、使用する糖アルコールの分子量に関わり無く、そのモル濃度によって定まる浸透分圧に依存すること、一方、果肉の水分量は浸漬液中に存在する食塩と糖アルコールの総合浸透圧に依存して決まることが示された。そこで、果肉中に浸透した糖アルコール1モル当りの浸透に伴う水分の減少量を求め、浸漬液に使用した糖アルコールの分子量との関係を図8に示した。これによると、両者の間には食塩共存下、食塩非共存下の場合で異なる直線で表される正の相関関係が成り立った。このことは、同じ濃度ならば、浸漬液に使用する糖アルコールの分子量が大きいほど、果肉の水分を減少させることができることを示すものである。また、このとき、食塩が共存する場合の方が水分の減少量が多かったのは、食塩の浸透に伴っておそらくきゅうりの細胞破壊が起こり、糖アルコールの浸透が速まることに起因していると考えられる^{4,5)}。

III. 浸透成分と浸漬けきゅうりの品質¹⁴⁾

これまでは、浸漬液の組成、浸透圧と果肉に浸透する食塩や糖質および果肉の水分量の関係について検討した。つづいて、浸漬に伴って起こるきゅうり果肉の食感(硬さ)と組織構造の変化について検討した。

初めに、10%の食塩と20%のオリゴ糖アルコールに浸漬したきゅうりの組織構造の変化を顕微鏡を使用して観察した結果を図9に示した。これによると、新鮮なきゅうりの細胞組織(A)に比べて10%食塩に3.5時間浸漬したもの(B)では、細胞の一部に原形質分離が起こり、破壊が進行している事実が観察された。一方、20%ソルビトールに3.5時間浸漬したもの(C)では新鮮なもの(A)とあまり変わりが無かったのに対し、10%食塩と20%ソルビトールに浸漬した(D)では、(B)の場合と同様に細胞の破壊が起こっていることが観察された。また、糖アルコール単独溶液の場合でも、浸漬時間が長くなると細胞の破壊が起こり、細胞の各所に亀裂を生じるようになった。

このときのきゅうりの硬さ(破断強度)を測定してみると、新鮮なきゅうりに比べて浸漬後のきゅうりは硬さが低いこと¹⁴⁾、また、果肉の硬さが減少するときには、果肉の細胞破壊や組織に亀裂を生じていた。

次に、浸漬20時間後のきゅうり果肉の外観を図10

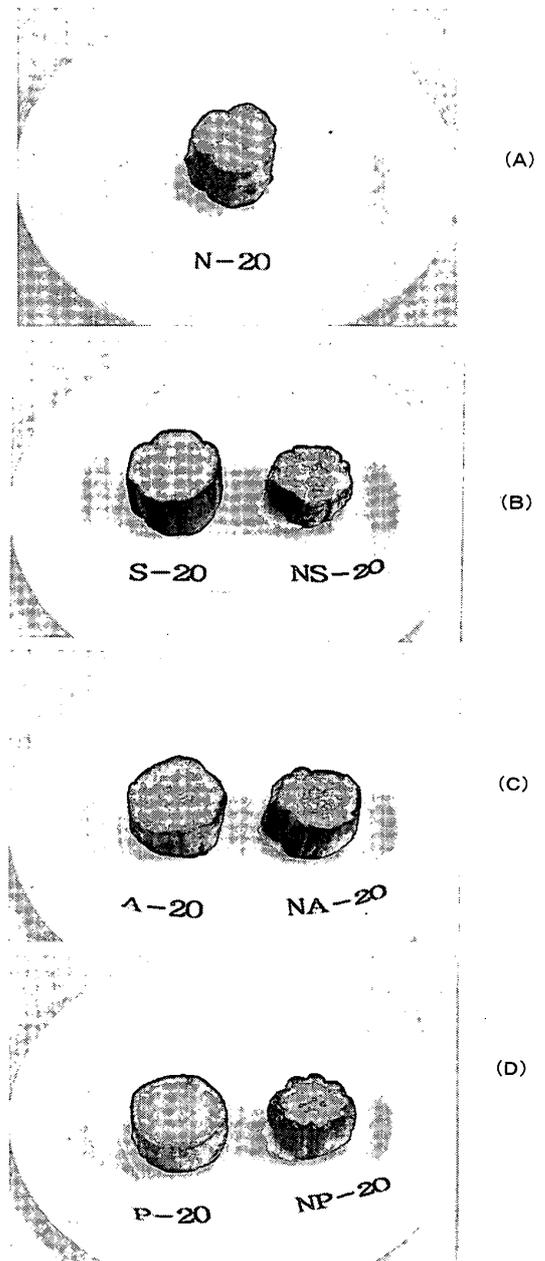


図10. 20時間浸漬後のきゅうり果肉の外観

- 浸漬液: (A) 10% N
 (B) 左 20% S, 右 10% N-20% S
 (C) 左 20% オリゴ糖アルコール A, 右 10% N-20% オリゴ糖アルコール A
 (D) 左 20% オリゴ糖アルコール P, 右 10% N-20% オリゴ糖アルコール P

浅漬け野菜の品質における漬込み液中の糖アルコールの役割

に示した。これによると、糖アルコール単独溶液に浸漬した場合は、外観上の形態変化が小さく、縮みの度合いは極めて小さかった。特にオリゴ糖アルコールを使用した場合にはほとんど形態上の変化は認められなかった。これに対し、10%の食塩と20%の糖アルコールを含む溶液に浸漬した場合は、外観上の縮みが明らかに大きくなっている。このことは、浸漬における果肉の水分量の変化や、浸漬液に用いる糖の分子量と水分減少の係りに良く対応していた。また、外観上の縮みが大きい部分は、細胞の破壊が起こった結果であると考えられた。

以上のことから、浸漬液の組成によって果肉への食塩やソルビトールの浸透量や果肉の水分量を調節し、その結果、果肉の食感や外観を調節することが可能であることが明らかとなった。

おわりに

浅漬け製造時に使用する調味液中の食塩と糖質の濃度、選択する糖質の種類、および浸漬時間を調節することにより、浅漬け製品中の食塩、および糖濃度や水分量、つまり製品の調味や外観、および食感を自由に調節することが可能であることが明らかとなった。これらの成果は漬物製造時の品質制御に役立てるものと考えられる。しかし、漬物の品質は味、外観、食感の他に色調や風味、保存性など様々な要素から成り立っているため、各種調味成分の影響や、食感に寄与するペクチン等の野菜成分の変化の影響などについて、さらなる検討が必要である。

謝 辞

本研究は東和化成工業株式会社の研究業務によりもたらされたものであり、関係の皆様は厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) 前田安彦, 鈴木健治: 食品と開発, **27** (6), 19 (1992)
- 2) 食品マーケティング便覧 No. 1, p. 48 (1999)
- 3) 全日本漬物協同組合連合会: ジャパンフードサイエンス, **36** (3), p. 65 (1997)
- 4) 小川敏男: 漬物製造学, p. 25 (1989) 光琳テクノブックス 8, (株)光琳
- 5) 小川敏男: 食糧工業, p. 539 (1989) 恒星社厚生閣
- 6) 渡辺研二, 鍛冶義延: *New Food Industry*, **27** (10), 5 (1985)
- 7) 太田静行, 減塩調味の知識, p. 172 (1993), 幸書房
- 8) 小川敏男: 最新漬物製造技術, p. 3 (1986) (株)食品研究社
- 9) 前田安彦: ジャパンフードサイエンス, p. 58 (1993)
- 10) 金子由公, 大石明美, 野村行子他: 日本調理科学会誌, **33** (3), 296 (2000)
- 11) 南部正一, 大石明美, 木内秀和, 北島徹: 日本調理科学会誌, **29** (1), 2 (1996)
- 12) 大石明美, 大橋且明, 木内秀和他: 日本調理科学会誌, **31** (2), 103 (1998)
- 13) 金子由公, 大石明美, 野村行子他: 日本調理科学会誌, **32** (4), 323 (1999)
- 14) 大石明美, 野村行子, 大橋且明, 酒井徹: 日本調理科学会誌, **34** (3), 252 (2001)