

似て非なるもの 塩と砂糖の不思議 Q & A

＜塩と砂糖の機能＞

谷 井 潤 郎, 齋 藤 祥 治*

Similarities and Differences Wonders of Salt and Sugar: Q & A

＜Uses of Salt and Sugar＞

Junro TANI and Syoji SAITO *

Question 4

歴史に関してはこれで終了したいと思います。ここから、塩と砂糖の機能について話を伺いたいと思います。塩では、漬物に代表されるように脱水作用、防腐作用、発酵調整作用が、代表的な機能として言われています。この点は、砂糖でも同様なことが言えるのではないのでしょうか。まずは、脱水作用についてお話を伺いましょう。

Answer 4 塩

塩や砂糖は、食品中の水分を引き出す働き、すなわち、脱水作用があります。これは食品と塩や砂糖溶液との浸透圧差により起こる現象です。例えば濃い塩水と水とを半透膜（水は通るが砂糖や塩などは通らない膜）によって隔てると、水は半透膜を透過して塩水側に移動して、同じ濃度になろうとします。この時、水が移動しようとする力（圧力）を浸透圧といいます。

すなわち、食品を漬ける塩水の濃度が高ければ高いほど、浸透圧は高くなり、より大きな脱水作用が得られます。一般に野菜の浸透圧は 10 atm 前後であり、これは塩分 1.2 % 程度の塩水に相当します。野菜より浸透圧の高い、つまり 1.2 % 程度以上の塩水に浸すと、細胞外に水分が移動します。

塩および砂糖溶液の濃度と浸透圧との関係を図 4-1 に示します。塩は砂糖よりも 1 分子の重さ（分子量）が小さいので、同じ重量でもより多くの数の分子が存在していることになります。そのため、砂糖よりも塩の方が同じ添加量では食品から水を引き出す力は強くなります。

一方で、塩や砂糖は食品中へ浸みこんでいく働き（拡散作用）があります。図 4-2 に漬物における塩の脱水作用および拡散作用のイメージを示します。野菜では脱水が起こると細胞膜が破壊され、塩水中の塩分は野菜中に移動します。この拡散作用は、野菜と塩水との濃度差が大きいほど大きくなります。

また、砂糖と塩では、砂糖よりも塩のほうが分子は小さ

Answer 4 砂糖

一般に調理の時に、調味料は「さしすせそ」の順番に加えると良いと言われています。これは、調味料、特に砂糖や塩では脱水作用や拡散作用に関係しており、砂糖が先で、塩が後に入れるのが合理的です。食材への砂糖や塩の浸み込みやすさを表す指標として拡散係数が挙げられます。図 4-3 に示すように、塩の方が砂糖の主成分であるショ糖よりも食材へ浸み込む作用が大きいことがわかります。その理由は、ショ糖よりも塩のほうが分子が小さいため、塩の方が移動する作用は強くなり、早く食材に浸透するためといわれています。

そのため、塩と砂糖を同時に加えると塩と比較して砂糖は浸み込むまでに時間を要することになります。

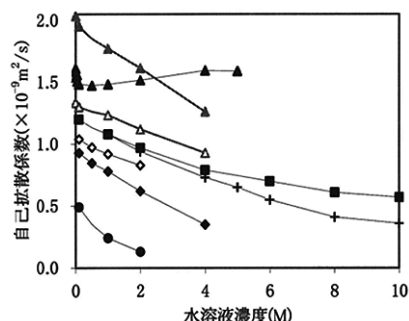


図 4-3 様々な調味料成分の拡散係数
▲塩 ●砂糖（ショ糖）
（化学便覧 - 基礎編Ⅱ - より）

* 製糖工業会（所属は 2010.12.2 現在）
Sugar Refiners' Association

いため、塩の方が同じ添加量では砂糖よりも移動する作用は強くなり、早く浸透していきます。

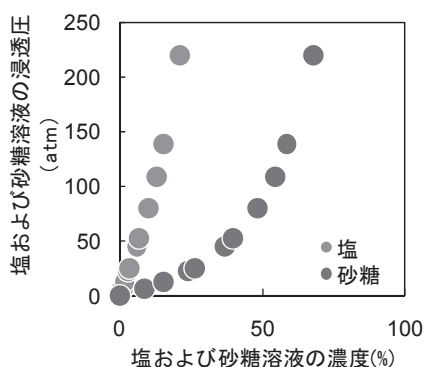


図 4-1 塩および砂糖溶液の濃度と浸透圧

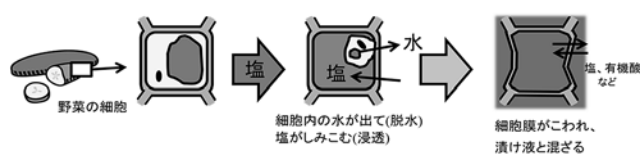


図 4-2 漬物における塩の脱水作用と拡散作用のイメージ

Question 5

塩や砂糖の脱水作用は、漬物の製造や、調理においても上手に利用されていることになる訳ですね。塩の場合、先程の塩に纏わる食文化の話でもあったように、塩には防腐効果があって、漬物などは野菜を保存するのに適していることがいわれています。砂糖ではこうした防腐作用についてはいかがでしょうか。ここでは、塩と砂糖の防腐作用について伺いたいと思います。

Answer 5 塩

食品の腐敗は、原因となる微生物が食品中で増殖することによって起きます。食品中には多量の水分が存在しますが、この水分は微生物が利用できる自由水と利用できない結合水に分けられます。Question 4 で述べたように、食材の水分は、塩や砂糖の脱水作用により低減させることができますし、食材に浸み込んだ塩や砂糖は自由水と結合して結合水へと変化するため微生物が利用できなくなります。このような働きにより塩や砂糖は食品を腐敗しにくくしています。

この腐りにくさを数字で表すには、水分活性 (A_w) という指標がよく使われます。これは、食品中の水分のうち自由水の割合を示します。自由水が最大に含有される割合 (A_w の最大値) は 1 であり、1 に近いほど微生物が増殖しやすいことを示します。

塩および砂糖の水溶液中の濃度と水分活性を比較した結果を図 5-1 に示します。同じ水分活性にするためには、砂糖よりも塩の方が少ない添加量でよいことがわかります。これは、塩は砂糖よりも 1 分子の重さ (分子量) が小さいので、同じ重量でもより多くの数の分子が存在しているこ

Answer 5 砂糖

砂糖における食品の防腐メカニズムは塩と同様です。ただし、砂糖では、塩と同じ防腐効果を保つには塩よりも添加量を多く必要とします。塩および砂糖を用いた食品中の塩および砂糖の濃度を比較した結果を表 5-1 に示します。塩が多く使用される漬物や調味料では、塩分は 13 ~ 22 % 程度であるのに対し、砂糖を用いたジャムや羊羹などでは、30 ~ 70 % 程度で塩よりもその含有量は多いことがわかります。

このことは、同じ濃度であれば、砂糖の方が塩より防腐効果が劣ることを示しています。砂糖は少なくとも一般細菌の増殖を防ぐだけでも、砂糖の濃度は 58.4 % 必要です。ジャムは砂糖の濃度が 62 % 程度ですので、水分活性がほぼ 0.89 となりますので、かろうじて酵母の繁殖が防げる程度です。このことを裏返せば、食品の保存に用いられる「塩蔵」や「砂糖蔵」では、塩蔵に軍配が上がります。

しかし、ヒトは塩漬けにした食品では、多くは塩分の少ない食材とともに調理したり、ご飯とともに食べたりしますが、砂糖漬けの場合は、意外とそのまま調理したり、食べたりします。例えば、表 4 に示すように好まれている飲

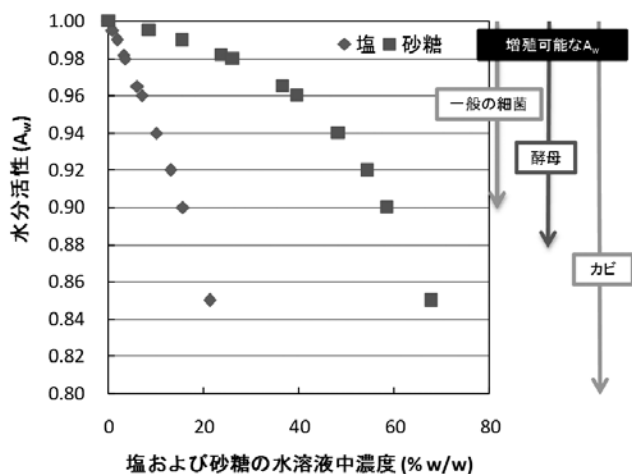


図 5-1 塩および砂糖の水溶液中の濃度と水分活性

とに起因します。そのため、同じ添加量では砂糖よりも塩の方が少ない添加量で水分活性を低くすることができます。

また、微生物の種類により示す水分活性は異なりますが、大部分の細菌は水分活性が 0.90 以下になると、防腐効果を示すといわれていますので、塩では 15.6 % 以上、砂糖では 58.4 % 以上ということになります。浅漬けなどの塩分濃度は 3 % 程度、梅干しでは 20 % 程度の塩分濃度ですので、浅漬けでは防腐効果は小さいものの、梅干しでは防腐効果が大きいことがわかります。

一方、ヒトがおいしいと感じる塩分濃度は、お吸い物などで 0.9 % 程度であり、ご飯などと一緒に食べることで、ヒトは知らず知らず塩分濃度を 0.9 % 程度に調整しているとも考えられます。

表 5-1 食品中の塩分および糖分

料理名	濃度 (%)	料理名	濃度 (%)
酢の物	3 ~ 5	味付け飯	0.5 ~ 0.8
あえ物	2 ~ 8	汁物	0.5 ~ 1.0
泡立て生クリーム	6 ~ 10	蒸し物	0.7 ~ 0.8
飲みもの	8 ~ 10	炒め物	0.8 ~ 1.0
プディングゼリー	10 ~ 12	煮物	0.8 ~ 1.5
アイスクリーム	12 ~ 15	魚肉ソーセージ	2.1
しるこ	25 ~ 30	チーズ	2.8
煮物（薄味）	3 ~ 5	ハム類	1.5 ~ 3
煮物（含め味）	7 ~ 10	たらこ（焼き）	5.3
煮物（佃煮）	15	塩辛	3.0 ~ 7.0
煮物（甘露煮）	30	味噌（米）	13.0
あん	30 ~ 50	醤油（濃口）	14.5
ジャム	60 ~ 70	梅干し	22.1

料の砂糖の濃度は、6 ~ 15 % ですし、氷砂糖（= 100 %）のような物は、そのまま食べます。ところが塩の場合、塩味として好まれる範囲は、0.9 % 程度であると言われています。このことは、ヒトの味覚において、砂糖は塩に比べ、許容度が大きいことを示している証であると思います。

塩はミネラルですから、摂取が不可欠である一方、摂取し過ぎるのを防がなくてははいけませんが、砂糖では、その摂取は不可欠で無いけれども、炭水化物ですから、栄養分としてなるべく多く摂取しようと認識されていると考えられます。

したがって、結果として、防腐という観点からは砂糖は塩よりも多く添加する必要がありますが、両者ともヒトが食べることができる濃度の範囲で食品を防腐できるといえます。

Question 6

防腐作用については、塩では少ない濃度で効果があるのに対して、砂糖ではかなり高濃度でないと効果がないとのことですね。しかし、塩をおいしいと感じる濃度が 0.9 % 程度とかなり限定されるのに対して、砂糖の場合は非常に濃度の幅が広く、防腐作用を発揮する 60 % 以上といった高濃度でもおいしいと感じることは興味深いですね。しかも、塩は必須ミネラルであって、摂りなさ過ぎて、摂り過ぎていけないのに対して、砂糖は炭水化物の一つで栄養源であるために、ヒトはそこをうまく利用しているという訳ですね。

話は変わって、塩の場合には醤油や味噌といった発酵食品がある訳ですが、こうした食品をつくるためには、雑菌を繁殖させないで酵母や麹（こうじ）だけを繁殖させる必要があります。そこには塩の発酵調整作用を利用していると思うのですが、この辺りはいかがなのでしょう。また、砂糖で発酵調整作用を利用している食品はあるのでしょうか。

Answer 6 塩

先程も述べたように、水分活性が 0.90 以下になると、その食品は大部分の細菌に対して繁殖を抑えることができます。ところが、発酵食品である味噌や醤油を製造するときに利用される耐塩性、好塩性の酵母や麹の生育を阻害す

Answer 6 砂糖

先程も述べたようにジャムでも、かろうじて酵母の繁殖が防げる程度です。したがって、塩のように添加量による大部分の細菌の繁殖を抑えて発酵を調整する方法は不向きであると言えるのではないのでしょうか。

るためには、図 5-1 の右に追記したように、水分活性をそれぞれ 0.88 および 0.80 以下まで低下させる必要があります。こうした性質を利用して、水分活性を 0.9 以下に保つことで、腐敗細菌の増殖を抑制しつつ、発酵に有用な酵母や麴の生育を促進させることができます。このように、塩を用いることで、添加量に応じて食品中の微生物の増殖をコントロールすることができ、これを発酵調整作用と呼んでいます。

一方、塩と大きく異なる点として、砂糖は微生物が増殖するための栄養源として利用される発酵促進作用があることです。例えば、パンは小麦粉と共に酵母（イースト）や砂糖を添加して製造されます。酵母は、小麦粉中のでんぷんを直接利用することができないので、砂糖を用いなければ発酵が促進されません。もちろん、図 6-1 に示すように砂糖の濃度（4 % 以上）が高すぎると、逆に酵母の増殖が阻害されると言われています。このように砂糖では、添加量に応じて発酵を促進させることができます。

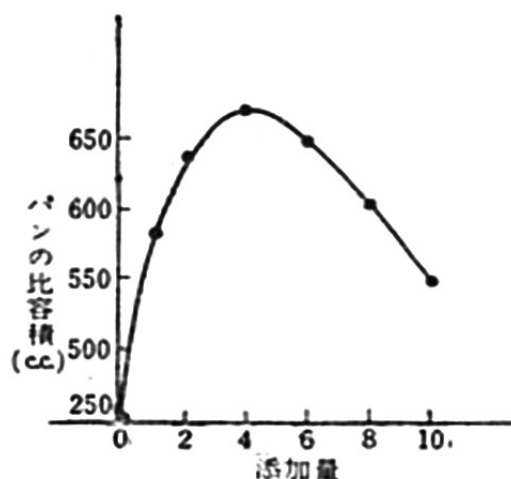


図 6-1 砂糖の添加量とパンの膨らみ

Question 7

これまで、塩と砂糖における基本的な食品への作用をお話して頂きました。塩では防腐作用とともに、発酵調整作用が大切な作用ということになりますが、砂糖では微生物の餌として使われ、発酵促進作用があることを初めて知りました。塩も砂糖もまだまだいろいろな作用がありそうですね。ここでは、その他の作用を紹介して頂きます。

Answer 7 塩

表 7-1 に食品における塩および砂糖の作用とこの作用を利用した食品を示します。まず、食品中の成分（栄養素）への作用としてタンパク質への作用が挙げられます。卵液は加熱により変性し固まります（ゲル化）が、卵液に塩を添加して加熱すると卵液中のタンパク質の変性が促進されてゲルの硬さが増加します。

つみれ、かまぼこなどは魚肉に塩を添加して製造されます。かまぼこでは、魚肉に塩を添加して捏ねると、魚肉中の塩溶性タンパク質（ミオシン）が溶解、一部は他のタンパク質（アクチン）と結合します。これを加熱することにより、粘弾性のあるゲル（かまぼこ）が形成されます。したがって、魚肉中のミオシンおよびアクチンの存在量、さらには魚肉に添加する塩分量により、かまぼこの粘弾性が変化します。一般に、塩分濃度 5 % 程度までは、かまぼこの粘弾性は塩分濃度が高いほど増大し、15 % 以上の濃度

Answer 7 砂糖

砂糖の場合も塩と同様、タンパク質への作用が挙げられます。メレンゲは卵白に砂糖を添加してつくられますが、卵白に砂糖を加えると泡の安定性を増加させることができます。砂糖では卵液への添加濃度が高くなるにつれ、加熱した時の変性が抑制されてゲルが軟らかくなります。そのため、卵焼きなどでは、砂糖を加えて作ると軟らかく仕上がります。また、加熱された肉はタンパク質の変性により硬くなりますが、砂糖はコラーゲンの膜の中に入り込むため、組織をバラバラにして肉が柔らかくなります。

その他の栄養素への作用として、砂糖は脂質の酸化およびデンプンの老化を抑制する作用があります。饅頭やクッキー、カステラなどではこの作用により硬くなるのを抑え保存性を高めています。また、ペクチンのゼリー化（ジャムなど）でも砂糖が重要な役割を担っており、pH との関係もありますが、砂糖を加えないと、普通、ペクチン

表 7-1 食品における塩と砂糖の作用

作用		利用例	
塩	砂糖	塩	砂糖
呈味		塩味	甘味
脱水		梅干しなど	梅シロップなど
拡散		料理の「さしすせそ」	料理の「さしすせそ」
タンパク質への効果			
・熱凝固促進	・熱凝固抑制	—	卵焼き
・溶解（塩溶性タンパク）	・卵白泡の安定化	かまぼこ	メレンゲ
その他の栄養素への効果			
・ビタミン C 酸化防止	・脂質酸化防止	温野菜	クッキー
	・デンプンの老化抑制		饅頭
	・ペクチンのゼリー化		ジャム
発酵への効果			
・酵母や麹の生育促進	・酵母の生育促進	味噌	パン

では、粘弾性は逆に低下するといわれています。

一方、その他の栄養素への作用として、ビタミン C の酸化抑制作用があります。ビタミン C 溶液をそのまま放置すると、時間とともにビタミン C は酸化されてしましますが、これに約 1 % 以上の塩を添加すると、ビタミン C の酸化を抑制することができます。茹で汁に塩（1 %）を加えて野菜を茹でると、野菜のビタミン C の残存率が高くなるという報告もあります。これらのことから、ビタミン C を含む食品に 1 % 程度の塩を添加することにより、食品中のビタミン C の酸化を抑えられることが考えられます。

は固まりませんし、砂糖の加えた量により、出来たジャムの硬さが異なります。砂糖を多く加えれば、硬いジャムとなりますし、少なければ柔らかくなります。砂糖の濃度が 65 % 程度の時が一番硬くなるといわれています。

Question 8

塩も砂糖も食材に対して様々な作用がある訳ですね。最後に、塩と砂糖に関する味覚に関して、話をお聞きしましょう。ヒトが味覚として感じるのは、塩味、酸味、苦味、甘味、うま味の 5 種類で、基本味と言われています。これらの味覚については、舌にある味細胞でどのように認識されているのかなどの研究が、最近になって進んできたと聞いています。塩では塩味、砂糖では甘味が対象になると思いますが、こうした味覚については、どのようなことがわかってきたのでしょうか？

Answer 8 塩

本来の塩味は塩化ナトリウムの味であって、その他の塩類では食塩の塩味と異なる味となります。つまり、食塩の味はナトリウムイオンと塩化物イオンの双方が無ければ塩味になりません。例えばグルタミン酸ナトリウムはナトリウムイオンを含んでいますが、塩味とはかけ離れた味をしており、むしろ、うま味成分の代表とされています。塩化物イオンについても、塩化ナトリウムと化学的性質がよく似ている塩化カリウムの味は苦味と塩味とを混ぜたような味であり、塩化リチウムや塩化アンモニウムの味は、塩辛さがありますが、塩味とは異なり、さらに塩化マグネシウ

Answer 8 砂糖

塩味と違い、甘味を感じるものには様々な物があります。表 8-1 に主な甘味物質とその甘みの強さの指標である甘味度を示します。

砂糖は主にショ糖（スクロース）という糖でできています。一方、人工甘味料としてよく知られているアステルパームは糖ではなく、アミノ酸からできています。甘味物質の化学構造は異なり、甘味の強さや甘味の質も異なりますが、それぞれは“甘味”として感じられるのです。

塩味では味細胞による味覚の受け止められるメカニズムは、十分解明されていないようですが、甘味についてはか

ムに至っては苦味が強く塩化ナトリウムの味とはまったく異なります。

一方、その塩味が味細胞で認識されるメカニズムですが、塩味、酸味、苦味、甘味、うま味のそれぞれの味を引き起こす化学物質が味細胞によって受け止められる仕組みは異なっているようです。最近の分子生物学の発展によって、そのメカニズムが徐々に明らかになってきました。

甘味のほか、苦味、うま味の味覚は、味覚の感覚器である味蕾（みらい）の中の味細胞で検知し、味神経を経て大脳皮質の味感覚野に情報が伝達され、そこで刺激の質や強さが分析されるといわれています。一方、塩味、酸味は、基本的には物質に含まれる味成分が味細胞の突起にあるチャンネル（特定のイオンを一定方向に通す通路）を通過することで起こります。しかしながら、塩味の場合、ナトリウムイオン（ Na^+ ）と塩化物イオン（ Cl^- ）がこのチャンネルを通過した後、どのように味として認識するのかはよくわかっていないのが実情です。

表 8-1 主な甘味物質の甘味度（食と味覚より）

化合物	甘味度	化合物	甘味度
糖類		マルチトール	0.5~0.9
フルクトース（果糖）	1.2~1.8	ラクチトール	0.3~0.4
グルコース（ブドウ糖）	0.7	配糖体	
転化糖	1.2	グリチルリチン	50~100
ガラクトース	0.6	ステビオシド	300
スクロース（ショ糖）	1.0	オラシジン	3000
マルトース（麦芽糖）	0.5	タンパク質、ペプチド	
ラクトース（乳糖）	0.4	アミノ酸	
ラムノース	0.3	タウマチン（ソーマチン）	750~1600
ラフィノース	0.2	モネリン	3000
カップリングシュガー	0.55	グリシン	0.9
ネオシュガー	0.6	アラニン（L 体）	1.0
（フラクトオリゴ糖）		トリプトファン（D 体）	35
多価アルコール		アスパルテーム	180
エチレングリコール	0.64	合成甘味料	
グリセロール	0.48	サッカリン	200~700
ソルビトール	0.5	サイクラミン酸（チクロ）	30~80
マンニトール	0.7		

* スクロースの甘味度を 1 とした相対値（重量比）

食品化学，文永堂出版，1992

なりのことがわかってきています。図 8-1 にショ糖とともになじみの深い糖である果糖（フルクトース）の構造式を示します。甘味物質と舌にある甘味受容器は、ともに水素供与基と受容基を持っており、甘味物質が口の中に入ると互いの水素供与基と受容基が結合して甘味を生ずると言われています。すなわち、糖質でなくとも供与基と受容基を持つ物質であれば甘味を感じるのです。図中の青丸がフルクトースの水素供与基と受容基です。

また、表 8-1 に示すように甘味物質により甘味度は異なります。糖質には最も単純な単糖類であるブドウ糖（グルコース）をはじめ、様々な単糖類、また、これらが 2 あるいは 3 つ結合した二糖類、三糖類といったオリゴ糖類（少糖類）があります。一般には結合している糖類の数が多いほど甘さが減少します。ショ糖はフルクトースとグルコースという 2 種類の単糖類が結合してできた二糖類ですが、他の二糖類と際立った違いは、非常に甘味が強いことです。

さらに、ショ糖は例外的に果糖を除く他の単糖類よりも甘味度が高いことが知られています。ただし、その機構については、十分に解明されていないようです。因みにフルクトースは、温度が変わるとこの OH 基（図 8-1 の二重丸の中の AH で示されているところ）の向きが変わり、甘味度が変わります。果糖を多く含む果物を冷たく冷やすと甘味が増すのはこのためだといわれています。しかし、ショ糖ではそのようなことはありません。

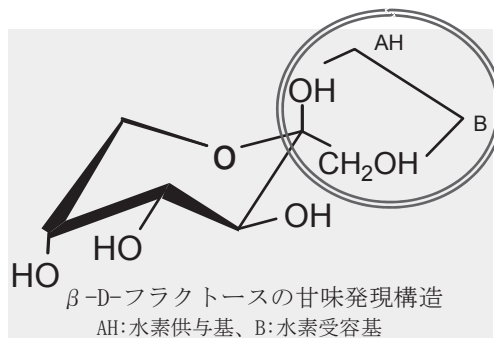


図 8-1 フラクトースの構造

Question 9

塩では、塩味のメカニズムがまだ明らかになっていないのに、砂糖では、甘味を感じるメカニズムはずいぶんわかってきているのですね。ところで、塩や砂糖には他の味を強めたり弱めたりする相互作用がありますよね。この作用にはどんなものがあるって、調理や日常生活の中でどのように利用されているのでしょうか？

Answer 9 塩

塩味と他の味との関係にはいくつかの物が知られています。表 9-1 に塩味と他の味との相互作用とその利用例を示します。

塩味は甘味を増強する効果があります。甘いお汁粉の中に少量の塩を入れると、お汁粉の甘味が強く感じられます。このように塩味により甘味が強調されるような現象を対比効果といいます。甘味に対する塩の対比効果は、甘味に対して少量の塩を添加した場合が最も高く、10 および 25 % ショ糖溶液では塩分濃度 0.15 %、50 % のショ糖溶液では塩分濃度 0.05 % 添加した場合が最も甘く感じるといわれています。

また、塩味はうま味を増強させる効果があります。そのため、昆布やかつお節、エビ、カニなどからだしをとる場合には、塩を少量加えることにより、これらから溶出されるうま味を強調することができます。一方、塩味はうま味により抑制される効果があります。このように、2 種類の異なる味を混ぜた時、一方の味が弱められる現象を抑制効果といいます。抑制効果のため、塩辛、醤油、味噌などで

表 9-1 塩味と他の味との相互作用とその利用

分類	混合した味(多)+(少) 味わう順序(→)	呈味の変動	例
対比効果	甘味+塩味	甘味を強める	汁粉、すいかに塩
	うま味+塩味	うま味を強める	すまし汁
抑制効果	塩味+うま味	塩味を弱める	醤油、イカの塩辛
	塩味+酸味	塩味を弱める	漬物
	酸味+塩味	酸味を弱める	寿司酢
変調効果	食塩水→水	濃厚な塩水を味わった直後の水は甘く感じる	

Answer 9 砂糖

砂糖も塩と同様に他の味との相互作用があります。表 9-2 に甘味と他の味との相互作用とその利用例を示します。

甘味の対比効果としては、甘いキャンディーを食べた後で夏ミカンを食べると酸味が増強する効果などが知られています。

また、甘味にはコーヒーに砂糖を加えるとコーヒーの苦味を押さえたり、酸味の強い果物に砂糖をかけると酸味が押さえられたりする抑制効果があります。さらにサッカリンの液に砂糖を加えるとより甘味が増強する相乗効果などがあります。このような効果は料理にも良く使われており、良く言われる“隠し味”もこの効果を利用した料理のテクニックであろうと思います。

表 9-2 甘味と他の味との相互作用とその利用

分類	混合した味(多)+(少) 味わう順序(→)	呈味の変動	例
対比効果	甘味+塩味	甘味を強める	汁粉、すいかに塩
	甘味→酸味	酸味が強まる	キャンディー→夏ミカン
抑制効果	苦味+甘味	苦味を弱める	コーヒー、チョコレート
	酸味+甘味	酸味を弱める	ウメのシロップ漬け、蜂蜜レモン
相乗効果	甘味 (ショ糖+サッカリン)	甘味が強くなる	粉末ジュース
変調効果	ギムネマ酸→甘味		甘味を感じなくなる
順応効果	ケーキ(甘い物)→ケーキ(甘い物)		甘味の感度が鈍る

は、それらと同じ塩分濃度の水溶液に比べ塩味は弱くなります。

また、塩味と酸味とを混合した場合は、混合された濃度によりどちらか一方の味が弱められます。寿司飯には酢と塩を添加していますが、これによって酸味を抑える効果があるといわれています。

このほか、2種類の味を継続的に味わったとき、後の味が変化する現象は変調効果と呼ばれ、塩辛いものを食べた後の水が甘く感じたりすることが知られています。

（Salt & Seawater Science Seminar 2010（財塩事業センター）
海水総合研究所（2010.12.2 開催）の講演要旨の転載
塩事業センターのホームページにも掲載）