

調理による食品へのしょ糖の浸透について

—しょ糖の浸透に及ぼす食塩の影響—

Studies on the Permeation of Sucrose into Foods

—Effect of Salt on the Permeation of Sucrose—

松 下 幸 子

Sachiko Matsushita

I. 緒 言

従来、煮物に味をつける時には「サシスセソ」の順に調味料を加えるとよいという言伝えがあり、「サトウ」は「シオ」よりも先に加えるよう言われている。

学校教育における調理では、この点についてどのように教えられていたかを、教科書についてさかのぼってみると、「くりやの心得」「家政小学」などの明治初期のものには、特に調味の方法についての記述は見当たらないが、明治後期の割烹教科書⁽¹⁾には「すべて煮物をなすには煮出しと、砂糖或は酒と味淋等にて十分煮附、味のつきたるとき、醤油を七・八分入れて煮る。煮揚りて鍋を下さんとするときに醤油二・三分を入れまぜて直に下すなり」とあり、大正初期の教科書⁽²⁾にも野菜を煮るにはまず砂糖を加えて煮て、あとで醤油を入れるようにとあり、これは現在も引きつづき見られる記述である。

その理由としては「煮物にはじめから調味料のしょうゆなどを加えることは、主としてその中の食塩が早く材料中に滲入して、材料そのものの軟化を害することになる」、また「調味成分は分子量の小さいもの程、すみやかに細胞膜を通過するので、そ菜に砂糖の甘味を十分つける調理加工を行なう時には、調味料として、はじめに分子量の大きい砂糖（しょ糖 $C_{12}H_{22}O_{11}$ 分子量 342.2）を加えて十分味付が出来てから、食塩（NaCl 分子量 58.5）を入れるのがよい⁽³⁾」とされている。

このように一般に砂糖は食塩により食品への浸透を妨げられるように言われているが、この点について定量的に検討した報告は少ないようである。そこで、そ菜類を砂糖と食塩を加えた調味液で煮熟し、材料に浸透したしょ糖及び食塩を定量して、しょ糖の浸透に及ぼす食塩の影響を検討するために本実験を行なった。

II. 実験の試料及び方法

(1) 試料

実験試料としてはそ菜類の中で煮物として多く用いられるいも類をえらび、いも類の中、常時入手しやすく、また品質の均一なものを得やすい馬鈴薯を用いた。試料は髓層を主とする 2.5 cm^3 の立方体とし（1個約 17 g）個体差を防ぐために異なる個体からの 6~8 個を 1 組として同一実験に使用し、各実験は 4~5 回くり返して行なった。馬鈴薯は個体差のほかに、収穫期や貯蔵温度により糖分含量に多少の変動があるので、試料馬鈴薯のしょ糖含量を定量し（平

均約 0.9%) 測定値より差し引いた。

砂糖はグラニュー糖(糖度 99.8%)を、食塩は日本薬局法の塩化ナトリウムを使用した。砂糖、食塩の使用量は煮汁に対する重量%とし、砂糖は 15%, 食塩は 1~3%とした。一般の煮物では、調味料の使用量は食品重量に対してきめるのが普通であるが、本実験は試料が煮汁に浸漬された状態で加熱が行なわれるよう添加水量が多いので、煮汁量に対する割合とした。

(2) 加熱方法

本実験では砂糖と食塩の使用割合をかえて、試料への浸透状態を比較したが、各種煮汁による加熱が同時に同じ条件で行なえるように、四分割鍋を内鍋とする電気釜(東芝製・RC-10 H 形・1.81 炊)を使用した。

加熱の際には前述のように調製した試料馬鈴薯の 6 個ずつを各分割鍋に入れ、試料が十分に浸漬される量の煮汁 300 ml ずつを加え、外釜には一定量の水を入れて、馬鈴薯が可食状態まで煮熟される 35 min. 通電し加熱した。

(3) しょ糖定量法

しょ糖の定量法としては操作が簡単であり、調理によるしょ糖の食品への浸透状態を見るのに適していると考えられるカルバゾール法⁽⁴⁾によった。

① 試薬

(a) 1.5% シスチン—2.5% 亜硫酸ソーダ水溶液

(b) 72% 硫酸

(c) 0.1% カルバゾールアルコール溶液

② 供試液の調製

しょ糖を定量する馬鈴薯を乳鉢で碎き、その 10 g をとり蒸留水を加えてホモジナイザーで磨碎し、メスフラスコに移して蒸留水を加えて 200 ml とする。これを遠心分離して上澄液の一定量を、1 ml 中に 0.05~0.1 mg のしょ糖含量になるように蒸留水を用いて希釈して供試液とする。

③ 操作

供試液 1 ml を共栓試験管にとり、試薬 (a) を 0.1 ml 加え、液温が上らないよう氷水中で冷却しながら試薬 (b) を 5 ml 徐々に滴加して混和する。次に試薬 (c) を 0.3 ml 加えてよく混和した後、30°C の恒温器中に 4 hr. 放置して呈色させ、光電光度計により 570 mμ における吸光値を測定し、検量曲線によりしょ糖量を求める。吸光値は温度、放置時間により変動しやすいので、常に 0.1 mg% のしょ糖標準液を同時に測定し検量曲線の補正をする。なお馬鈴薯は煮熟により重量が幾分減少するが、浸透量の比較にはほとんど影響しないのでしょ糖%はすべて定量時の馬鈴薯重量に対するものとした。

(4) 食塩定量法

しょ糖定量用の供試液の希釈前の上澄液を使用し、モール法により塩素を定量した。

III. 実験結果及び考察

(1) 添加した食塩濃度としょ糖浸透量

食塩がしょ糖の浸透を妨げるものであれば、食塩の添加によって煮熟時におけるしょ糖の試料への浸透は減少するものと考えられる。そこで 15% 砂糖水溶液、及びこれに 1%, 2%, 3% の食塩を添加した 4 種の煮汁 300 ml ずつを各分割鍋に入れて A, B, C, D とし、それぞれに 6 個の試料馬鈴薯を入れて前述の方法で 35 min. 加熱し、浸透したしょ糖及び食塩を定量し

第1表-1 添加した食塩濃度としょ糖浸透量

(%)

煮 汁 実験回数	A 食塩無添加	B 1% 食塩添加	C 2% 食塩添加	D 3% 食塩添加
1	2.73	3.26	3.21	3.05
2	3.20	3.73	3.33	3.33
3	3.50	4.00	3.50	3.00
4	3.20	4.10	3.70	3.30
5	3.30	3.70	3.40	3.50
平 均	3.19	3.76	3.43	3.24

た。

第1表によるとわずかではあるが A, B, C, D 間に差が見られ、分散分析による検定の結果では、BとA、BとDの間に5%の危険率で有意差が認められ、その他の間には有意差は認められなかった。この結果

から考察すれば、煮汁の1%程度の食塩濃度であれば最初から砂糖と共に添加しても、しょ糖の浸透を妨げることはなく、かえって促進する傾向がある。

これは食塩は食品の軟化を妨げるという緒言における引用と矛盾するので、この点について考察してみよう。加熱した際の馬鈴薯の組織の変化は細胞の崩壊ではなく、でん粉の糊化による膨潤と、細胞接着の減少による細胞の分離である⁽⁵⁾。細胞の接合物質であるペクチンは、カルシウム、マグネシウムによってゲル化し組織はかたくなるが、ナトリウムによってはかえって軟らかくなる⁽⁶⁾。不純物の多い食塩にはカルシウム、マグネシウムが含まれるので、これを添加した際には組織がかたくなることが考えられるが、本実験に使用した食塩は不純物を含まない精製されたものである。また1%前後の食塩水は細胞液と浸透圧がほぼ等しいので、組織の中へ浸入しやすく軟化を容易にする⁽³⁾ということも考えられる。

第2表はこの実験における食塩の浸透量である。食塩はほぼ添加量に比例して浸透している。

(2) 添加した食塩濃度としょ糖・食塩の浸透過程

食塩の添加濃度が煮熟中のしょ糖の浸透過程にどのように影響するかを見るために次の実験

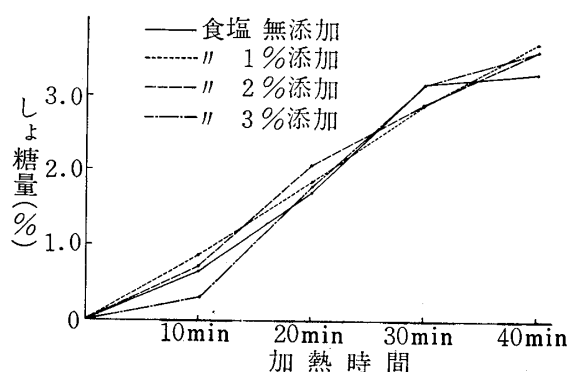
第2表 食塩の浸透量

(%)

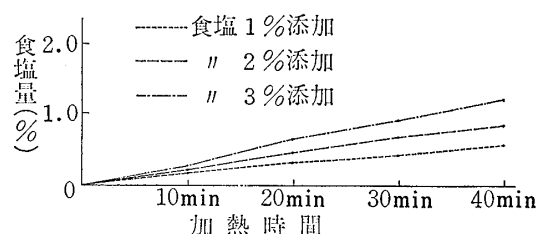
煮汁 実験回数	B 1% 食塩添加	C 2% 食塩添加	D 3% 食塩添加
1	0.44	0.78	1.12
2	—	—	—
3	0.46	0.80	1.10
4	0.50	0.90	1.16
5	0.50	0.84	1.28
平 均	0.48	0.83	1.16

を行なった。煮汁の準備は実験(1)と同様にし、B, C, Dにそれぞれ1%, 2%, 3%の食塩を添加した。試料馬鈴薯は各鍋に8個ずつ入れ、加熱時間を40 min. とし、10 min. ごとにそれぞれ2個ずつ試料をとり出して、しょ糖、食塩を定量した。加熱開始後10 min. ではようやく煮汁が沸騰をはじめた程度であり、試料はほとんど生の状態である。20 min. 後もまだかたく、30 min. でようやく可食状態とな

り、40 min. 後にはやややわらかすぎる状態となった。10 min. ごとに電気釜の蓋をとって、試料を取り出したためか実験結果にはバラつきが多いが、平均値により浸透過程を図示すると第1図・第2図のようになる。



第1図 添加した食塩濃度としょ糖の浸透



第2図 添加した食塩濃度とその浸透

第3表 総浸透量に対する各時期の浸透割合

加熱開始後の時期		0~10 min.	10~20 min.	20~30 min.	30~40 min.	総浸透量
煮 汁	しょ糖					
	食 塩					
A. 食塩無添加	しょ糖	18.6	32.8	43.1	5.4	100.0
	食 塩	—	—	—	—	—
B. 1% 食塩添加	しょ糖	23.1	25.3	27.8	23.7	100.0
	食 塩	32.2	22.1	16.9	28.8	100.0
C. 2% 食塩添加	しょ糖	19.6	38.2	22.4	19.6	100.0
	食 塩	24.7	32.9	22.3	20.0	100.0
D. 3% 食塩添加	しょ糖	8.2	40.5	39.7	11.4	100.0
	食 塩	21.1	32.5	21.1	25.2	100.0

食塩の添加濃度によるしょ糖の浸透過程の相違は明らかではないが、総浸透量に対する10 min. 当りの浸透割合を見ると第3表のようになる。

この結果によれば、しょ糖は加熱開始後10 min. から30 min. の間に総浸透量の大部分が試料に浸透しているのにくらべて、食塩は加熱時間中ほぼ平均して浸透が行なわれている傾向が見られる。

(3) 食塩の添加時機としょ糖の浸透

食塩の添加時機によって、試料へのしょ糖の浸透がどのように影響されるかを次の実験によって検討した。四分割鍋 a, b, c, d に15% 砂糖水溶液 300 ml と試料馬鈴薯6個ずつを入れ、食塩の添加量はいずれも煮汁の2% とし(食味の点から適当な濃度)、a には最初から、b には加熱開始10 min. 後に、c には20 min. 後に、d には30 min. 後に添加した。35 min. 加熱した後、試料馬鈴薯へのしょ糖と食塩の浸透量を定量した。第4表はその結果である。

分散分析による検定の結果、b と c の間以外にはすべて5% の危険率で有意差が認められ、食塩添加時機が加熱開始後30 min. の場合に、しょ糖浸透量は最も多くなっている。なお、加熱開始時に2% 食塩を添加した場合のしょ糖浸透量が第1表-1のCの浸透量より少ないのは、食塩添加のため10 min. 毎に電気釜のふたをとる等の加熱条件の差によるものと考えられる。

食塩浸透量については第5表の通りであり、食塩の添加時機の早いものほどその浸透量が多

第4表-1 食塩の添加時機としょ糖浸透量 (%)

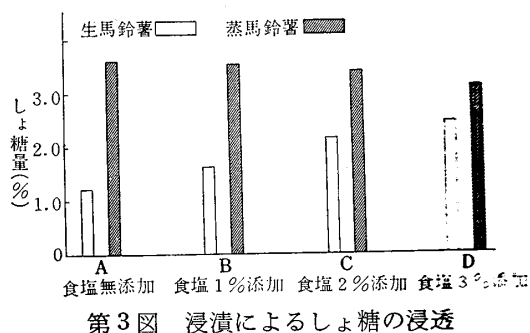
食塩添加 時機 実験 回数	a 加熱開始時	b 10 min. 後	c 20 min. 後	d 30 min. 後
1	3.70	3.70	3.20	4.10
2	3.09	2.45	3.63	4.09
3	3.25	3.25	3.08	3.50
4	2.87	2.75	2.22	3.25
平 均	3.23	3.04	3.03	3.74

第4表-2 分散分析表

	変 動	ϕ	不偏分散	分 散 比
級間 Sb	23777.8	3	7925.9	$F_0=5.24$
級内 Sw	18134.8	12	1511.2	
全体 So	41912.5	15		

第5表 食塩の添加時機とその浸透量 (%)

食塩添加 時機 実験 回数	a 加熱開始時	b 10 min. 後	c 20 min. 後	d 30 min. 後
1	0.84	0.66	0.64	0.62
2	0.84	0.76	0.72	0.68
3	0.88	0.82	0.72	0.60
4	0.86	0.92	0.48	0.58
平 均	0.86	0.79	0.69	0.62



第3図 浸漬によるしょ糖の浸透

いは当然のことであるが、浸透速度は添加時機のおそい方が著しく速やかである。

(4) 調味液に浸漬した場合のしょ糖の浸透

最初から調味料を加えて加熱する煮物では、温度が上昇するまで食品が生状態で調味液に浸漬されている時期があり、また煮上り後もある時間調味液に浸漬されている状態が考えられる。このように調味液に浸漬された状態では、食塩の存在が食品へのしょ糖の浸透にどのように影響するかをみるために、次の浸漬実験を行なった。

生馬鈴薯については、試料馬鈴薯2個ずつを15%砂糖水溶液、及びこれに1%, 2%, 3%の食塩を添加した4種類の調味液 A, B, C, D の各 100 ml に、室温でそれぞれ 5 hr. 浸漬した後、しょ糖を定量した。

加熱後の馬鈴薯については、試料馬鈴薯を 30 min. 蒸器で蒸し、放冷したものをを用い、生馬鈴薯と同様の4種の調味液に 5 hr. 浸漬した後、しょ糖を定量した。第3図は4回の実験結果の平均である。

生の状態で浸漬された馬鈴薯では、食塩添加量の増加と共にしょ糖浸透量も多くなった。浸漬液の濃度が高くなると浸漬による馬鈴薯の重量減少は多くなるが、浸漬前の馬鈴薯重量に対する百分率に換算しても、食塩の添加によるしょ糖浸透量の増加は著しい。

蒸馬鈴薯では、食塩の添加によりしょ糖の浸透量はやや減少する傾向がみられるように思われるが、分散分析による検定の結果では有意差

は認められなかった。

IV. 要 約

(1) 馬鈴薯を試料として、15%砂糖水溶液で煮熟または浸漬した場合に、添加した食塩の濃度や食塩の添加時機によって、試料へのしょ糖浸透量がどのように影響されるかを検討した。

(2) 煮熟した場合添加した食塩濃度によって、試料へのしょ糖浸透量は僅かではあるが影響され、1%の食塩を添加した場合は、食塩を添加しないもの及び3%の食塩を添加したものよりも、約0.5%しょ糖浸透量が多くなった。

(3) 食塩の添加濃度により、煮熟中のしょ糖の試料への浸透過程に差異がみられるかを検討したが、明らかな差異は認められなかった。

(4) 食塩の添加濃度を2%とし煮熟中の添加時機をかえて、試料へのしょ糖浸透量の変化をみた結果、食塩添加時機が加熱開始後30 min.の場合に、10 min.後、20 min.後のものよりしょ糖浸透量が約0.7%多くなった。

(5) 生及び蒸した馬鈴薯を室温で調味液に浸漬した場合、生馬鈴薯では食塩添加量の増加と共にしょ糖浸透量も増し、3%添加の場合には無添加のものより約1.2%しょ糖浸透量が多くなった。蒸馬鈴薯では食塩の添加量によりしょ糖浸透量に有意の差は認められなかった。

V. 結 論

食品に調味料を加えた時の効果は複雑であって、食品そのものの持ち味に個体差があり、また調理された食物は、温度、硬さ、調味成分の吸着や浸透などにより、時間と共にその味が変化する等のことがあるが、今回は食品への浸透量の面から検討した。

その結果、砂糖と食塩で調味して馬鈴薯の煮熟を行なった場合、添加した食塩の濃度、食塩の添加時機などによって、試料へのしょ糖浸透量に若干の差が見られた。

しかし、これ等の差はいずれも0.7%以下の差であり、しょ糖の閾値が約0.5%⁽⁷⁾であることを考えると、この程度のしょ糖浸透量の差は、味覚的に甘味の差として感じられることは少ないと思われる。すなわち食品への浸透量の点からすれば、馬鈴薯などのいも類の煮物では、砂糖や食塩の添加順序や添加時機について特に考慮する必要はないものと考えられる。

なお、最近著者が千葉市内の一般家庭の主婦123人について調査した結果によれば、その80%がいも類の煮物の場合、砂糖は塩よりも先に加えるとし、その理由としては、サシスの順にするように聞いていたのだというものが多く、次に、甘すぎた場合にも塩味で加減できるのでというのが多かった。このように、砂糖の甘味は濃度が高くなっても不味となることがないが、食塩の鹹味は適度以上は不味となり、他の調味料を加えても消すことができないので、「食塩は適量よりやや少なめに加え、最後に味加減をみてから味をととのえるようにする⁽⁸⁾」ということも調理上考慮する必要がある。

参 考 文 献

- (1) 割烹教科書, (明治41年)
- (2) 高等小学理科家事教科書, (大正4年)
- (3) 岩狭与三郎: 食物化学
- (4) 松下幸子・稲垣長典: 家政学雑誌, 12, 305 (1961)
- (5) Clarene Sterling: Food Reserch, 20, 474 (1955)
- (6) Belle Lowe: Experimental Cookery (1955)
- (7) 吉川誠次: 食品の官能検査法
- (8) 田村平治: 日本料理