

27. 加熱調理における食品への食塩浸透メカニズムに関する研究 (No.8926)

新井 映子 (東京学芸大学)

【目的】 加熱調理における調味料の食品への浸透は、調味液の継続的な沸騰期間のみならず、調味液の温度上昇あるいは温度降下の過程においても起こることが知られている。一方、近年に至り、食品の加熱および調味を調味液の継続的な沸騰によらず、調味液の温度降下を緩慢にすることにより行う保温調理法などの新調理法も、実用化されている。しかしながら、現在までに、調味液の温度上昇あるいは温度降下などの液温変化が、調味料の食品への浸透に及ぼす影響については、十分な知見が得られていない。そこで本研究の第1の目的は、加熱調理における調味液の温度およびその変化が、調味料の食品への浸透に及ぼす影響について検討を行うことにある。また、第2の目的は、得られた結果をもとに、加熱調理における効率的な調味方法について考察することにある。

【方法】 試料:北海道産大豆トヨスズを吸水後、 $1.2\text{kg}/\text{cm}^2$ で25分間加圧蒸煮して可食状態としたもの、調味液:5%食塩溶液、30%砂糖溶液および5%食塩と30%砂糖の混合溶液、加熱方法:冷却管を付けた丸底フラスコに一定量の蒸煮大豆と調味液を入れ、スライダックで出力を調整したマントルヒーター内で所定温度で所定時間加熱、食塩の定量:モール法、糖の定量:フェノール硫酸法

【結果】 1.一定温度下における加熱調理では、調味液の温度が高い場合ほど、食塩および砂糖の浸透量は大きであった。浸透速度については、食塩は調味液温の影響をあまり受けなかったが、砂糖は、液温が高い場合ほど速く食品に浸透した。2.調味液の温度降下により調味を行った場合には、温度降下が緩慢であれば、食塩および砂糖ともに、 90°C 加熱におおむね匹敵する浸透量が得られた。3.調味液の温度上昇により調味を行った場合には、食塩の浸透量は一定温度下における加熱および温度降下の場合と大差がなかったが、砂糖の浸透量は顕著に少なかった。4.加熱調理における効率的な調味方法について検討した結果、調味液の温度を沸点と 80°C 以上の温度範囲内で繰り返し上げ下げする加熱・放熱調味法が、食塩および砂糖の浸透にとり、有効であることが判明した。

26. 加熱調理における食品への食塩浸透メカニズムに関する研究 (No.8926)

新井映子(東京学芸大学)

1. 研究目的

加熱調味における調味料の食品への浸透に関しては、いくつかの先行研究^{1)~4)}がある。しかしながら、それらの研究は、調味液の温度上昇とそれに続く沸騰継続期間中における調味料の食品への浸透状態について考察を加えたものがほとんどで、調味液の温度およびその変化と浸透量との関係について考察した報告はほとんどない。

煮物をはじめとする加熱調味の場合、調味液の温度は必ずしも沸点のみが用いられるわけではなく、沸点以下の温度に保って加熱されることもある。また、含め煮⁵⁾のように、主たる味付けを調味液の冷却過程におく手法もある。また、近年に至り、食品の加熱および調味を調味液の継続的沸騰によらず、調味液の温度降下を緩慢にすることにより行う保温調理法などの新調理法も実用化されている。

そこで、本研究の第1の目的は、加熱調味における調味液の温度およびその変化が、調味料の食品への浸透に及ぼす影響について検討を行うことにある。また、第2の目的は、得られた結果をもとに、加熱調味における効率的な調味方法について考察することにある。

2. 研究方法

2.1 実験材料

被調味物には北海道産大豆トヨスズ(帯広川西農業協同組合)を、調味料は、食塩(日本たばこ産業㈱)およびグラニュー糖(三井製糖㈱)を使用した。

2.2 試料調製

被調味物の大豆は、調味中に生じる組織および成分等の変化をできるだけ少なくするために、 $23 \pm 1^\circ\text{C}$ で約12時間吸水後、オートクレーブを使用して $1.2\text{kg}/\text{cm}^2$

で25分間加圧蒸煮して、予め可食状態とした。

調味液は、5%食塩溶液(W/V、以下同様)、30%砂糖溶液および5%食塩-30%砂糖混合溶液を使用した。

2.3 調味方法

被調味物の加熱方法ならびに調味液の温度測定方法は、以下の通りである。すなわち、逆流冷却器を付けた丸底フラスコに調味液400mlと蒸煮大豆40粒(約26g)を入れ、スライダックでマントルヒーターの入力電力を調節し、サーモスタットにより温度制御を行いながら、種々の温度条件下で加熱した。加熱および放熱に伴う調味液の温度変化は、銅-コンスタンタン熱電対より熱電対センサモジュール(榊コンテック)を介して、パーソナルコンピューターに記録した。

なお、実験はいずれも $23 \pm 1^\circ\text{C}$ 、相対湿度約65%の恒温恒湿室内で行った。

2.4 調味液の温度設定

2.4.1 調味液の温度と浸透量の検討

調味液の温度設定は、図1に示した通り、一定温度、温度降下および温度上昇の3通りとした。

一定温度には、 70°C 、 80°C 、 90°C および沸点を採用し、設定温度に達した各調味液に蒸煮大豆(品温約 23°C 、以後も同様)を投入し、60分まで加熱した。なお、大豆投入後に液温は一時的に低下したが、30秒以内に設定温度に上昇した。また、液温はサーモスタットの作動上、 90°C 以下の温度では±約 1.5°C の振幅で周期的に上下動しているが、本実験ではこれを一定温度とみなした。

温度降下には、3種類の降下曲線を得るために、沸点に達した調味液に蒸煮大豆を投入後、直ちに加熱装置を外し、緩慢冷却(アルミホイルの内ばりをした発泡スチロール製の箱にフラスコの胴の部分を入れてふたをして、箱より露出する首の部分を脱脂綿で被覆し 23°C で放置)、自然冷却(23°C で放置)および強制冷却(ファンでフラスコに強制送風しながら 23°C で放置)により、60分まで放冷した。なお、60分経過後の調味液の温度は、緩慢冷却では 79.5°C 、自然冷却では 50.3°C 、強制冷却では 34.5°C となった。

温度上昇には、4種類の上昇曲線を得るために、 23.4°C の調味液に蒸煮大豆を投入後、マントルヒーターの電力を300W、170W、130Wおよび90Wに調節して、各々沸点に達するまで加熱した。沸点に達するまでの時間は、300Wでは14分、170Wでは24分、130Wでは34分、90Wでは47分であった。

2.4.2 調味方法の検討

一定温度ならびに液温を変化させて調味したときの調味料の浸透量をもとに、

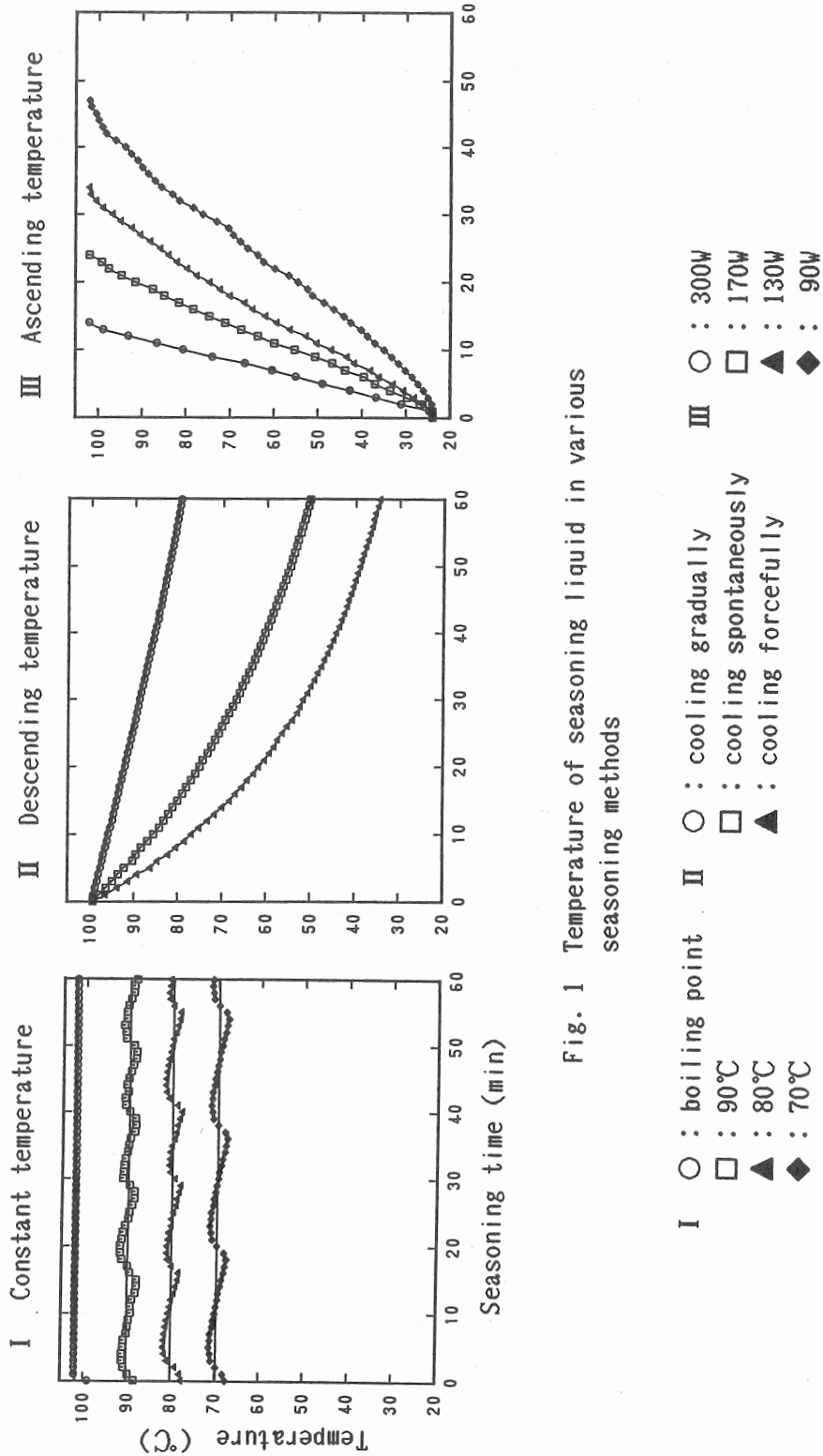


Fig. 1 Temperature of seasoning liquid in various seasoning methods

加熱調味における効率的な方法を検討するため、4種類の加熱調味方法を考案した。4方法の温度設定ならびに調味液の温度変化は、研究結果の図4に示した。

2.5 調味料の抽出および定量

調味後の大豆は、大豆表面に付着した調味料を除くために種皮を除去し、100 mlの蒸留水を加えて3分間ホモジナイズした。その後、室温で1時間攪拌抽出後、20,000×gで20分間冷却遠心分離して、不溶性の残渣を除去した。得られた上清は、自然濾過後に定容した。

調味料の定量は、食塩はモール法、砂糖はフェノール硫酸法により行い、いずれも得られた測定値より調味前の蒸煮大豆の測定値を減じて浸透量とした。

3. 研究結果および考察

3.1 調味液の温度と調味料の浸透

3.1.1 食塩および砂糖単独溶液による調味

はじめに、食塩および砂糖の単独溶液を使用して、図1に示した3種類の温度設定下において蒸煮大豆の調味を行い、調味時間に対する浸透量を図2に示した。

一定温度下における調味の場合、図2-Iに示したように、食塩、砂糖ともに沸点で調味を行った大豆への浸透量が、測定時間を通して沸点以下の温度よりも大となった。そのため、調味料をより速く食品に浸透させるためには、沸点加熱は有効であることがわかった。沸点以下の温度については、食塩では70℃と80℃では差が認められず、砂糖では70℃は80℃よりも浸透量が有意に少なかった。そのため、調味液を沸騰させない加熱調味では、特に砂糖を用いる場合には、調味液の温度を80℃以上に設定することが肝要であると思われた。

調味液の温度降下時における浸透量は、図2-IIに示したように、食塩、砂糖ともに調味液の温度を80℃以上に保持しながら冷却した緩慢冷却が最大となり、以下、自然冷却、強制冷却の順となった。これより、調味液の温度降下がゆるやかな場合ほど、調味料の浸透量は多くなることがわかった。また、調味液の温度降下時における調味料の食品への浸透は、60分までの調味時間に限定して比較すると、保温等により温度降下を緩慢にした場合には、沸点における加熱には及ばないものの、90℃での加熱調味に匹敵した。

調味液の温度上昇時における浸透量は、図2-IIIに示したように、食塩、砂糖ともに沸点に到達するまでの時間が長いものほど、沸点到達時の浸透量は大となった。しかし、先の2通りの温度設定と比較した場合、調味液の温度上昇時における浸透量は、砂糖の場合に顕著に少なかった。

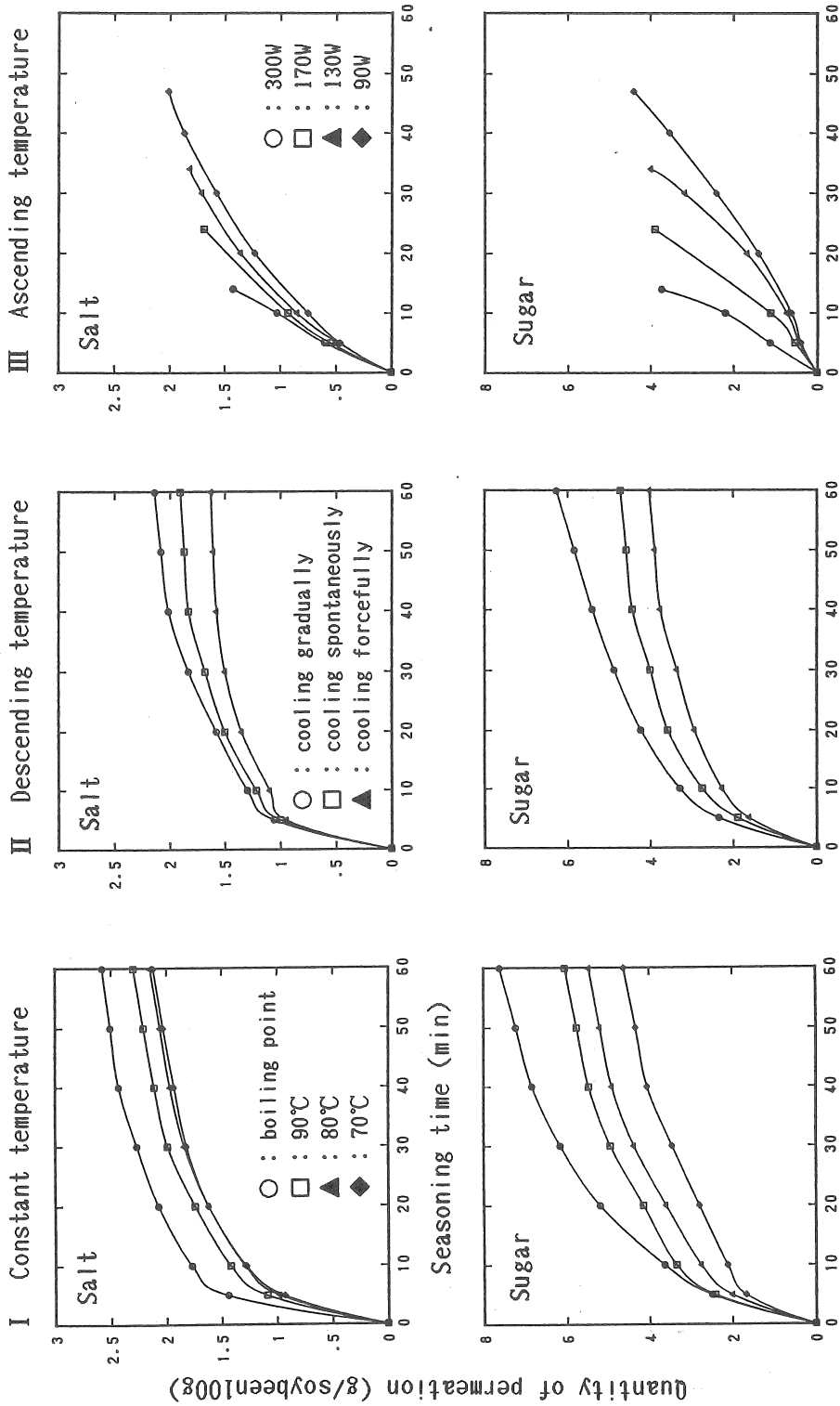


Fig. 2 The quantities of permeated salt and sugar when the temperature of the seasoning liquid was changed

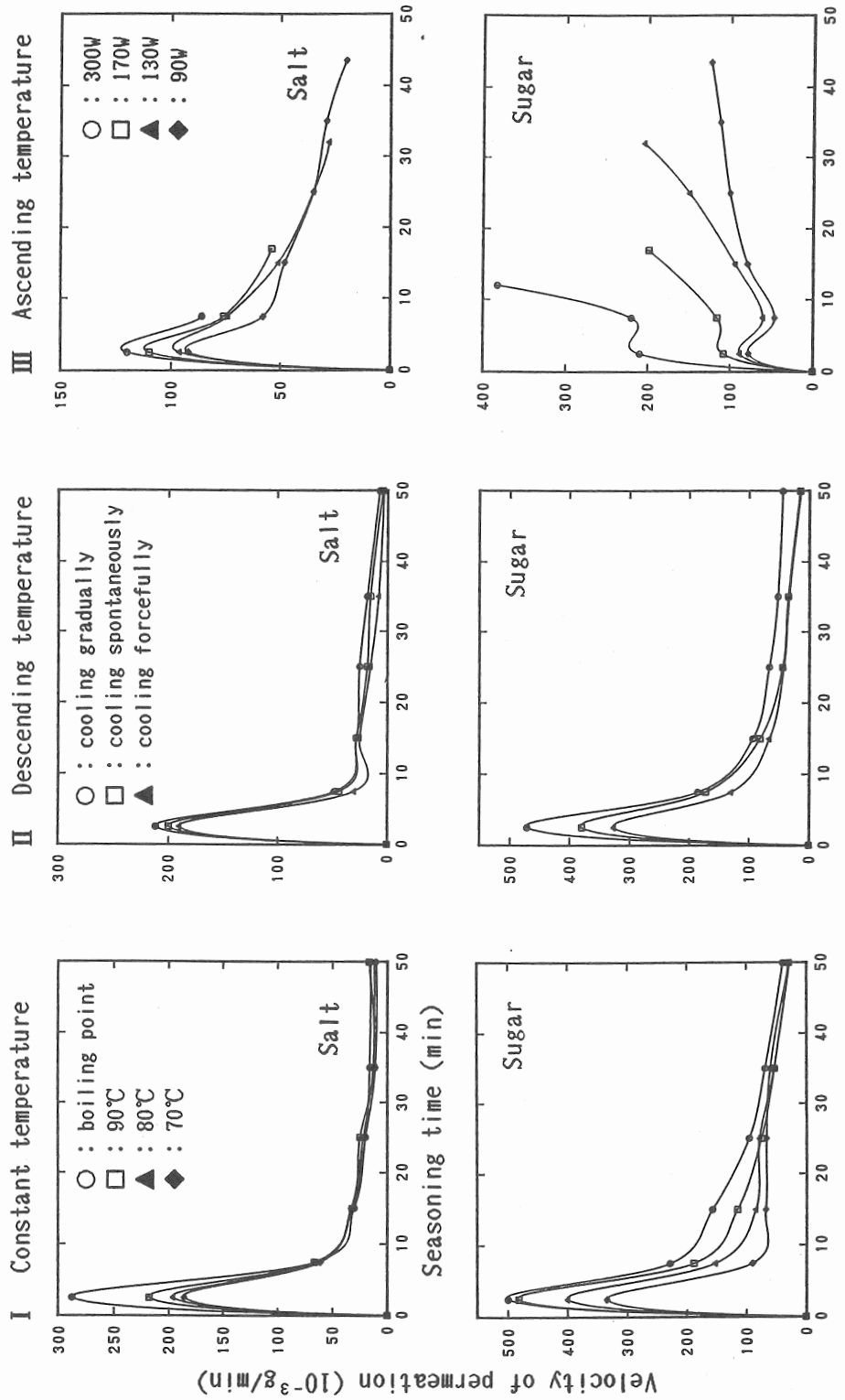


Fig. 3 The velocity of permeation of salt and sugar when the temperature of the seasoning liquid was changed

次に、各温度設定下における調味料の浸透状態について比較を行うために、図2で得られた浸透量の毎時間における変化分を、浸透速度として図3に示した。

その結果、温度上昇時における砂糖の浸透を除いて、浸透速度は、食塩、砂糖ともに調味開始直後に最大となり、以後漸次減少した。なお、食塩は一定温度ならびに温度降下のいずれにおいても、調味開始時の液温が高いものほど浸透速度は大きかったが、一定時間経過後は、液温の違いにより速度にほとんど差が認められなくなった。そのため、食塩のみで調味を行う調理では、調味液の温度が沸点に到達した後一定時間経過すれば、その後は必ずしも沸点で加熱を継続する必要のないことがわかった。また、温度降下により調味を行う場合にも、消火時の液温が高いほど調味料の浸透はよいが、それに続く冷却方法の違いによって、浸透量に大きな差は生じないものと思われた。

一方、砂糖の場合には、調味開始および継続時ともに液温を高温に保持したほうが、浸透速度は大きくなった。そこで、砂糖により調味を行う調理では、調味開始および継続時を通して、液温をより高温に保持する方がよいことがわかった。これは、砂糖が食塩よりも高分子であることや、砂糖溶液のほうが食塩溶液よりも粘性が高いため、浸透により多くの熱エネルギーを要するためと思われた。

なお、温度上昇時における砂糖の浸透速度は、他の場合とは異なり温度上昇に伴って増加した。これは、一定温度による調味により得られた結果と同様、砂糖の浸透が調味液の温度に大きく依存することを示すものと思われた。

3.1.2 食塩-砂糖混合溶液による調味

煮物をはじめとする加熱調味の場合、食品に塩味と甘味を同時に付与する調理は多い。そこで次は、5%食塩-30%砂糖混合溶液を使用した場合の調味液の温度変化と浸透量について検討を行った。

その結果、図は省略するが、一定温度、温度降下および温度上昇のいずれの場合も、食塩および砂糖の浸透量は、単独溶液の場合より約20~30%減少した。これは、共存物質による調味液の粘性の増加が、食品への浸透を遅らせた主因ではないかと考えた。しかし、浸透状態を表す浸透曲線の形状は、単独溶液による調味の場合と大差が認められなかったため、食品への調味料の浸透状態は、単独溶液ならびに混合溶液では大きな違いはないものと思われた。

3.2 効率的な調味方法の検討

調味料は、調味液を継続的に沸騰させ続けた場合に、食品中に速く浸透することがわかった。しかし、沸点継続加熱調味法は、調味液が煮詰まる、食品の種類によっては煮崩れる、香りなどの揮発成分が失われやすい、消費エネルギーが大

きいなど、多くの問題点がある。一方、調味料の浸透は、必ずしも調味液の継続的な沸騰期間に限らず、液の温度降下および温度上昇時にも起こることがわかった。

そこで次に、調味液の温度上昇ならびに温度降下を有効に組み合わせることにより、従来の煮物調理の一般的手法である沸点継続加熱調味法に匹敵する、あるいはそれ以上の浸透効果を期待できる調味方法が得られるのではないかと考え、以下の実験を行った。

3.2.1 調味液の温度設定ならびに調味時の消費エネルギー

はじめに、各種調味法による調味液の温度設定を図4に示した。

煮物調理は、被調味物である食品が可食状態であれば、調味液に食品を入れた状態で加熱を開始することが多い。そこで本実験では、はじめに蒸煮大豆を入れた23.4℃の5%食塩-30%砂糖混合溶液を、300Wで沸点まで加熱した。その後、60分経過するまで、調味料（特に砂糖）の浸透に有効であった沸点と80℃以上の温度範囲内において、加熱時の電力量ならびに放熱時の冷却方法を変化させることにより、調味液を繰り返し加熱・放熱して液温を上下させた。60分間経過後、先の実験と同様に、蒸煮大豆に浸透した調味料を測定した。

なお、各種調味法に要する熱量を、図中に示した。図中の数字より、調味に要する熱量は、A：沸点継続加熱調味法>E：加熱・放熱（4回）調味法>D：加熱・放熱（3回）調味法>C：加熱・放熱（2回）調味法>B：加熱・放熱（1回）調味法の順となり、加熱・放熱調味法（以後「加熱・放熱法」と略称する）は、いずれも沸点継続加熱調味法（以後「沸点法」と略称する）より少なかった。

3.2.2 各種調味法における調味料の浸透状態

各種の条件下で調味を行った場合の調味料の浸透量を表1に示した。

その結果、食塩の浸透量はE>D>C=A>Bの順となり、沸点と80℃以上の温度範囲内で加熱・放熱を2回以上行った場合には、沸点加熱に匹敵する、あるいはそれ以上の浸透量が得られることが判明した。一方、砂糖については、E>D>A>C>Bの順となり、加熱・放熱3回以上の場合、沸点法より浸透量が大きくなった。

次に、加熱・放熱法を沸点法と比較するために、両者の浸透量をt-検定により検定した。その結果、食塩の浸透量は、DおよびEともに5%の危険率でAより大、砂糖の浸透量は、Eのみ2.5%の危険率でAより大となり、Eの加熱・放熱を4回繰り返す調味法は、沸点法よりも調味料の浸透に有効であることが明らかとなった。また、本方法は調味に要する熱量も沸点法より少ないことから、エネルギー

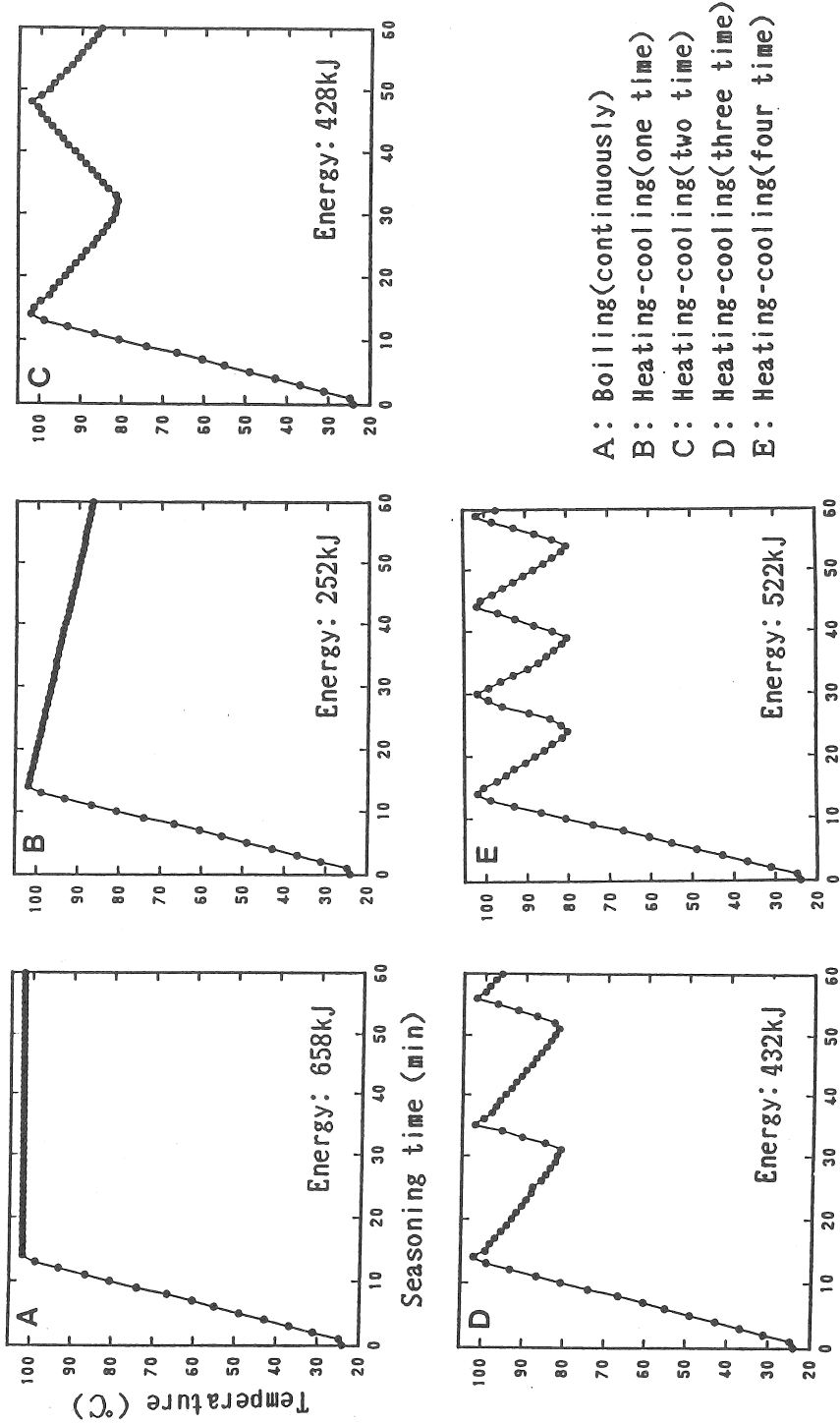


Fig. 4 Changes in temperature of seasoning liquids in various seasoning methods

Table 1 Quantities of permeated salt and suger
in various seasoning methods

(n=10)

Seasoning methods	Salt(g/100g)	Suger(g/100g)	Contents of salt(%)
A: Boiling (continuously)	1.90±0.04	5.45±0.20	25.9
B: Heating-cooling (one time)	1.77±0.04	4.55±0.39	28.0
C: Heating-cooling (two times)	1.90±0.04	5.05±0.20	27.3
D: Heating-cooling (three times)	1.96±0.10**	5.62±0.42	25.9
E: Heating-cooling (four times)	2.04±0.09**	5.91±0.49*	25.7

Contents of salt(%) : $\text{Salt(g)}/\text{salt(g)+suger(g)} \times 100$.* : Significantly different from the value at $p < 0.025$.** : Significantly different from the value at $P < 0.005$.

効率の点からも、有効な方法であると思われた。

なお、調味液の温度を沸点と80℃以上の温度範囲内において繰り返し上下させる方法が、沸点に保持した場合よりも調味料の浸透を増加させたメカニズムについては、以下のように考察した。調味液の温度を積極的に変動させることにより、比熱の違いによって被調味物である食品と調味液との間に温度差が生じる。その結果、高温部の調味液より低温部の食品へと溶液の移動が起こり、それに伴って調味料が食品内に移動する。その後、調味液を放熱している期間には、食品の品温は調味液よりも一時的に高温になるが、一度食品内に取り込まれた調味料は、食品の立体構造に吸着または結合することにより、多くは流出せずに食品内に留まる。その後、再度の加熱により、再び調味液と食品の間に温度差が生じるため、調味料の移動が起こる。これらの繰り返しにより、調味液を継続的に沸騰させなくとも、より多くの調味料を食品中に浸透させることができるものと考えられる。

最後に、5種類の調味法により調味された蒸煮大豆の味を比較するために、浸透した食塩量(g)に対する食塩と砂糖の合計量(g)の%を算出し、表中に示した。その結果、Aと比較した場合、DおよびEでは値がAとほぼ等しくなったため、

加熱・放熱を3回以上繰り返した場合には、沸点法で調味したものとおおむね等しい塩味と甘味のバランスで、調味がなされることがわかった。しかし、BおよびCでは値がAより高くなったため、沸点法で調味したものより塩味の強い調味となることがわかった。この結果より、加熱・放熱法では、加熱・放熱の回数をできるだけ多くすることにより、沸点法と比べて遜色のない調味が可能であることがわかった。

4. 今後の課題

本研究では、試料の個体差が少なく反復実験が可能ないように、被調味物に蒸煮大豆を採用した。しかし、実際の煮物調理では種々の材料が用いられるため、蒸煮大豆により得られた本実験の結果が、そのまま全ての食品に適用できるとは限らない。そのため、今後はより多くの食品におけるデータを集積すること、調味料も食塩および砂糖のみではなく、グルタミン酸ナトリウム、酢酸、砂糖以外の多糖類など各種の物質を使用すること等が、今後の課題である。

〔引用文献〕

- 1) 松元文子, 奥山恵美子: 家政誌, 11, 1 (1958).
- 2) 松元文子, 板谷麗子, 田部井恵美子: 家政誌, 12, 391 (1961).
- 3) 武恒子, 大塚一止: 家政誌 19, 326 (1968).
- 4) 中澤勇二, 黒澤美智子, 和田涼子, 泉谷希光: 家政誌, 36, 161(1985).
- 5) 吉松藤子他編集: 調理学辞典, 374, 朝倉書店, 東京 (1987).
- 6) 調理科学研究会編: 調理科学, 240, 光生館, 東京 (1984).

STUDIES ON PERMEATION MECHANISM OF SALT
INTO FOOD DURING HEAT-SEASONING

EIKO ARAI

(Faculty of Education, Tokyo Gakugei University)

Summary

An investigation was made on how seasoning, mostly salt, permeates into food during heat-seasoning. This study was made by comparing the permeation states of salt and sugar when the temperature of the seasoning liquid was changed (decreased from the boiling point or increased from the room temperature at given speeds) against wherein the temperature was held constant (at boiling point or lower).

Another study was made on the effective method of heat-seasoning basing upon the results obtained from the above. The main conclusions were as follows:

1) On seasoning at a constant temperature, the higher the temperature of the seasoning liquid, the larger become the quantities of permeated salt and sugar. However, as no large difference was observed at 80°C or lower, it was clarified that an 80°C or higher temperature is effective for seasoning permeation.

2) On seasoning with a seasoning liquid under a descending temperature, which the temperature is descended slowly, for both salt and sugar, almost comparable quantities of permeation with those under the constant temperature of 90°C were obtained.

3) On seasoning with a seasoning liquid under an ascending temperature, the quantity of salt permeated showed no large difference from those on seasoning either under a constant temperature and or descending temperature. However, the quantity of sugar was remarkably small.

4) From investigation on how to effectively season in heat-seasoning, the heating-cooling method of seasoning by repetitively increasing and decreasing the temperature of the seasoning liquid within a temperature range between the boiling point and 80°C was found effective for both salt and sugar permeation.