

調理加熱中のニンジン軟化に及ぼす大豆添加の影響

魚住 恵[§], 塚本知玄, 小野伴忠

岩手大学大学院連合農学研究科

The Effect of the Addition of Soybeans on the Softening of Carrots during Cooking

Megumi Uozumi[§], Chigen Tsukamoto and Tomotada OnoThe United Graduate School of Agricultural Sciences,
Iwate University Ueda 3, Morioka 020-8550, Japan

It has been observed in our daily life that the addition of soybeans to cooking solution promotes the softening of vegetables during cooking. In order to investigate the effect of addition of soybeans during cooking on the softening of vegetables, experiments were conducted, how to change the texture of carrots by the addition of soybean cooking solution or its fractions (drawing parts) during cooking. Centrifugal separation and ion exchange treatment of the soybean cooking solution were carried out. The effects of the addition of the soybean cooking solution and its fractions on the softening of carrot during cooking were investigated with regard to the properties of firmness and cohesiveness of texture. It was found that a large quantity of potassium was contained in the soybean cooking solution. Potassium salt promoted the softening of carrot during cooking. Potassium salt decreased the firmness of the carrots during cooking, but decreased little the cohesiveness. While the supernatant of the soybean cooking solution and the deanion fraction of it decreased both the firmness and the cohesiveness of carrots during cooking. Furthermore, it was suggested that there were some promoting factors besides potassium ion for the softening of the carrots during cooking in the supernatant of the soybean cooking solution, and that there were also some preventing factors for the softening of carrots in the decation fraction.

(Received Aug. 5, 2003 ; Accepted Dec. 17, 2003)

野菜・果実の加熱による軟化には、細胞壁の構造物質であるペクチン質の構造と加熱による変化が関与することが知られている¹⁾。ペクチン質は、タンパク質やセルロース、ヘミセルロース、2価の金属イオン等と結合したプロトペクチン、構成ガラクトキロン酸のメチルエステル化度が比較的高いペクチニン酸、ほとんどメチルエステル化していないペクチン酸に大きく分けられる。加熱による軟化では、プロトペクチンの主鎖であるガラクトキロン酸とタンパク質等の結合が切れて水可溶性のペクチニン酸になること、また、ペクチニン酸がトランスエリミネーションにより低分子化すること等によると説明されている。しかし、このペクチン質の加熱による変化は、加熱条件により異なり、60°C付近での予加熱²⁾³⁾、二価の金属イオンを含む溶液やpH 4付近の弱酸性の溶液中での加熱により、硬化あるいは軟化阻害がおこり^{4)~6)15)16)}、一価の金属イオンを含む溶液での加熱により、軟化が促進される¹⁾ことが知られている。また、金属イオンと同時に含まれる陰イオンの種類によっても影響を受ける^{7)~9)}。さらに植物性食品の加熱軟

化にはペクチン質以外の細胞構成成分の関与¹⁰⁾¹¹⁾も無視することはできない。即ち、通常の加熱調理・食品加工過程でおこる植物性食品の加熱による物性の変化は、さまざまな物質の複雑な相互作用の結果と考えられ、その詳細は不明な点も多い。

一方、ミネラルを多く含む完熟したダイズと一緒に煮た植物性食品は早く煮えることが経験的に知られている。そこで、植物性食品の加熱軟化に対するダイズ添加の影響について知見を得るために、大豆茹で汁がニンジンのテクスチャー変化に与える影響を見ることにより軟化促進因子について検討した。

実験材料および方法

1. 材料

ダイズは2000年収穫の北海道帯広産トヨマサリを用いた。

軟化試験用のニンジンには、市販三寸ニンジンをを用いた。中央部分を1cm巾の輪切りとし、さらに皮の部分が入らないように維管束部分を挟んで1cm³の立方体に切り取ったもの (Fig. 1) を試料とした。

〒020-8550 岩手県盛岡市上田三丁目18-8

§ 連絡先 (Corresponding author), uozumi@iwata-pu.ac.jp

2. 大豆茹で汁および各画分の調製

ダイズ 100 g に超純水 (Millipore Co., MQ 水) 500 ml を加え, 5°C, 24 時間水浸した後, 1 時間加熱した。加熱後直ちに, 豆と茹で汁を分け, 大豆茹で汁約 200 ml を得た。これをガーゼで濾し, 「あく」とろ液 (以下「大豆茹で汁」とに分けた。「大豆茹で汁」は, さらに, 4°C, 9000×g, 30 分間遠心分離し, 「上澄」および「沈澱」の各画分を得た。「あく」, 「大豆茹で汁」, 「上澄」, 「沈澱」とも凍結乾燥し, 5°C で保存し, 必要に応じてそのままあるいは MQ 水に溶解して実験に用いた。

3. イオン交換処理

「上澄」画分を MQ 水に溶解し, イオン交換樹脂 (AMBERLITE IRA 400JCLWO : R-H 形および, IR120 BNA : R-OH 形) を用いて, バッチ法で脱イオン処理した。樹脂と処理液はろ過により分け, 樹脂はさらに数回 MQ 水で洗い, ろ過した。ろ液を合わせたものを凍結乾燥し, 脱イオン画分とした。必要に応じて MQ 水に溶解し用いた。

4. ニンジンの加熱

市販三寸ニンジンをも 1 cm³ の立方体に切り取ったもの (Fig. 1) を沸騰したそれぞれの溶液 100 ml に 12 個投入し, 所定時間加熱した後, 2 ないし 6 個ずつ取り出し, 室温 (23±1°C) に 1 時間放置したものをテクスチャー測定用の試料とした。実験は各 3 回おこなった。

5. テクスチャー測定

レオメーター (RHEORO METER・MAX RX-1600, アイテクノ(株)), およびレオメーター (FUDOH RHEO METER RT-2010D・D-CW, (株)RHEOTECH) を用いて咀嚼試験をおこない, 硬さおよび凝集性を測定し, 平均値と標準偏差を求めた。試験には直径 40 mm の円盤プランジャーを用い, 加熱ニンジン繊維方向とプランジャーの面が直角に交わるように設置した。測定はクリアランス 2 mm, 速度 60 mm/分でおこなった。各値はプランジャーを 2 回上下させ得られるテクスチャー曲線から求めた。硬さはニンジンを最初に押しつぶしたときに試料台にかかる

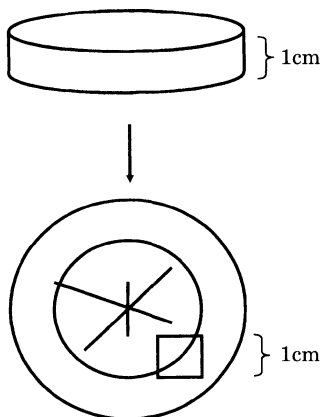


Fig. 1 Sampling of carrots for boiling

力 (kg) である初めの山の高さで表し, 凝集性は 2 つの山の面積比 (% または比率) として算出した。

6. 無機成分の定量

大豆茹で汁各画分中のナトリウム, カリウム, マグネシウム, カルシウムの含有量を, 原子吸光法で測定した。標準試薬には原子吸光用標準液 (関東化学(株)) を用いた。また, ダイズ 100 g を MQ 水 500 ml に, 5°C, 24 時間水浸したものをガラス管で還流しながら加熱し, 継時的に, 茹で汁中に溶出してくる上記無機成分の量を同様の方法で測定した。実験は 3 回おこなった。

7. 有機成分の検討

大豆茹で汁上澄と, 上澄をイオン交換処理したものの中に含まれる有機物を, KBr 錠剤法を用いた赤外線分光法 (FT-IR Spectrum 2000, Perkin-Elmer Ins.) にて検討した。

結果及び考察

1. 異なる濃度の茹で汁で加熱したニンジン軟化効果

ダイズ添加の影響は, 大豆茹で汁乾燥物をニンジン加熱時に添加することにより検討した。あくを除去した大豆茹で汁の乾燥物収量は, ダイズ 100 g あたり, 8.49 g±0.42 g であった。

ダイズ 100 g から得られた大豆茹で汁乾燥物を MQ 水 200 ml に溶解したものを, 大豆茹で汁原液とし, この濃度を 1 とし, 原液の 1/4, 1/2 および, 2 倍の茹で汁乾燥物を含む溶液で, 所定の時間加熱したニンジンテクスチャーを水 (MQ 水) で加熱した場合と比較し, Fig. 2, 3 に示す。

加熱初期段階では, 濃度が高い茹で汁で加熱したもののほど硬さ凝集性ともに急速に低下した。15 分以上加熱すると高濃度の茹で汁で加熱したものでは, 硬さの低下は小さくなり, 茹で汁濃度による硬さの差はみられなくなった。2 倍の濃度の大豆茹で汁で加熱したものの凝集性が, 12 分以降やや上昇しているように見える。これは軟化が著しいことにより凝集性測定のための 2 つのピークが非常に小さくなったためと考えられる。

生のニンジンテクスチャー特性値を, 加熱ニンジン測定条件と同じ条件で測定することは不可能であったので, 水で 6 分加熱した場合の硬さの平均値 6.91 および凝集性の平均値 9.33 をそれぞれ 100% として換算すると, 水で 21 分加熱したものの硬さの平均値は 31.4%, 凝集性の平均値は 73.3% となった。一方, 大豆茹で汁原液で 21 分加熱したものの硬さの平均値は 18.2%, 凝集性の平均値は 35.7% ときわめて低い値となった。加熱 21 分における大豆茹で汁による硬さと凝集性の低下率を水の値と比較すると, 硬さは 13.2%, 凝集性は 37.6% 低くなった。

以上のことから, 水でニンジンを加熱した場合は硬さの低下速度は遅く, 煮崩れの原因となるような著しい凝集性

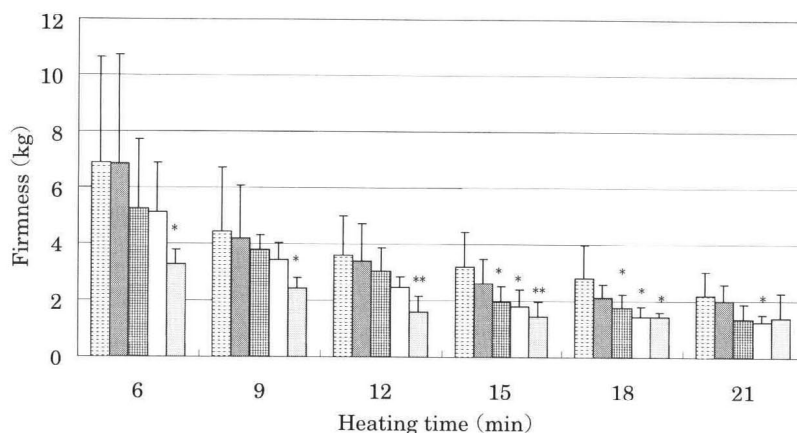


Fig. 2 Firmness of carrots boiled in various concentrations of soybean cooking solution

■, water ; ■, 1/4 times soybean cooking solution ; ■, 1/2 times ; □, 1 (undiluted solution) ; □, 2 times
100 g of soybeans was boiled in 500 ml of water, and the obtained solution was filtrated and freeze-dried. The dried extract was dissolved in 200 ml of water for undiluted solution.
Texture was measured by Rheolo meter (RHEORO METER·MAX RX-1600, I-TECNO). Significant differences from the control (water) in each time were evaluated by t-test, * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

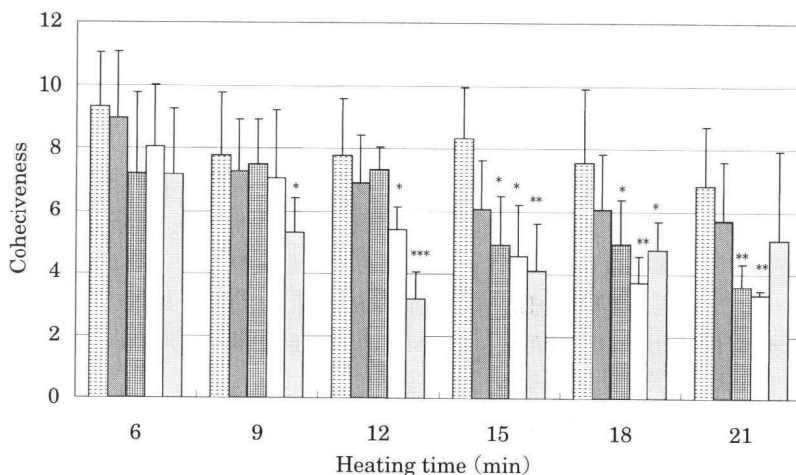


Fig. 3 Cohesiveness of carrots boiled in various concentrations of soybean cooking solution

Symbols, cooking methods and the texture measurements : See Fig. 2.

の低下も起こらないが、大豆茹で汁で加熱すると急速に硬さが低下するとともに著しい凝集性の低下により煮崩れやすく軟らかい状態となることがわかった。

2. 大豆茹で汁画分によるニンジンの加熱軟化

大豆茹で汁には、ニンジンの加熱軟化を促進する作用があることがわかった。そこで、その作用の原因物質を探るため茹で汁を分画し、各画分によるニンジンの加熱軟化を試みた。

大豆茹で汁を調製後、放置すると、溶液温度の低下に伴って、不溶性の沈澱物が増加してくる。そこで、沈澱物と冷水に溶けている部分のどちらに加熱軟化促進作用があるかを検討するため、低温で溶解している部分と沈澱する部分を遠心分離により分け、あくの画分とともに、ニンジンの加熱軟化試験をおこなった。サイズ 100 g から得られ

た大豆茹で汁の上澄、沈澱、あくの各乾燥物の収量は、それぞれ、 8.36 ± 0.56 g, 0.12 ± 0.05 g, 0.09 ± 0.03 g であった。

上澄、沈澱、あく、上澄と沈澱とあくの混合物、および上澄と沈澱の混合物(大豆茹で汁)について、それぞれの溶液を用いてニンジンの加熱を行い、それらのテクスチャーを測定し、結果を Fig. 4 に示す。3 画分を合わせた混合液で加熱したものと上澄は、大豆茹で汁(あくを含まない)とほぼ同じ軟化促進傾向を示した。沈澱やあくで加熱したものは、水とほとんど同じ軟化傾向を示した。これらの結果から、大豆茹で汁中の加熱軟化促進因子は、冷水可溶性の上澄画分に含まれると考えられる。

3. 大豆茹で汁中の無機成分

野菜類の加熱軟化には、金属イオンが関係していることが知られている。^{4)7)~9)} 茹で大豆と原料大豆の無機成分含

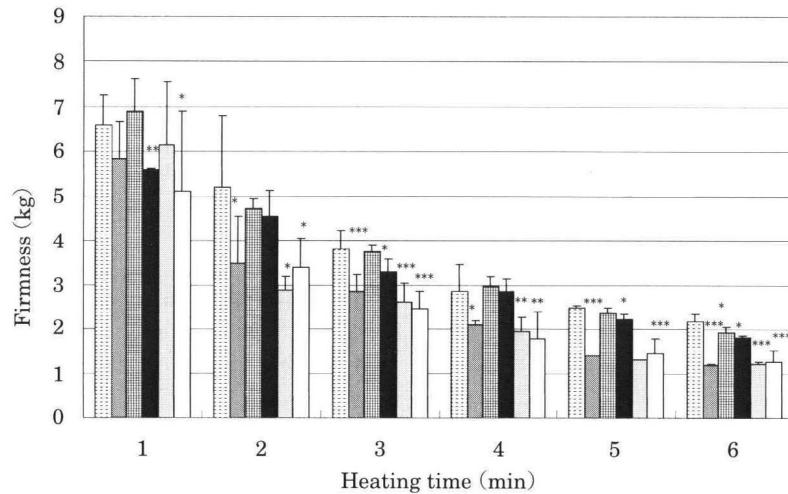


Fig. 4 Firmness of carrots boiled in each fraction (drawing part) of soybean cooking solution

■, water ; ■, centrifuged supernatant of soybean cooking solution without lye ; ■, solution of centrifuged precipitate of soybean cooking solution without lye. It was centrifuged by 9000×g at 4°C for 30 min ; ■, solution of lye obtained by boiling soybeans ; □, mixture of supernatant, precipitate and lye ; □, soybean cooking solution without lye. The texture measurements : See Fig. 2.

量を乾物量に換算して比較すると茹で大豆では減少している¹²⁾ことから茹で汁中にダイズ由来の無機成分が移行していると考えられる。そこで、大豆茹で汁の各画分中に含まれるカリウム、ナトリウム、カルシウムおよびマグネシウムの含量を原子吸光法を用いて測定した。結果を Table 1 に示す。

あくおよび沈澱中にはほとんど塩類が含まれず、ほとんどが上澄中に含まれた。上澄中でもっとも多いのはカリウムであり、次いでマグネシウム、カルシウム、ナトリウムの順であった。これらの溶出量を五訂日本食品標準成分表¹²⁾のダイズ(国産)の値と比較すると、およそカリウム 25%、マグネシウム 25%、カルシウム 5%、ナトリウム 60% が茹で汁上澄液に移行したことが分かる。カルシウムの溶出割合が低いのは、カルシウムがダイズに含まれるフィチン酸を介してたんぱく質と結合して不溶性の複合体を形成し、¹³⁾¹⁴⁾流出しにくいためではないかと考えられる。

次に、ダイズから茹で汁中へのカリウム、カルシウム、マグネシウムの溶出量を継時的に測定し Fig. 5 に示す。微量であったナトリウムは除いた。カリウムとマグネシウムの溶出量は、時間とともに徐々に増加し、加熱 75 分で一定となった。これは、同時に測定した溶出液の乾燥固形物量の増加曲線とほぼ一致していた。カルシウムの溶出量は 30 分で一定となった。一定となったカリウムとマグネシウムの溶出量を Table 1 の値と比較すると、還流しながら行ったこの実験の方がやや多い。これは、還流せずにダイズを 1 時間茹でた場合、茹で汁が濃縮され溶出しにくくなるためと考えられる。

Table 1 Minerals in each fraction of hot water extract from 100g soybeans

	K (mg)	Mg (mg)	Ca (mg)	Na (mg)
Supernatant	452	54.6	11.59	0.57
Precipitate	—	0.6	0.02	0.06
Lye	2	0.2	0.02	0.04
*Soybean	1900	220	240	1

*The mineral contents in 100g soybeans by "5 revised, Standard tables of composition in Japan".

4. 脱イオン処理液およびカリウム塩溶液によるニンジンの加熱

大豆茹で汁上澄に多量に含まれるカリウムがニンジンの加熱軟化に寄与している可能性が考えられたので、脱イオン処理液およびカリウム塩溶液による実験を試みた。

ダイズ 100 g から得られた茹で汁上澄の脱イオン処理液を凍結乾燥したものを MQ 水 200 ml に溶かした溶液でニンジンを加熱した。さらに、カリウム塩だけの溶液で加熱したものと比較した。カリウム塩の濃度はダイズ 100 g を加熱した場合の最大溶出量である 800 mg/200 ml とする塩化カリウム溶液 (pH 6.32) (以下「KCl 溶液」)を用いた。結果を Fig. 6 に示す。

一般に、pH 4 付近の溶液中での加熱は植物性食品の加熱軟化を抑制する⁵⁾⁶⁾¹⁵⁾¹⁶⁾ことが知られているが、各加熱溶液の pH を測定した結果、加熱前の pH は低い順に脱陽イオン 5.93<上澄 6.18<水 6.23<KCl 溶液 6.32<脱陰イオン 6.42 となり、加熱後は、脱陽イオン 5.83<KCl 溶液 5.97<上澄 6.02<水 6.25<脱陰イオン 6.31 となった。加熱前後ともに脱陽イオンが最も低かった。また、加熱前後での pH

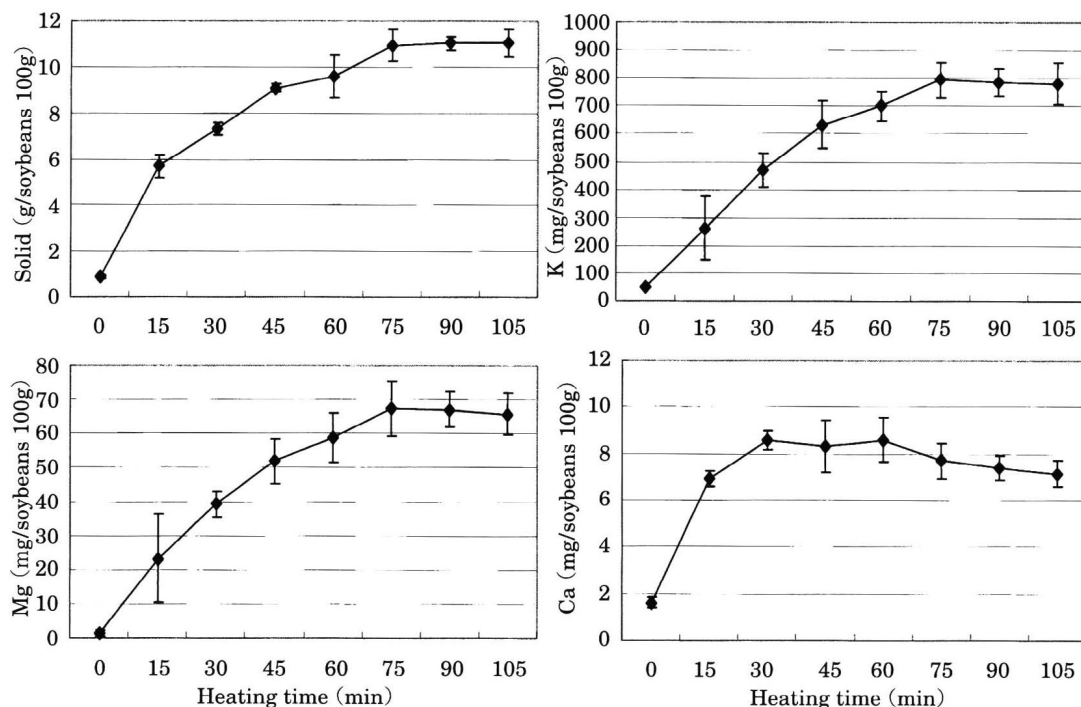


Fig. 5 Changes in solid and mineral contents of soybean cooking solution during cooking

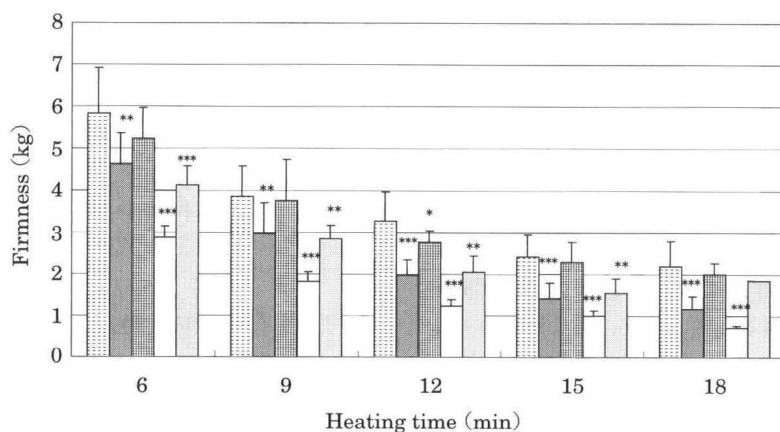


Fig. 6 Firmness of carrots boiled in ion exchanged supernatant of soybean cooking solution and KCl solution

■, water ; ■, supernatant ; ■, decation ; □, deanonion ; □, KCl

KCl solution contains K ion as much as soybean cooking solution contains maximum (400 mg/100 ml). Texture was measured by Rheo meter (FUDOH RHEO METER RT-2010D·D-CW, RHEOTECH).

Significant differences from the control (water) in each time were evaluated by t-test, * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

の低下度が最も大きかったのは KCl 溶液であった。脱陽イオン溶液で加熱した場合、脱陰イオン、KCl、上澄の各溶液で加熱した場合より硬く、水とはほぼ同じ硬さだったのは、これらの溶液より pH が低く、軟化促進剤のカリウムイオンも硬化促進剤のカルシウムイオンも除かれたためと考えられる。脱陰イオン溶液で加熱したものの軟化度が著しいのは、pH がもっとも高く、軟化促進作用のあるカリウムイオンが多いことが関与していると考えられる。脱陰イオンより KCl 溶液のほうが硬いのは、Cl イオンが共存

していること、⁹⁾ 加熱中に pH が低下することの影響があると考えられる。KCl 溶液の加熱前後の pH の低下度は最も大きかったが、上澄、脱陰イオン、脱陽イオンの pH の低下度は小さく、水の pH はわずかに上昇した。

凝集性は、Fig. 7 に示すように脱陰イオン溶液で加熱したもので低下が著しかったが、KCl 溶液ではほとんど低下せず、水と同程度であった。この原因は加熱中の pH 低下を伴う Cl イオンの影響か、脱陰イオン溶液中に存在する他の成分の影響によるかはさらに検討する必要がある。

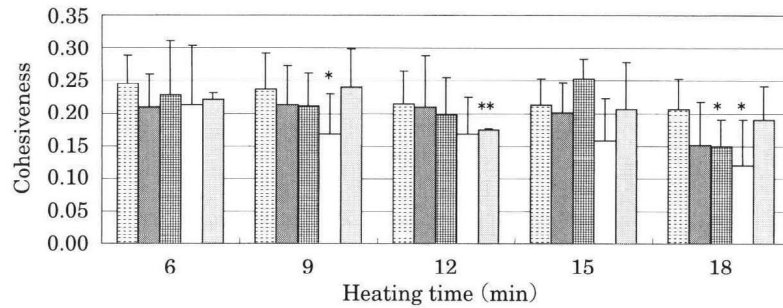


Fig. 7 Cohesiveness of carrots boiled in ion exchanged supernatant of soybean cooking solution and KCl solution

Symbols and the texture measurements : See Fig. 6.

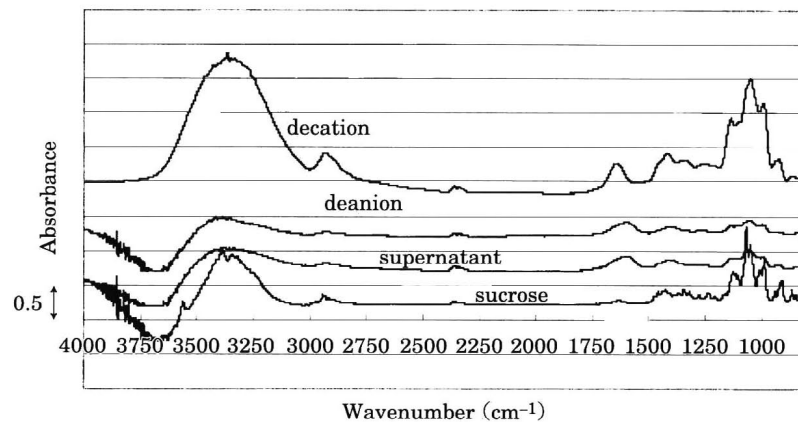


Fig. 8 IR spectrum of each fraction (drawing part) of soybean cooking solution

これらのことから、大豆茹で汁中の加熱軟化促進効果の主なものは従来、加熱軟化促進することが知られているカリウムイオン⁴⁾の作用と考えられるが、カリウム以外の加熱軟化を促進する陽イオン物質あるいは中性物質が、また、加熱軟化を抑制する陰イオン物質あるいは中性物質が存在する可能性が考えられる。ダイズを温水に浸しておくと、フィチン態リンが減少する¹⁷⁾ことが知られている。今回、フィチンに関する実験には触れなかったが、上澄、陽イオン画分および陰イオン画分には、フィチン酸濃度にしてそれぞれ約0.2, 0.09, 0.05%のフィチンが流出していた。強いキレート作用をもつフィチン酸や緩衝能の強いフィチン酸塩の影響については今後検討する必要がある。

5. 大豆茹で汁中の有機成分

上澄をイオン交換したものの乾燥固形物の回収率は、それぞれ、脱陽イオン79.3%, 脱陰イオン91.5%であった。これらは未処理の上澄と同様に多くの固形物を含んでいた。4の結果から大豆茹で汁上澄中には、金属イオン以外にも加熱軟化に影響を及ぼす因子が存在する可能性が考えられたので、IR分光法により脱イオン処理したこれらの画分に含まれる成分を検討した。KBr錠剤法によるIRスペクトルの結果をFig. 8に示す。脱イオン両画分お

よび未処理上澄とも蔗糖のスペクトルと類似のパターンとなり、塩以外のほとんどは糖であると考えられる。即ち、脱陽イオン画分には陰イオンと糖などの中性水溶性物質が、脱陰イオン画分には陽イオンと同じく糖などの中性水溶性物質が含まれていると考えられる。

そこで、カリウム以外にどのような物質が大豆茹で汁による加熱軟化促進に関与しているかを探るために、KCl溶液に脱陽イオン画分を添加し、茹で汁上澄および脱陰イオン画分とともにニンジンの加熱軟化試験を行い、比較した。

Fig. 9に示すように10分、20分加熱とも、軟化度はKCl溶液+脱陽イオン画分<KCl溶液<KCl溶液+上澄画分<KCl溶液+脱陰イオン画分の順であった。KCl溶液に上澄画分や脱陰イオン画分を加えると軟化が促進するのは、カリウムイオンが多いためと考えられる。KCl溶液に脱陽イオン画分を加えると軟化が抑制されるのは大豆茹で汁中に軟化抑制効果のある物質を含んでいるためと考えられるが、このことについては、さらに検討が必要である。

要 約

大豆茹で汁による植物性食品の加熱軟化促進作用の因子

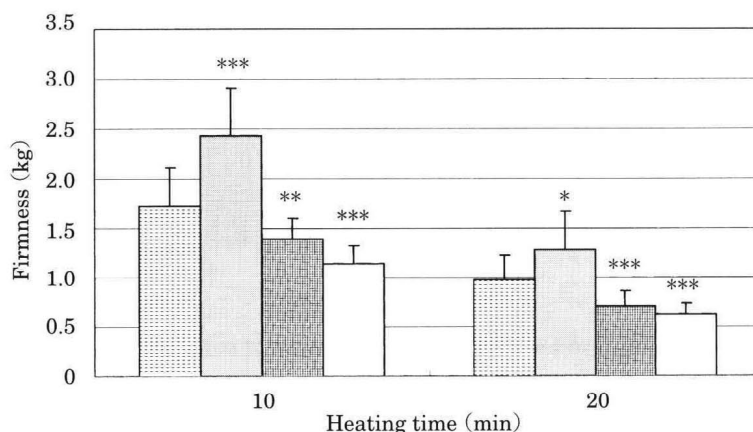


Fig. 9 Firmness of carrots boiled in KCl solution mixed with decationized supernatant

▨, KCl ; □, KCl+decation ; ▤, supernatant ; □, decation

Texture was measured by Rheo meter (FUJIOH RHEO METER RT-2010D-D-CW, RHEOTECH). Significant differences from the control (KCl) in each time were evaluated by t-test, * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

を調べる目的で大豆茹で汁の加熱軟化促進作用を検討し、以下の点を明らかにした。

1) ニンジンの加熱軟化は水で加熱した場合硬さの低下が主な原因であるが、大豆茹で汁で加熱した場合は硬さの低下に著しい凝集性の低下を伴った。

2) 大豆茹で汁のニンジン加熱軟化促進因子は、低温での上澄画分に存在した。

3) 大豆茹で汁上澄には、カリウムが多量に含まれ、次いで、マグネシウム、カルシウムであった。このうち、カリウムはダイズ添加によるニンジン加熱軟化促進因子のひとつと考えられる。

4) 大豆茹で汁上澄を脱陽イオン処理した画分には、ニンジンの加熱軟化促進効果を抑制する物質が含まれる。この物質についてはさらなる検討が必要である。

文 献

- 1) 洲上倫子, 野菜を加熱調理したさいの軟化の難易とペクチン質との関係, 家政誌, **38**, 465-472 (1987).
- 2) 新田ゆき, ジャガイモおよび他の野菜果実類のペクチン質に及ぼす予加熱の効果, 家政誌, **26**, 173-176 (1975).
- 3) 洲上倫子, 調理のさいのだいこんの軟化とペクチン質の変化との関係, 家政誌, **37**, 1029-1038 (1986).
- 4) Sterling, C, Effect of solutes and pH on structure and firmness of cooked carrot, *J. Food. Technol.*, **3**, 367-371 (1968).
- 5) 後藤重芳, 河上敦子, 高祖美紀子, 調理による野菜のペクチン質の変化 (第1報) 中性または酸性で野菜を加熱調理したときのペクチン質の変化, 家政誌, **20**, 235-238 (1969).
- 6) 洲上倫子, 野菜の軟化に及ぼす加熱時の pH の影響, 栄食誌, **36**, 219-224 (1983).
- 7) Tamura, S., Kawamura, C., Senda, T. and Fuchigami, M., Effects of Various Salts on the Softening of Cooked Japanese Radish Roots and on the Fine Structure of Parenchyma Cell Wall after Cooking, *J. Home Econom-*

ics. Japan, **44**, 633-641 (1993).

- 8) Fuchigami, M., Sasaki, A., Sanmoto, A., Tamura, S. and Okuda, H., Effects of Various Chlorides on Softening of Cooked Japanese Radish Roots and on the Pectic Composition after Cooking, *J. Home Economics. Japan*, **44**, 643-648 (1993).
- 9) Fuchigami, M., Tamura, S. and Okuda, H., Effects of Cations and Anions on the Softening of Cooked Japanese Radish Roots and on the Pectic Composition after Cooking, *J. Home Economics. Japan*, **44**, 649-654 (1993).
- 10) 田村咲江, 野菜の煮熟軟化の機構について (第2報) ゴボウの煮熟軟化性と柔組織における細胞壁の特徴—ダイコンとの比較において—, 家政誌, **40**, 995-1002 (1989).
- 11) 田村咲江, 野菜の煮熟軟化の機構について (第3報) タケノコとダイコンの管束部の煮熟による形態変化, 家政誌, **40**, 1003-1009 (1989).
- 12) 科学技術庁資源調査会, 五訂日本食品標準成分表, 「五訂日本食品標準成分表」, 科学技術庁資源調査会編, (大蔵省印刷局, 東京), 60-61 (2000).
- 13) Saio, K., Koyama, E. and Watanabe T., Protein-Calcium-Phytic Acid Relationships in Soybean Part I. Effects of Calcium and Phosphorus on Solubility Characteristics of Soybean Meal Protein, *Agric. Biol. Chem.*, **31**, 1195-1200 (1967).
- 14) Kumagai, H., Shizawa, Y., Sakurai, H. and Kumagai, H., Influence of Removal and Structural Modification on the Calcium-binding Properties of Soybean Globulins, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **62**, 341-346 (1998).
- 15) Fuchigami, M., Relationship Between Pectic compositions and the Softening of the Texture of Japanese Radish Roots During Cooking, *J. Food Sci.*, **52**, 1317-1321 (1987).
- 16) Sasaki, A., Kishigami, Y. and Fuchigami, M., Firming of Cooked Sweet Potatoes as Affected by Alum treatment, *J. Food Sci.*, **64**, 111-115 (1999).
- 17) Beleia, A., Thu Thao, L.T. and Ida, E.I., Lowering Phosphorus by Hydration of Soybeans, *J. Food Sci.*, **58**, 375-388 (1993).

(平成 15 年 8 月 5 日受付, 平成 15 年 12 月 17 日受理)