

# 簡便な軟化食材製造方法の開発

武春美\* 水木淳子\*\* 小林晃\*\* 池田雅和\*\*

高齢化社会において、嚙む力、飲み込む力の弱い高齢者に向けた食べやすい食品が求められている。高齢者施設や病院では、高齢者向けの刻み食やペースト食があるが、食品の外形が維持されておらず、QOL (quality of life)の低下を招いている。現在、減圧下で酵素含浸して食材を軟化する方法などが開発されているが、専用の装置と技術習得が必要となる。そこで、簡便な酵素処理による外形が維持された軟化食材の開発を行った。軟化処理を行う食品素材はレンコンを使用し、ボイル・凍結・解凍後にカットし、濃度3.0%の酵素液で処理を行った。その結果、硬さの値は $10^6$  N/m<sup>2</sup>オーダーから $10^5$  N/m<sup>2</sup>オーダーまで低下した。さらに、この酵素液に濃度0.6%のNaClを加えて処理した結果、硬さはおよそ $3 \times 10^4$  N/m<sup>2</sup>まで低下し、ユニバーサルデザインフードの区分2(歯ぐきでつぶせる)に該当した。また、濃度0.6%のNaClは調味に影響しないため、この手法は外形を維持した軟化食材の製造に有効であることが示された。

キーワード: 高齢者向け食品, レンコン, 酵素処理, 塩化ナトリウム, ユニバーサルデザインフード

## Development of an Easy Production Method for Soft Food Materials

Harumi TAKE, Junko MIZUKI, Akira KOBAYASHI and Masakazu IKEDA

In aging societies, there is a need for easy-to-eat foods for the elderly with weak chewing and swallowing abilities. There are chopped and paste meals at facilities for the elderly and hospitals, however the original shapes of the foods are not preserved, causing a decline in QOL. Methods of softening foods by impregnating them with enzymes under reduced pressure have been developed, but these require specialized equipment and technical training. Therefore, we developed a soft food material that maintained its shape, using a simple enzymatic treatment. The food material to be softened was lotus root. After boiling, freezing and thawing, the lotus root was cut and treated with the enzyme solution at a concentration of 3.0%. As a result, the hardness value decreased from the order of  $10^6$  N/m<sup>2</sup> to  $10^5$  N/m<sup>2</sup>. In addition, sodium chloride at a concentration of 0.6% was added to the enzyme solution, resulting in a decrease in hardness to approximately  $3 \times 10^4$  N/m<sup>2</sup>, which corresponds to category 2 (can be crushed with gums) of Universal Design Food. Since sodium chloride at a concentration of 0.6% did not affect the flavor, this method was shown to be effective in the production of soft food materials that maintained their external shape.

Keywords: foods for elderly, lotus root, enzymatic treatment, sodium chloride, Universal Design Foods

### 1. 緒 言

高齢化社会において、摂食・嚥下障害者の増加により<sup>1)</sup>、嚙む力・飲み込む力の弱い高齢者に向けた「食べやすさに配慮した食品」<sup>2)・6)</sup>が求められている。石川県内においても、高齢者施設や病院等では、摂食機能に合わせて健常者食の形状を変化させた「刻み食」や「ペースト食」等が取り入れられてきた。しかし、これらの加工法によるものは、見た目が良くないため、喫食者の満足感を得られず、生活の質(quality of life :

QOL)が低下する原因となっている。この状況を改善するために、安全で健常者食と見た目に大差のない軟化食材の製造方法が開発されてきた<sup>7)・9)</sup>。このような軟化食材の製造は、減圧下での酵素含浸<sup>7)・8)</sup>や糖アルコールと酵素の併用処理<sup>9)</sup>など食材内部への酵素の浸透性を高める工夫がなされている。前者の方法は、減圧下で食材内部へ酵素含浸するための専用設備の導入と技術習得が必要となり、県内の小規模施設での実施は容易ではない。一方、後者の方法は、専用設備の導入と特別な技術習得を必要としない簡便な方法であるが、高濃度の糖アルコールを添加するため、調味への影響

\*化学食品部 \*\*ヤクルト薬品工業(株)

を考慮して献立を作成する必要がある。

そこで、本研究では、専用設備を使用しない酵素処理と調味に影響を与えず野菜類の煮熟軟化への効果が報告されている塩化物処理<sup>10)・14)</sup>とを併用することで、外形が維持された軟化食材の開発について検討を行った。

## 2. 実験方法

### 2. 1 試料及び試料調製

試料は、通常の調理方法で煮熟軟化しにくい根菜類のうち、構造が不均一で軟化後の形状維持が難しいとされるレンコン(平成27年度産の市販品)を用いた。レンコンの軟化工程を図1に示す。工程の①～③における試料の調製は、レンコンの皮を剥き、沸騰水中で30分間加熱後、流水で冷却した。凍結は、 $-20^{\circ}\text{C}$ の冷凍庫で16時間静置し、室温で半解凍後、厚さ10mmの輪切りにし、軟化処理用試料とした。

### 2. 2 軟化処理液の作製

工程④で使用した軟化処理液は、混合酵素または混合酵素と塩化物3種類(NaCl, KCl,  $\text{MgCl}_2$ : いずれも和光純薬(株)製の特級)をそれぞれ蒸留水に溶解し、酵素濃度3.0%, 塩化物濃度0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0%となるように調製した。ここで、酵素は、表1に示す食品用酵素(ヤクルト薬品工業(株)製)3種類の混合物を使用した。なお、処理液のpHは、6~7の中性領域であった。

表1 酵素の種類と至適条件

区分	製品名	至適 pH	至適温度 $^{\circ}\text{C}$
ペクチナーゼ	マセロチームA	5.0	45
セルラーゼ	セルラーゼY-NC	4.0	60
グルコアミラーゼ	ユニアーゼK	4.5-5.5	50-55

### 2. 3 軟化処理液の浸漬及び酵素反応

工程④に示す軟化処理液の浸漬は、輪切りにしたレンコンを軟化処理液とともに耐熱用パウチに入れ、 $4^{\circ}\text{C}$ の冷蔵庫で16時間静置した。その後、酵素処理として、パウチを $45^{\circ}\text{C}$ に設定した恒温槽で1時間反応させた後(工程⑤)、パウチを沸騰水中で10分間加熱することで、酵素失活させた(工程⑥)。さらに、流水下で冷却し(工程⑦)、軟化レンコンを作製した。

### 2. 4 軟化食材の硬さの評価

硬さの評価は、レオメーター((株)サン科学製, CR-

500DX)を用いて、厚さ10mmに調製した試料を直径20mmのプランジャーで圧縮速度10mm/sec, クリアランスを試料厚さ30%の3mmとして測定した。なお、塩化物の評価については、RHEONER II ((株)山電製, RE2-33005C)を用い、同様に測定した。また、測定は $n=3$ または $n=6$ で実施し、平均値及び標準偏差を示した。得られた結果は、日本介護食品協議会が定める自主規格「ユニバーサルデザインフード(以下, UDF)」<sup>15)</sup>の基準に従い、「歯ぐきでつぶせる」分類に該当する区分2(硬さの上限値 $5 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ 以下)を硬さの目標値とした。

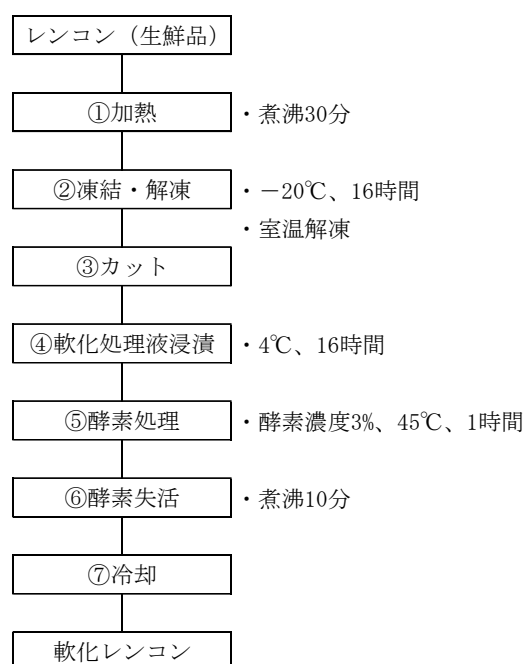


図1 レンコンの軟化工程

## 3. 結果及び考察

### 3. 1 混合酵素による軟化の検討

酵素の効果を調べるため、塩化物無添加の軟化処理液を用いて図1の軟化工程を行った。各軟化工程における硬さを図2に示す。

生鮮品のレンコンの硬さは、 $10^6 \text{ N/m}^2$ オーダーであったのに対し、工程①の加熱により $10^5 \text{ N/m}^2$ オーダーに低下した。これは、加熱時の煮汁が中性領域であったことより、ペクチンの結合がトランスエリミネーション( $\beta$ -脱離)によってグルコシドが開裂し、細胞壁との結束性が弱まり、レンコンの組織が軟化したものと考えられる<sup>16)</sup>。その後、工程②で凍結・解凍することで、硬さがやや低下し、多孔質で弾力のある質感とな

った。この硬さと質感の変化は、凍結によりレンコンの内部に氷結晶が生成され、細胞組織が損傷したものと考えられる<sup>17)</sup>。さらに、工程⑤の酵素処理では、硬さの値が $1 \times 10^5$  N/m<sup>2</sup>に低下し、外形の維持された軟化食材が得られた。酵素処理における硬さの変化は、それぞれの酵素が持つ性質、すなわち、細胞壁間を接着しているペクチン、レンコンの空洞部分を強固に形成している筒状の薄い膜状の組織、組織中の澱粉の分解によるものと考えられる。また、外形の形状を維持しながら内部まで軟化できたのは、工程①、②によりレンコンの組織に緩みが生じ、工程④で軟化処理液に含まれる混合酵素がレンコンの表面に留まることなく、内部へ均一に拡散したためであると考えられた。

以上の結果より、レンコンの軟化工程で混合酵素を使用することで、外形を維持した軟化レンコンを得られたが、 $5 \times 10^4$  N/m<sup>2</sup>以下の目標達成に至らなかった。そこで、軟化促進を目的に、混合酵素と塩化物の併用処理による効果を検討した。

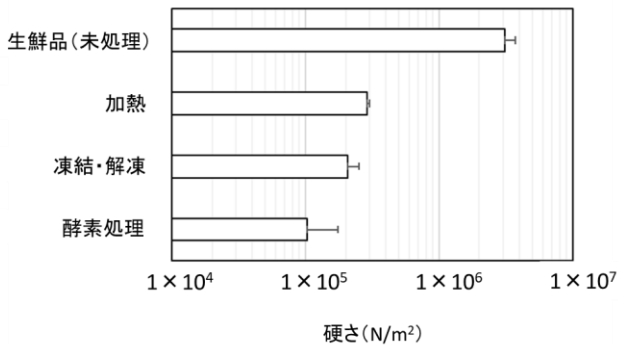


図2 レンコンの軟化工程における硬さの変化  
平均値±標準偏差 (n=3)

### 3. 2 混合酵素と塩化物の併用処理による軟化の検討

工程⑤に示す混合酵素処理において、塩化物の効果調べるため、塩化物3種類(NaCl, KCl, MgCl<sub>2</sub>)を軟化処理液にそれぞれ1.0%となるよう添加し、酵素反応後の硬さを測定した(図3)。その結果、軟化への効果はNaClが最も高く、次いでKCl, MgCl<sub>2</sub>の順であった。レンコンなどの野菜や果実の細胞壁は、多量のペクチンを含んでおり、Ca<sup>2+</sup>イオンによって分子同士が結合し、細胞壁と接着することで、硬さと外形を維持している。よって、Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>による軟化促進は、一価の陽イオンがCa<sup>2+</sup>イオンと置換し溶出することで、細胞壁の結束性が失われるためと考えられる<sup>18)</sup>。なお、Mg<sup>2+</sup>

は、軟化が認められたものの、二価の陽イオンであったため、一価の陽イオンほど効果が得られなかったものと考えられる。

そこで、軟化に最も効果があったNaClの濃度について検討した。

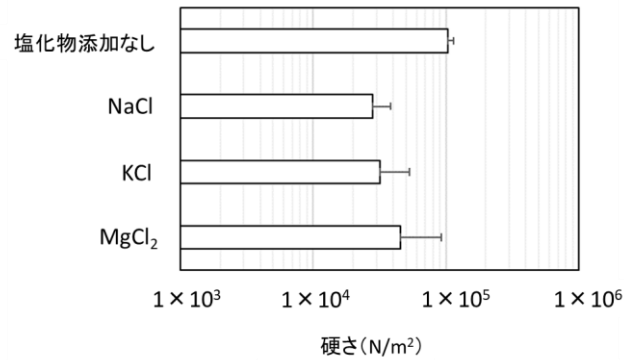


図3 塩化物が硬さに与える影響  
平均値±標準偏差 (n=6)

### 3. 3 混合酵素処理におけるNaCl濃度の検討

混合酵素処理におけるNaCl濃度の検討は、通常使用される食塩(NaCl 99%以上)濃度が、調理食品の完成品で1%程度が適切とされていることから<sup>19)</sup>、調味に影響が少ない1%以下の濃度とした。すなわち、NaCl濃度0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0%について、それぞれ混合酵素濃度3.0%となるように軟化処理液を調製し、処理を行った結果を図4に示す。

濃度0~0.4%は、いずれも硬さの値に低下が認められたものの、 $5 \times 10^4$  N/m<sup>2</sup>以下を達成できなかった。一方、濃度0.6~1.0%では、 $5 \times 10^4$  N/m<sup>2</sup>以下となり、目標とするUDFの区分2の軟化レンコンが得られた。

以上の結果より、添加したNaClは通常の調理に用いられる濃度であり、この手法が調味に影響しない外形

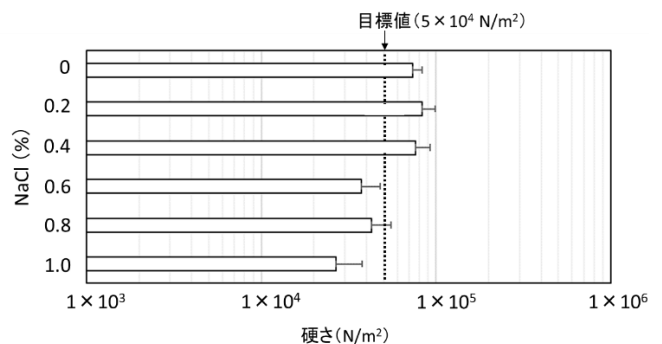


図4 NaCl濃度が硬さに与える影響  
平均値±標準偏差 (n=3)

を維持した軟化食材の製造に有効であることが示された。

#### 4. 結 言

本研究は、専用設備を使用せず、また、調味に影響しない簡便な混合酵素処理により、外形が維持された軟化食材の製造方法の開発について検討し、以下の結果が得られた。

- (1) 加熱、凍結・解凍後のレンコンに酵素処理を行った結果、レンコンの外形を維持し、硬さが $1 \times 10^5$  N/m<sup>2</sup>まで低下した。
  - (2) 酵素処理におけるNaCl濃度について検討した結果、0.6%以上で、硬さが $3 \times 10^4$  N/m<sup>2</sup>まで低下し、UDFの区分2に該当する軟化レンコンが得られた。
- 以上のことから、酵素とNaClを併用利用した簡便な軟化食材の製造方法により、調味に影響せず外形が維持された軟化食材を開発した。今後、この方法を利用し、レンコン以外の食材に対しても検討を行い、QOLの維持・向上に貢献できる高齢者食等への開発に応用していく予定である。

#### 参考文献

- 1) 葛谷雅文. 高齢者の栄養評価と低栄養の対策. 日本老年医学会雑誌. 2003, vol.40, no.3, p.199-203.
- 2) キューピー㈱. “やさしい献立”.  
<https://www.kewpie.co.jp/udfood/>, (参照 2021-07-01).
- 3) フジッコ㈱. “ソフトデリ”.  
<https://www.fujicco.co.jp/softfood/>, (参照 2021-07-01).
- 4) イーエヌ大塚製薬㈱. “あいーと”.  
<https://www.ieat.jp/>, (参照 2021-07-01).
- 5) マルハニチロ㈱. “メディケア食品”.  
<https://www.medicare.maruha-nichiro.co.jp/>, (参照 2021-07-01).
- 6) ㈲フーズ・サプライ・イタミ. “介護食・やわらか食”. <http://www.foods-supply-itami.co.jp/soft/jelly/>, (参照 2021-07-01).
- 7) 広島県. 植物組織への酵素急速導入. 特開2003-284522. 2003-10-7.
- 8) イーエヌ大塚製薬㈱. 軟質化された植物性素材の製造方法. 特開2012-55191. 2012-3-22.
- 9) 三菱商事フードテック(株). 植物性食品素材の軟化方法、軟化製剤、軟化した植物性食品素材およびそれを用いた食品. 特開2013-198481. 2013-10-3.
- 10) Michiko Fuchigami, Sakie Tamura, Hiroe Okuda. Effects of cations and anions on the softening of cooked Japanese radish roots and on the pectic composition after cooking. J. Home. Econ. Jpn.. 1993, vol.44, no.8, p.649-654.
- 11) Sakie Tamura, Chie Kawamura, Takao Senda, Michiko Fuchigami. Effects of various salts on the softening of cooked Japanese radish roots and on the fine structure of the parenchyma cell wall after cooking. J. Home. Econ. Jpn.. 1993, vol.44, no.8, p.633-641.
- 12) Michiko Fuchigami, Atsuko Sasaki, Atsuko Sakamoto, Hiroe Okuda. Effects of various chlorides on the softening of cooked Japanese radish roots and on the pectic composition after cooking. J. Home. Econ. Jpn.. 1993, vol.44, no.8, p.643-648.
- 13) 晴山克枝. じゃがいもの加熱における調味料の添加時期と硬さとの関係. 家政学雑誌. 1985, vol.36, no.11, p.880-884.
- 14) 小西英子, 淵上倫子, 岡本賢一. 調理の際の野菜の硬化, 栄養と食糧.1975, vol.28, no.1, p.44-46.
- 15) 日本介護食品協議会. ユニバーサルデザインフード自主規格 第2版. 日本介護食品協議会, 2011, 30p.
- 16) Peter Albersheim, Hans Neukom, Hans Deuel. Splitting of pectin chain molecules in neutral solutions. Arch. Biochem. Biophys.. 1960, vol.90, no.1, p.46-51.
- 17) 淵上倫子. 冷凍処理による野菜の物性, ペクチン組成, 組織の変化. New Food Industry.1995, vol.37, p.7-14.
- 18) 淵上倫子. 調理・加工による食物物性の挙動と組織に関する総合的研究. 日本調理学会誌. 2013, vol.46, no.2, p.65-74.
- 19) 杉田浩一. 調味料としての食塩. 調理科学. 1981, vol.14, no.2, p.76-80.