

冷凍による野菜の軟化と高齢者向け食品への応用

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2020-02-10 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 安藤, 真美, 北尾, 悟, 畠中, 芳郎 メールアドレス: 所属:
URL	https://osaka-shoin.repo.nii.ac.jp/records/4437

冷凍による野菜の軟化と高齢者向け食品への応用

健康栄養学部 健康栄養学科 安藤 真美
健康栄養学部 健康栄養学科 北尾 悟
(地独) 大阪産業技術研究所 畠中 芳郎

要旨：食の多様化に伴い、卵や野菜類など従来冷凍保存に適さないとされていた食材の冷凍品を使った調理例が多く紹介されている。今回、野菜類を冷凍した場合の物性の変化を解析し、高齢者向け食品としての応用の可能性を探った。あわせてえん下困難者用食品許可基準適合性についても検討した。

冷凍後茹でた場合、生のまま茹でた場合よりも破断応力が約 3 分の 1 となった。透過型電子顕微鏡観察の結果より、細胞壁に亀裂が生じることが一因と推察された。また、冷凍後 3 分茹でた場合、破断応力は未凍結で 5 分茹でた場合とほぼ同等であるなど、調理時間の短縮が可能と考えられた。一方、破断変形は約 2 倍となり、冷凍後に茹でた場合、官能検査より食感が悪いという結果となった。急速冷凍した場合は破断変形が低くなったことから、冷凍条件を考慮することで食感を改善させることが可能と推察された。さらに、調理試料の塩分濃度の結果から、冷凍後茹でた方が、生のまま茹でるよりも味がしみ込み易くなることが示唆された。

日本摂食嚥下リハビリテーション学会で作成された「嚥下調整食分類 2013」に照合した結果、今回の冷凍茹で条件の中で、コード 4、つまり、形態として「かたさ・ばらけやすさ・粘りつきやすさなどのないもの」「箸やスプーンで切れるやわらかさ」という最も軟らかいものという評価の調理試料が得られた。

キーワード：野菜、冷凍、軟化、高齢者

I 緒言

従来、家庭での食品冷凍は、冷凍できるものが限定されるとされていた。凍結することによって食品は、多くの物理的、化学的な変化は著しく阻止できるが、食感の変化やドリップの流出によるうま味や栄養成分の損失、さらにはタンパク質の凍結変性など好ましくない問題も生じるため、特に殻付き卵や葉物野菜は冷凍に適さないとされていた¹⁾。

しかし、現在では殻付き卵や葉物野菜の冷凍も推奨されており、2015 年に出版された「生のままベジ冷凍²⁾」には葉物野菜である小松菜などは、冷凍により 3~4 週間の保存が可能であると表記されている。また自然解凍でもそのままおひたしとして食べることが出来るなど、冷凍野菜によって調理が簡便になることも表記されている。つまり、冷凍を行うことで『栄養価が落ちずにいつもよりぐんと長持ち』、『凍ったまま調理できる』などの利点が数多く示されている。

また、「冷凍卵でらくうまレシピ³⁾」では、冷凍の卵の特徴について『もちもちでクリーミーな舌ざわり』

『卵は冷凍できないと考えられてきたが、おいしく保存もきく』『冷凍することで固形となるため包丁で切ったり刻んだりできる』『冷凍にはコッが必要ない』などの冷凍卵の利点が示されている。食の多様化に伴い、冷凍による食品の変化も利点として考えるようになったためであると推察される。

本研究では食品冷凍が見直されている現在の食文化において野菜の軟化作用に着目した。家庭で野菜類を冷凍した場合の調理特性、特に物性面について明らかにし、高齢者向けの自宅調理が可能な軟化食品としての有効性を調べることにした。

あわせて「嚥下調整食分類 2013⁴⁾」との嚥下調整食としての適合性についても考察した。

II 方法

1. 試料および前処理

試料として北海道産のニンジンを使用した。ニンジンの上部および下部をそれぞれ 5 cm 切り落とした中央部を 1 cm または 0.5 cm 厚さのちょう切りとし

た。生のサンプル、生のものをそのまま茹でたサンプル、 -18°C で24時間冷凍したものを茹でたサンプルの3種類に関して比較検討した。以下、それぞれ「生」「生茹」「冷凍茹」とする。茹で時間は1、3、5分とし、茹で汁の塩分濃度を0、0.75、1.5% (w/w) と変化させた。茹で際の食塩水の量はどちらもニンジン重量の15倍である。さらに参考として厚さ1 cm、茹で汁食塩濃度0%の条件で急速凍結後加熱した場合についても検討した。真空パックした各試料を -18°C の99%エタノールに浸漬し急速冷凍した。その後の加熱条件は予備実験を経て 100°C 1分とした。

2. 重量残存率

加熱後重量 (g)/生の重量 (g) $\times 100$ の式に代入して重量残存率 (%) を求めた。

3. 物性

レオメーター RE2-33005S (山電、東京) の破断強度解析ソフトを用いて破断応力 (物質が破断する際にかかる力の大きさ) および破断変形 (物質が破断される際の変形量) を測定した。プランジャーは円柱形 (直径3 mm) を用い、格納ピッチ 0.05 sec、測定歪率 70.0%、測定速度 10 mm/sec の条件で測定した。測定部分による誤差を防ぐため、測定箇所は統一した (図1)。

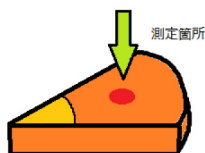


図1 ニンジンの物性測定箇所

4. 塩分濃度

各試料をセラミックすりおろし器ですりおろし、ろ過した汁の塩分量をデジタル塩分計 (ES-421、ATAGO) を用いて測定した。

5. 透過型顕微鏡 (TEM) 観察

2%グルタルアルデヒド溶液 (0.1 M リン酸緩衝液, pH 7.2) に1日以上浸漬して固定した試料をカミソリの刃で $1\times 1\times 3\text{ mm}$ の小片を切り出し、1% (w/v) オスミウム酸による固定を行った後、50~100% (v/v) エタノールによる脱水を行い、エポキシ樹脂 (Quetol 651, 日新 EM) に包埋した。次に樹脂ブロックからウルトラミクロトーム (Ultracut UCT, Leica) を用

いて厚さ 90 nm の超薄切片を作成し、透過型電子顕微鏡 (JEM-2100, JEOL) により加圧電圧 100 kV で観察した。

6. 官能検査

厚さ1 cm のニンジンに塩分濃度 0.75% (w/w) の茹で汁を用いて茹で時間を1、3、5分とした条件で調製した試料について官能検査を行った。パネルは、官能検査の経験があり、研究の趣旨およびアレルギー調査に同意した大阪樟蔭女子大学健康栄養学部健康栄養学科の学生22人 (21.7 ± 0.8 歳) をとした。各試料は白いプラスチック製の皿 (直径10 cm) にそれぞれ2切れずつのせて提示した。外観に関する項目は食べる前に評価することとした。評価は、外観、噛みやすさ、食感、味の染み込み具合、飲み込みやすさ、総合評価の6項目とした。各々9段階 (-4 (とても悪い) ~ +4 (とても良い)) の評点法とした。また、それぞれを食べた印象を書く欄を設けた。

7. 統計処理

試料の調製は3回行い、重量残存率、物性、塩分濃度の結果は平均値 $\pm$ 標準誤差で示した。各種データの有意差検定は、統計解析ソフトエクセル統計 ver.3.20 (BellCurve) を用いて行った。コントロールとそれ以外を比較する検定にはDunnett法による多重比較検定を行った。官能評価の有意差検定は、studentのt検定を行なった。検定の有意水準は5%とした。

III 結果および考察

1. 重量残存率

図2に厚さ1 cm、図3に厚さ0.5 cm のニンジンを用いて調理した結果を示した。全体的に、生茹に比べ冷凍茹の方が値は低く、茹でる前と比べ軽くなっていた。生茹の場合、茹で汁の塩分濃度が高くなるほど軽くなる傾向を示し、その変化は0.5 cm になるとより顕著であった。

冷凍茹において、茹で汁の塩分濃度による違いははっきりとした傾向は見られなかった。また、茹で時間による影響は、生茹の場合も冷凍茹の場合も大きな差はみられなかった。

参考として急速冷凍した場合の結果を図4に示した。急速冷凍を行うことで、重量残存率は通常冷凍よりも有意に高値を示した。

冷凍してから加熱を行うことで重量残存率が低くなったのは、冷凍解凍時に、ニンジンの細胞壁が破壊され

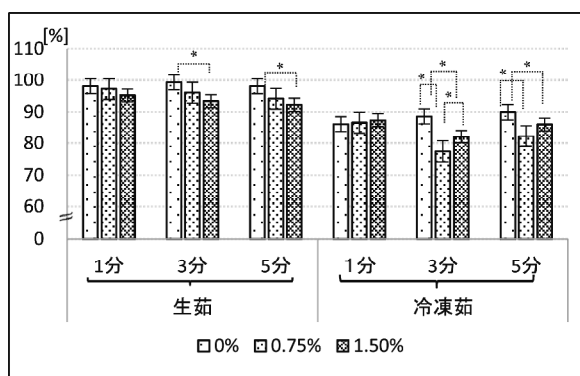


図2 ニンジン(厚さ1 cm) 茹で調理後の重量残存率
平均土標準誤差 (n=6)
茹で汁の塩分濃度: 0、0.75、1.50% (w/w)
茹で時間: 1、3、5分
*は有意な差があることを示す ($p<0.05$)

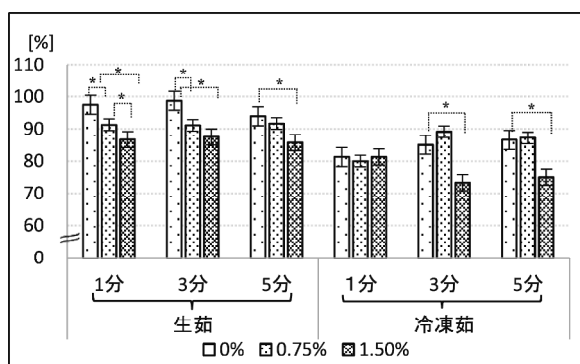


図4 急速冷凍後加熱処理ニンジン（厚さ1 cm）の重量残存率
平均±標準誤差（n=6）
*は有意な差があることを示す（ $p<0.05$ ）

生成を抑制させたことで、細胞壁の破壊が防がれた⁵⁾ためであると考えられた。

[illegible]

傾向を示したが、破断変形は生茹と冷凍茹との差が1 cm の場合に比べ小さくなった。

これらの結果から冷凍したにんじんを茹でた場合、軟化に関しては、味付けの有無に関係なく調理時間の短縮が可能ということが明らかとなった。日本摂食嚥下リハビリテーション学会で作成された「嚥下調整食分類 2013」によると、硬さの値から最も軟らかいものは、コード4、つまり、形態として「かたさ・ばらけやすさ・粘りつきやすさなどのないもの」「箸やスプーンで切れるやわらかさ」である。コード4にあてはまる調理試料は、厚さ1 cm の場合も0.5 cm の場合も冷凍後茹で汁塩分濃度0.75 および1.5% (w/w) を用いて3分および5分の茹で時間のものではあった。

さらに、急速冷凍加熱後のニンジンの破断応力を図9に、破断変形を図10に示した。急速冷凍では、破断応力は通常の冷凍を行った場合よりも高値を示した。一方破断変形は冷凍に比べ急速冷凍は低値を示した。

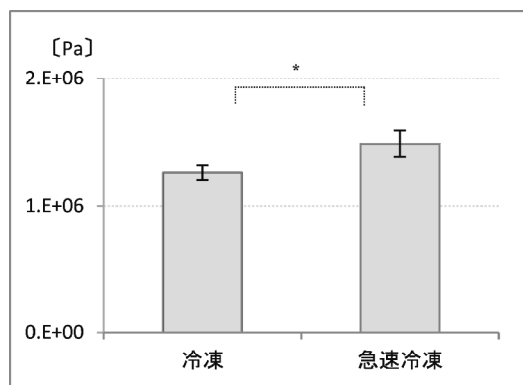


図9 異なる凍結解凍条件下での破断応力
平均±標準誤差 (n=6)
茹で汁の塩分濃度：0% (w/w)
*は有意な差があることを示す ($p < 0.05$)

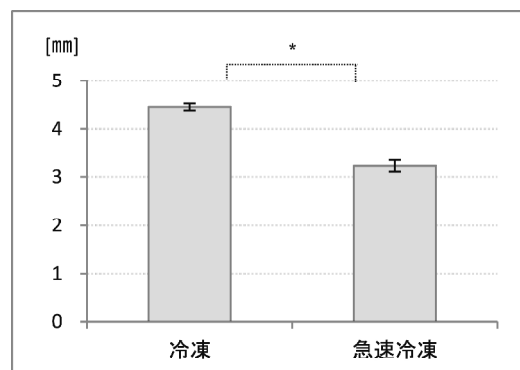


図10 異なる凍結解凍条件下での破断変形
平均±標準誤差 (n=6)
茹で汁の塩分濃度：0% (w/w)
*は有意な差があることを示す ($p < 0.05$)

破断応力は物質が破断する際にかかる力の大きさをPaで表したものであり、値が高いほど硬いということを示す。急速冷凍をした時の方が細胞壁の損傷が少なく組織の維持がされているためドリップ量も少なく値が高かったと考察している。一方、通常の冷凍においては時間をかけ凍結することで氷結晶が大きくなり細胞壁を損傷させ組織が軟らかくなったと言えよう。

また破断変形は物質が破壊される際の変形量をmmで表したものである。物質が軟らかいほど高値を示しやすくなる傾向にはあるが、一概に高ければ軟らかいという訳ではなく、破断変形が高くなることは、物性がスポンジのように破断しにくいということも示し、噛みちぎりにくくなる可能性もある。今回の結果から、どの加熱条件においても通常冷凍で破断変形が高値を示したのは細胞壁の損傷により水分が漏出したことで、破断する際に必要な力は少なくなったものの、噛みちぎりにくい可能性があることを示している。したがって急速冷凍は食感への影響を減らす改善策として有効であると考えられるが、設備投資の課題もあり、今後、凍結条件の検討が必要である。

3. 冷凍茹で調理後のニンジン塩分濃度

冷凍茹で調理後のニンジン塩分濃度の結果を図11、12に示した。それぞれの有意差を表5および6に示した。厚さ1 cm (図11)、厚さ0.5 cm (図12) ともに茹で時間が長いほどニンジンの塩分濃度は高くなり、また、生茹に比べ、冷凍茹の方が濃度は高くなった。茹で汁の塩分濃度をあげると味のしみ込みやすさはより顕著となった。この結果よりニンジンを冷凍させて茹でた場合、味がしみ込みやすくなることが明らかとなった。茹で時間が長いほど塩分濃度が高くなること

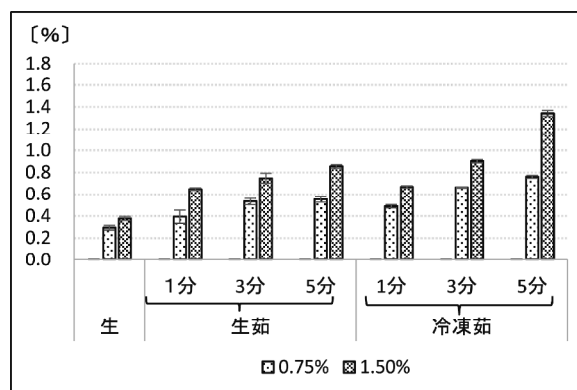


図11 ニンジン (厚さ1 cm) 茹で調理後の塩分濃度
平均±標準誤差 (n=6)
茹で汁の塩分濃度：0.75、1.50% (w/w)
茹で時間：1、3、5分

表5 ニンジン（厚さ1 cm）茹で調理後の塩分濃度の有意差
* ($p<0.05$)

		生						生茹						冷凍茹					
		1分		3分		5分		1分		3分		5分							
		0.75	1.50	0.75	1.50	0.75	1.50	0.75	1.50	0.75	1.50	0.75	1.50	0.75	1.50	0.75	1.50		
生	0.75																		
	1.50	*																	
1分	0.75	*																	
	1.50	*	*	*															
生茹 3分	0.75	*	*	*	*														
	1.50	*	*	*	*	*													
5分	0.75	*	*	*	*	*	*												
	1.50	*	*	*	*	*	*	*											
1分	0.75	*	*	*	*	*	*	*	*										
	1.50	*	*	*	*	*	*	*	*	*									
冷凍茹 3分	0.75	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*								
	1.50	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*							
5分	0.75	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*				
	1.50	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		

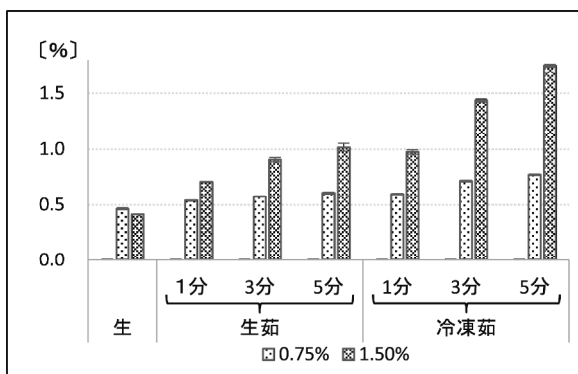


図12 ニンジン（厚さ0.5 cm）茹で調理後の塩分濃度
平均±標準誤差 (n=6)
茹で汁の塩分濃度：0.75、1.50% (w/w)
茹で時間：1、3、5分

表6 ニンジン（厚さ0.5 cm）茹で調理後の塩分濃度の有意差
* ($p<0.05$)

		生						生茹						冷凍茹					
		1分		3分		5分		1分		3分		5分							
		%	0.75	1.50	0.75	1.50	0.75	1.50	0.75	1.50	0.75	1.50	0.75	1.50	0.75	1.50			
生	0.75																		
	1.50	*																	
1分	0.75	*	*																
	1.50	*	*	*	*														
生茹 3分	0.75	*	*	*	*	*													
	1.50	*	*	*	*	*	*												
5分	0.75	*	*	*	*	*	*	*											
	1.50	*	*	*	*	*	*	*	*										
1分	0.75	*	*	*	*	*	*	*	*										
	1.50	*	*	*	*	*	*	*	*	*									
冷凍茹 3分	0.75	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*								
	1.50	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*							
5分	0.75	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
	1.50	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			

から、味のしみ込みやすさは塩分濃度、茹で時間が関係していると推察された。さらに冷凍茹の方が味はしみ込みやすいという結果から、冷凍と加熱により細胞壁が破壊され、味がしみ込みやすくなったと推察された。

4. 透過型電子顕微鏡画像

茹で汁塩分濃度0.75% (w/w) において、生茹5分と冷凍茹5分の透過型電子顕微鏡の画像を比較した。それぞれの画像を図13、14に示した。

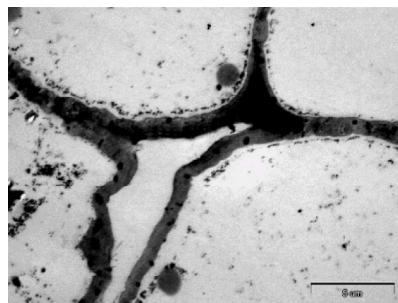


図13 TEM観察（生茹5分）

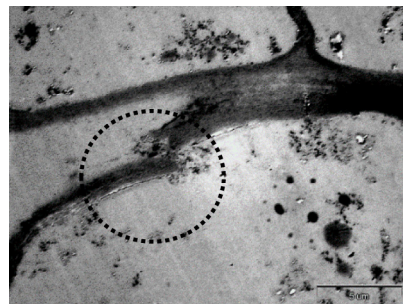


図14 TEM観察（冷凍茹5分）

冷凍茹5分では、破線円で示したように細胞壁が冷凍により破壊されている箇所が散見された。この結果から加熱や凍結により細胞壁は破壊されやすくなることがわかった。重量残存率（図2）の値が低かったのは、このことが原因となり水分が漏出されたためであると推察された。さらに、物性の軟化（図5）や味のしみこみやすさ（図11）も関連性が推察された。

5. 官能検査

厚さ1 cmのニンジンに塩分濃度0.75% (w/w)の茹で汁を用いて茹で時間を1、3、5分とした場合の試料について官能検査を行った。

茹で時間1分（図15）では、冷凍茹が有意に好まれた項目は、「軟らかさ」、「味の濃さ」、「総合評価」であった。生茹の場合はまだ十分に加熱されないため、硬く、「軟らかさ」や「噛みやすさ」の面で評価が悪かった。そのため、総合評価では冷凍茹が有意に好まれたと考えられた。しかし、冷凍茹の場合も「噛みやすさ」は決して評価が良くなかった。自由記述でも「口の中に残る」や、「繊維質である」などの意見が得られた。これは、破断変形（図6）が大きかったため、

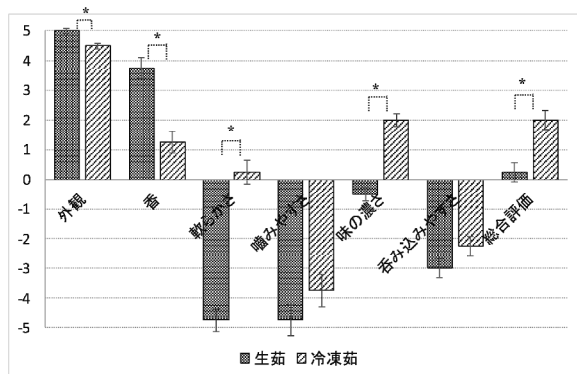


図 15 官能検査（茹で時間 1 分）
平均±標準誤差（n=22）
*は有意な差があることを示す（ $p<0.05$ ）

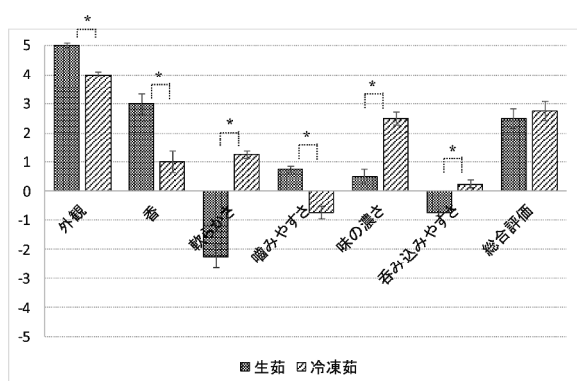


図 16 官能検査（茹で時間 3 分）
平均±標準誤差（n=22）
*は有意な差があることを示す（ $p<0.05$ ）

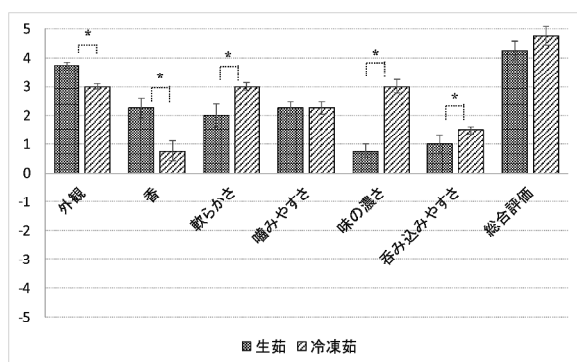


図 17 官能検査（茹で時間 5 分）
平均±標準誤差（n=22）
*は有意な差があることを示す（ $p<0.05$ ）

軟らかいが食感が悪いということになると考えられた。

茹で時間 3 分（図 16）になると、生茹でも十分加熱されるため、軟らかさおよび噛みやすさの評価が上昇した。冷凍茹の場合も、1 分に比べて軟らかさおよび噛みやすさの評価が上昇したが、噛みやすさの課題が残り、総合評価において生茹と有意な差はなくなった。

茹で時間を 5 分（図 17）の場合、冷凍茹の「噛みやすさ」が改善され、総合評価において生茹と有意な差はなかった。以上の結果より、物性の破断変形が茹で時間の延長に伴い低下したと関連があり、食感改善につながると考えられた。

IV まとめ

ニンジン一旦冷凍後、茹で調理をした場合、生のまま茹でた場合よりも時短調理や味が浸透しやすいなどのメリットがあることが明らかとなった。顕微鏡観察の結果より、細胞壁に亀裂が生じることが一因と推察された。しかし官能検査の結果より、繊維が残り、食べづらいというデメリットがあった。その改善策として、厚さを薄くする、茹で時間を長くする、急速冷凍が有効であると考えられた。

さらに、日本摂食嚥下リハビリテーション学会で作成された「嚥下調整食分類 2013」から、今回の結果では、最も軟らかいもので、コード 4 の段階、つまり、形態として、「かたさ・ばらけやすさ・粘りつきやすさなどのないもの」「箸やスプーンで切れるやわらかさ」であった。

今後は、野菜の冷凍による栄養素、特に水溶性ビタミン等の検討を含め、さらに他の冷凍方法・加熱方法や食材を検討し、より嗜好性の高い軟化食品の調製およびえん下困難者用食品基準との適合性を検討することが課題となると考えられた。

V 謝辞

本研究の遂行にあたりご協力いただきました大坂樟蔭女子大学健康栄養学部健康栄養学科調理学研究室の教務助手、卒業研究生の皆さまに感謝申し上げます。

VI 参考文献

- 1) 加藤舜郎，食品冷凍の理論と応用，（1966），光琳書院，東京
- 2) 島本美由紀，もっと野菜を！生のままベジ冷凍時短！節約！おいしくなる新常識，（2015），小学館，東京
- 3) 若宮 寿子，節約＆保存に！冷凍卵でらくうまレシピ，（2015），宝島社，東京
- 4) 日本摂食・嚥下リハビリテーション学会医療検討委員会，「日本摂食・嚥下リハビリテーション学会嚥下調整食分類 2013」，（2013），日摂食嚥下リハ会誌 17 (3)：255-267

- 5) Kobayashi, R., Kimizuka, N., Suzuki, T., Watanabe, M., Effect of supercooled freezing methods on ice structure observed by X-ray CT. (2014), Proc. 3rd IIR International Conference on Sustainability and the Cold Chain, London, UK., p. 174.

Softening of Vegetables by Freezing and the Applicability to the Food for Senior Citizens

Faculty of Health and Nutrition, Department of Health and Nutrition

Mami ANDO

Satoshi KITAO

Osaka Research Institute of Industrial Science and Technology

Yoshiro HATANAKA

Abstract

Due to the diversification of food products, there are now many cooking suggestions using frozen ingredients such as eggs and vegetables, which traditionally were considered unsuitable for freezing. The present study analyzed the changes in the physical properties of frozen vegetables and assessed their potential use as food products for elderly people. We also investigated the compatibility with the standard of food for people with dysphagia.

The breaking stress of vegetables that were frozen and then boiled was approximately one-third that of vegetables that were boiled raw. Observations by transmission electron microscope suggested that cracks in the cell walls may have been a contributing factor. The breaking stress of frozen vegetables boiled for 3 min was approximately the same as that of unfrozen vegetables boiled for 5 min, suggesting the possibility of shortening cooking time. However, the breaking strain almost doubled and the sensory evaluation of vegetables boiled after freezing indicated they had poor texture. Breaking strain decreased when the vegetables were flash frozen, suggesting that food texture may be improved by considering the freezing conditions. The salt concentration of the cooking samples suggested that boiling after freezing enhanced the absorption of flavors compared to simply boiling raw vegetables.

According to the “Dysphagia Diet Criteria 2013” developed by the Japanese Society of Dysphagia Rehabilitation, the cooking samples prepared under ‘freeze then boil’ conditions in the present study were code 4, the softest form that is “not hard, does not fall apart and is not sticky” and it was “soft enough that it can be cut with chopsticks or a spoon”.

Keywords: vegetables, freezing, softening, senior citizens