

野菜への塩味付与に真空包装処理を利用した新規調理法に関する研究

大田原 美保¹, 熊谷 美智世²

¹ 大妻女子大学家政学部食物学科, ² 東京聖栄大学

概要

調味液と食材を専用袋に入れてチャンバー式真空包装機で包装(以下, 真空包装処理)をすると, 減圧の際に食材内部の空隙から気体が放出され, 常圧に戻る際の圧力勾配によって調味液が食材内部に浸入する。本研究では調味液を伴う真空包装処理による野菜内部への塩味付与効果と処理後の野菜の性状を明らかにし, 従来の細胞膜の半透性消失によらずに生野菜に塩味を付与する新規調理法の検討を行った。

成型した試料を NaCl 水溶液とともに専用袋に入れて真空包装処理を行った。対照はポリエチレン製袋に試料と NaCl 水溶液を入れたもの(以下, 常圧包装処理)とした。包装処理後, 経時的に試料を取り出し測定に用いた。測定は包装処理前後の試料の質量, 一軸圧縮試験による力学物性(レオメーター), NaCl 濃度(電位差滴定装置), 有効空隙率(調味液浸入に有効な試料内部の空隙の割合)とし, 共焦点レーザー顕微鏡および X 線 CT スキャンにより組織観察を行った。

ダイコン試料を野菜細胞液の低張から高張に相当する NaCl 水溶液(0.5~1.5%)で包装処理した際の質量変化は, 常圧包装処理ではいずれの溶液でもわずかであったが, 真空包装処理では顕著に増加しており, 細胞間隙に溶液が浸入したことが顕微鏡観察により確認された。NaCl 水溶液浸入に伴い試料の NaCl 濃度は真空包装処理の方が常圧包装処理よりも高く, 生野菜への塩味付与効果が期待できた。

浅漬けを想定してダイコン試料を 3%NaCl 水溶液とともに真空包装処理すると試料の NaCl 濃度は浅漬けとして適度な値(1.1~1.4%)に処理後 3 時間で達したが, 常圧包装処理では 0.8%であり, 真空包装処理による調味時間短縮効果が明らかとなった。さらに真空包装処理試料は, 処理前に対する質量減少が常圧処理の約 1/4 と少なく, 溶液浸入による脱水抑制が認められた。力学物性測定によって真空包装処理試料は処理直後では脱気によりやや張りを失うが, 処理後もその状態を維持し, 処理後 3 時間ではむしろ常圧包装処理試料よりも張りのあるテクスチャーであると考えられた。ナス, カブ, キュウリへも真空包装処理を適用したところ, 試料の塩分濃度はナスが高くキュウリは低く, 有効空隙率がナス 40%, キュウリ 6%という違いに対応した。試料内部の空隙の割合や状態が真空包装処理の有効性に重要であることが明らかとなった。以上より, 細胞膜の半透性消失を伴うことなく生野菜への塩味付与の手段として真空包装処理は有用であり, 調味液浸入によって張りのあるテクスチャーを保持しつつ浅漬けができるという新規調理が可能といえる。

1. 研究目的

生野菜は細胞膜の半透性により, 野菜内部に適度な塩味をつけることが難しい。野菜の浅漬けでは, 食塩を加えた調味液に浸漬して野菜を高張液下におくことで, 細胞膜を損傷させ, 半透性を消失させてから拡散によって呈

味成分を食材内部に付与する。しかし時間を要するうえ, 野菜からの脱水により食感も大きく変化してしまう。

我々はチャンバー式真空包装機を用いて NaCl 水溶液と野菜を真空包装することにより, これまでとは異なる方法で野菜に塩味を付与する検討を行ってきた。真空包装は食品の保存や真空調理の工程で利用されてい

る包装方法の一つである。JIS 規格では「内容物の充填時に容器から空気を吸引排気して密封し、物品の変質などを防止することを目的とする包装。容器には、ガスバリア性の優れた包装材料を用いる」と定義されている¹⁾。真空包装機にはノズル式とチャンバー式がある。ノズル式は食材を入れた袋にノズルを差し込み、単に脱気が行われるだけである。それに対し、チャンバー式真空包装機による包装では、専用の袋に食材のみまたは調味液を加えてセットすると、チャンバー内と袋内の空気が吸引され、ほぼ真空(真空度 99.9%)に達した段階で袋がシールされ、その後チャンバー内が常圧に戻って包装が終了する。減圧から常圧に戻る際に圧力勾配が生じることから、食材と調味液を真空包装した場合には、Fito ら^{2), 3)}が真空含浸法で報告している流体力学メカニズムと同様の現象が起こると考えられる(**Fig. 1**)。すなわち食材を液体に浸漬した状態(①)で減圧処理を行うと、食材の空隙にあった気体が膨張してその一部が食材から放出し(②)、常圧に戻る際に空隙に残存していた気体が急激に収縮し、同時に外液が食材中に浸入し(③)、調味できると推察される。したがって、野菜の組織内に空隙があればチャンバー式真空包装機を用いた包装により、溶液が野菜の空隙に浸入し、短時間で調味できると考えられる。さらに、短時間に調味が終了すれば野菜からの脱水も少なく、これまでとは異なる新しい食感の漬け様食品となる可能性がある。

そこで本研究では調味液を伴う真空包装処理を利用した野菜内部への塩味付与効果と処理後の野菜の性状を明らかにし、細胞膜の半透性消失によらずに生野菜に塩味を付与する新規調理法の検討を行った。

2. 研究方法

2.1 試料調整

2.1.1 試料の成型

ダイコン、カブ、ナスおよびキュウリを実験当日に特定の小売店より入手した。ダイコンは体軸方向に両端を約 10 cm ずつ切断し、中心部を直径 3 cm、高さ 1 cm または 2 cm の円柱に成型した。カブは体軸方向に約 1 cm ずつ切断し、中心部を直径 4 cm、厚さ 1.5 cm の円柱にした後、半分に切断して半月型に成型した。ナスおよびキュウリは体軸方向に直角に切って厚さ 1.5 cm の円状に成型して野菜試料とした。

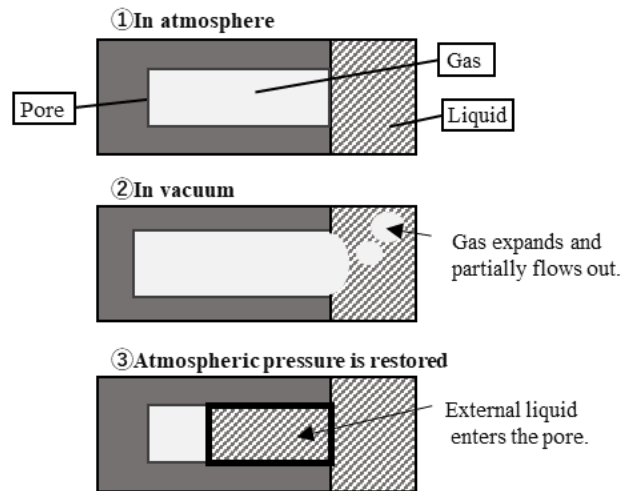


Fig 1. A model of the hydrodynamic mechanism

P. Fito et al (1996), J. Food Eng, 27, 229-240³⁾ 改変

2.1.2 溶液の調整

塩味を付与する調味液として塩化ナトリウム(和光純薬, 特級)と蒸留水を用いて 0.5%~5%(w/w)水溶液を調製した。試料の等張液に相当する NaCl 水溶液濃度は、野菜の浸透圧の文献値⁴⁾からファントホッフの式より求め、ダイコン 0.85%、カブ 0.90%、ナス 0.90%、キュウリ 0.77%とした。

2.1.3 真空包装処理および常圧包装処理

真空包装処理は成型した野菜試料を、試料質量の 3 倍量の調味液とともに専用の真空包装用フィルム(MICS 化学, NY-1, 縦 200 mm, 横 100 mm, 厚さ 0.07 mm)に入れ、真空包装機(東静電気, 卓上型自動真空包装機 V-280A)を用いて真空度 99~99.9%, 真空時間 60 秒で真空包装処理を行った(以下、真空包装処理試料と称す)。対照として真空包装処理と同様に野菜試料と調味液をポリエチレン製の袋(縦 190 mm, 横 100 mm, 厚さ 0.03 mm)に入れて常圧下で空気を抜き、開口部を閉じた試料(以下、常圧包装処理試料と称す)を用いた。なお、両包装処理を行わず野菜を成型しただけのものを未処理試料と称す。真空包装処理, 常圧包装処理はそれぞれの処理直後(0 時間)から 24 時間まで経時的に袋を開封して野菜試料を取り出し、各種測定に用いた。なお、袋を開封するまでは 20°C で保存した。

2. 2 測定方法

2. 2. 1 質量変化率

常圧包装処理および真空包装処理前後の野菜試料の質量を測定して以下の式により試料の質量変化率を求めた。

$$\text{質量変化率(\%)} = \{(\text{処理後質量}-\text{処理前質量}) / \text{処理前質量}\} \times 100$$

2. 2. 2 野菜試料の NaCl 濃度および塩分濃度

野菜試料の中心部を含めて直径 1.5 cm, 高さ 1 cm の円柱に成型し, この未処理試料および等張液による真空包装処理試料を用いた。X 線 CT 装置 (TXS-34500FDFHS, マイクロフォーカス管) により撮像し, 画像解析 (myVGL, Volume Graphics 社) を行った。スキャン条件を次に示す。

管電圧: 120 kV, 管電流: 70 FA

3. 研究結果及び考察

3. 1 真空包装処理による NaCl 水溶液浸入効果

3. 1. 1 真空包装処理による試料の質量および NaCl 濃度の変化

野菜内部への調味液の浸入を確認するため, ダイコン試料に対して 0.5% NaCl 水溶液 (低張液に相当),

0.85% NaCl 水溶液 (等張液に相当), 1.5% NaCl 水溶液 (高張液に相当) を調味液に用い, 包装処理直後の質量変化率および NaCl 濃度を求めた。

Fig. 2 にダイコン試料の質量変化率と NaCl 濃度の測定結果を示した。質量変化率について, 常圧包装処理を行った場合, 0.5% NaCl 水溶液を用いた場合は微増傾向を示した一方, 1.5% NaCl 水溶液では減少傾向を示した。真空包装処理の場合は, いずれの濃度でも質量は増加した。常圧包装処理では浸透圧差によって, 低張液に相当する 0.5% NaCl 水溶液の場合は吸水が生じ, 高張液に相当する 1.5% NaCl 水溶液の場合には脱水が生じたと考えられる。一方, 真空包装処理の場合には, 浸透圧差の影響を相殺しても包装処理による NaCl 水溶液浸入効果が大きいと考えられた。

ダイコン試料の NaCl 濃度について, 0.5% NaCl 水溶液を用いた場合は, 常圧包装処理と真空包装処理の有意差は認められなかったが, 0.85% NaCl 水溶液, 1.5% NaCl 水溶液を用いた場合では真空包装処理のほうが有意に高く, 特に 1.5% NaCl 水溶液では常圧包装処理の約 6 倍の NaCl 濃度となった。質量変化率の結果で示されたように, 真空包装処理による NaCl 水溶液浸入効果によって試料内部の NaCl 濃度が高くなったと推察された。

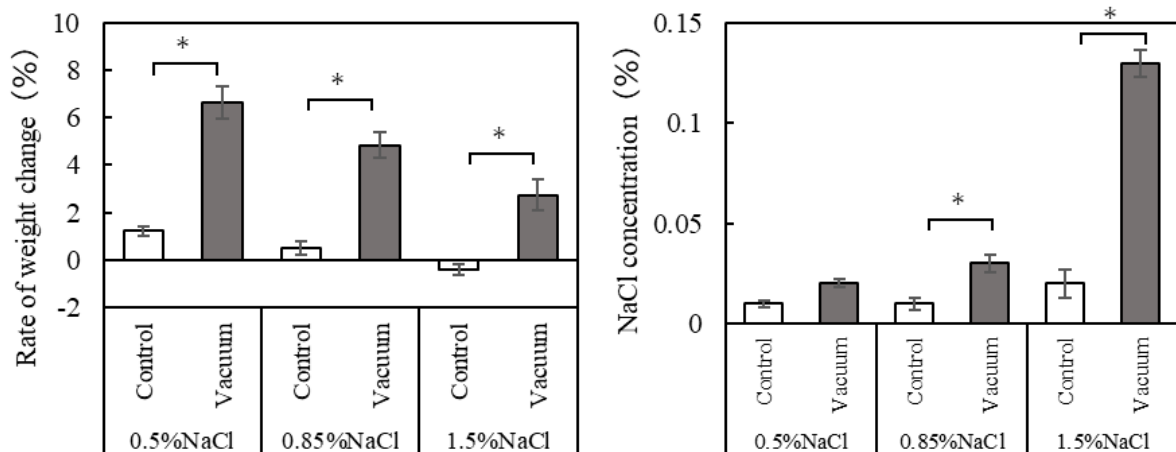


Fig. 2. Rate of weight change and NaCl concentration of Japanese radish packaged in NaCl solution.

Control : The sample was packaged in NaCl solution in atmospheric pressure.

Vacuum: The sample was vacuum-packaged in NaCl solution.

0.5% NaCl: as hypotonic solution, 0.85% NaCl: as isotonic solution, 1.5% NaCl: as hypertonic solution.

* p<0.05 t-test.

3. 1. 2 ダイコン試料の顕微鏡観察

NaCl 水溶液が包装処理により試料内部の空隙に浸入しているかどうかを確認するため、等張液に相当する NaCl 水溶液で包装処理をしたダイコン試料の顕微鏡観察を行った。結果を Fig. 3 に示した。微分干渉観察は屈折率の異なる気体と液体を区別して観察することができ、細胞間隙に気体があれば黒く写り、液体に置換されれば白く写る。すなわち常圧包装処理の場合には NaCl 水溶液は細胞間隙に浸入していないが、真空包装処理を行うことで細胞間隙へも浸入することが確認できた。

3. 2 調理を想定したダイコンの真空包装処理と試料の特徴

野菜に塩味を付与する方法として漬付けがあり、市販の漬け液の NaCl 濃度は 1.9%~3.7% である⁵⁾。真空包装処理の調理への活用検討のため、ダイコン試料について、一般的な漬け液の塩分濃度範囲内である 3% NaCl 水溶液を調味液として真空包装処理を行い、処理後試料の特徴を常圧包装試料と比較した。

3. 2. 1 外観および質量変化

Fig. 4 に真空包装処理および常圧包装処理の後、袋を開封するまでの時間が異なるダイコン試料の外観写真を示した。包装後 24 時間の場合、常圧包装処理では試料の変形が進行し元の形状を保持できなくなっていた。真空包装処理では 24 時間後も試料の変形はわずかで、3% NaCl 水溶液のように調味液としては高濃度であっても形状が保たれることが示された。形状の変化には試料からの脱水の影響が考えられることから包装処理後の試料の質量変化を測定し、結果を Fig. 5 に示した。常圧包装処理では時間とともに質量が減少し、脱水の進行が認められた。真空包装処理の場合も質量の減少は認められたものの、その値は 24 時間後でも常圧包装処理試料の約 1/4 に抑えられた。真空包装処理における試料の質量は高張液による試料からの脱水と真空包装処理による NaCl 水溶液の浸入量が相殺された結果である。質量減少が抑制されていたことより、3% NaCl 水溶液を用いた場合でも真空包装処理により試料内に溶液が浸入し、かつ、その後の脱水が抑制されたと考えられる。真空包装処理では脱気後の常圧への復帰とともに外液の浸入が組織全体に起こることが関与している。

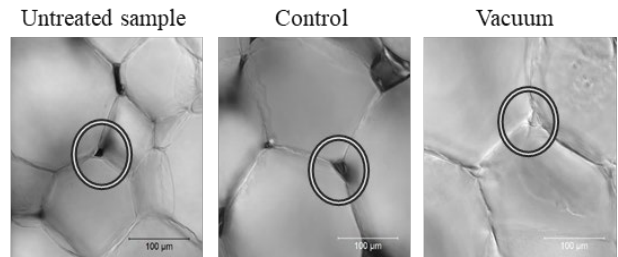


Fig 3. Microscopic image of intercellular spaces in Japanese radish.

Control: The sample was packaged in isotonic solution (0.85% NaCl solution) in atmospheric pressure.

Vacuum: The sample was vacuum-packaged in isotonic solution. Circles in the images indicate intercellular spaces.

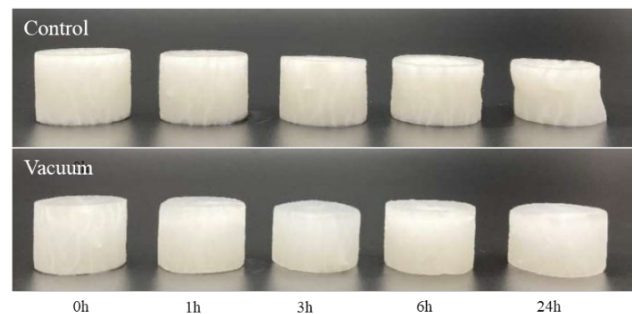


Fig 4. Appearance change over time of Japanese radish packaged in 3% NaCl solution.

Control: The sample was packaged in 3% NaCl solution in atmospheric pressure and subsequently remained packaged.

Vacuum: The sample was vacuum-packaged in 3% NaCl solution and subsequently remained packaged. The samples were kept at 20°C.

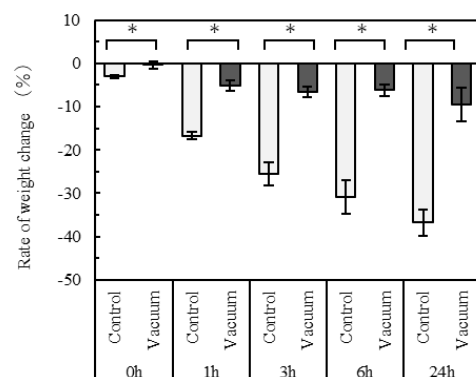


Fig 5. Rate of weight change over time of Japanese radish packaged in 3% NaCl solution.

Control: The sample was packaged in 3% NaCl solution in atmospheric pressure and subsequently remained packaged.

Vacuum: The sample was vacuum-packaged in a 3% NaCl solution and subsequently remained packaged. The samples were placed at 20°C. * p<0.05 t-test

3. 2. 2 ダイコン試料の NaCl 濃度

3% NaCl 水溶液とともに真空包装処理および常圧包装処理後のダイコン試料の NaCl 濃度を Fig. 6 に示した。包装処理直後(0 時間)の NaCl 濃度を比べると、すでに真空包装のほうが常圧包装処理試料よりも有意に高く、以降も真空包装処理試料の方が有意に高かった。さらに、処理後の時間経過によって常圧包装処理との NaCl 濃度差は増大する傾向にあったことから、真空包装処理は処理直後だけでなくその後も塩味付与効果が高いと考えられた。浅漬け野菜の適度な NaCl 濃度は約 1.1%~1.4%とされている⁵⁾。3% NaCl 水溶液を調味液として用いた場合、真空包装処理を行ったダイコン試料の NaCl 濃度が 3 時間後には 1.2%と適度な濃度となったのに対し、常圧包装処理試料では 0.8%と達しておらず、真空包装処理による調味時間短縮効果が明らかとなった。一般に野菜内部への味の付与には細胞膜の半透性消失による呈味成分の拡散現象が関与する。通常の細胞内の浸透圧は 0.85% NaCl 水溶液に相当するとされており、3% NaCl 水溶液は常圧包装処理でも細胞膜の半透性が失われるはずの濃度である。常圧包装処理では 3% NaCl 水溶液の試料内部への浸入とその結果として生じる細胞膜の半透性消失に時間がかかり、3 時間後でも試料中の NaCl 濃度は 0.8% 程度だったと推察される。これに対して真空包装処理では脱気によるダイコン試料内部の空隙の除去と常圧復帰に連動する NaCl 水溶液の試料内部への浸入により NaCl 濃度が増大したと考えられる。加えて十分量の NaCl 水溶液に接したことによる細胞膜の損傷が進み、拡散による効果も大きかった可能性がある。

3. 2. 3 力学物性

真空包装処理試料は処理後の質量減少が抑制されていたことから、ダイコン試料内部に水分が多く保持されており、それがテクスチャーに影響している可能性がある。そこで、各包装処理後のダイコン試料の力学物性測定を行った。Fig. 7 に応力-歪曲線の立ち上がりの傾きである初期弾性率を示した。この値が低いほど噛み始めのテクスチャーが「しんなりとした感じ」であるとされている⁶⁾。初期弾性率は、包装処理直後(0 時間)では常圧包装処理は真空包装処理よりも値が高く、しんなり感の少ない生野菜に近いテクスチャーだった。しかしその後、常圧包装処理試料では経時的に初期弾性率が低下したのに対し真空包装処理試料は変化が小さく、処理後 3 時間

では真空包装処理試料の値が常圧包装処理試料よりも高くなった。すなわち塩味が適度となる 3 時間後では、真空包装処理試料の方がしんなり感が少なく張りのあるテクスチャーを有していると考えられる。

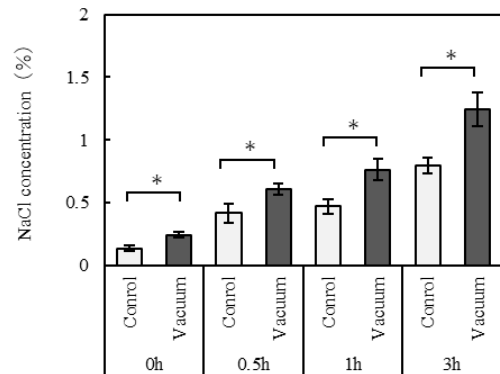


Fig 6. NaCl concentration change over time of Japanese radish packaged in 3% NaCl solution.

Control: The sample was packaged in 3% NaCl solution in atmospheric pressure and subsequently remained packaged. Vacuum: The sample was vacuum-packaged in a 3% NaCl solution and subsequently remained packaged. The samples were placed at 20°C. * p<0.05 t-test

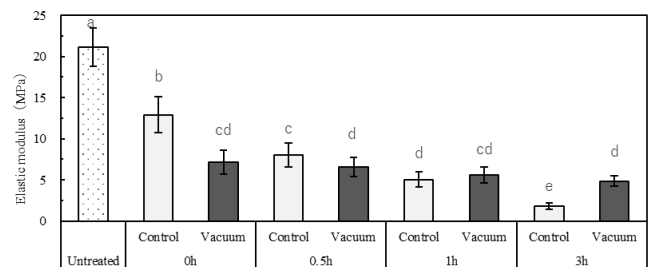


Fig 7. Elastic modulus over time of Japanese radish packaged in 3% NaCl solution.

Control: The sample was packaged in 3% NaCl solution in atmospheric pressure and subsequently remained packaged. Vacuum: The sample was vacuum-packaged in a 3% NaCl solution and subsequently remained packaged. The samples were placed at 20°C.

Different letters indicate significant difference (p<0.05) by Tukey's HSD test.

植物組織のテクスチャーにおいて初期弾性率は細胞膜に由来した変化といわれている⁷⁾。常圧包装処理において経時的に初期弾性率が低下したのは、試料の外側から細胞膜の半透性が消失して脱水が起こり、細胞内の膨圧が低下するという現象が徐々に生じ、その範囲が処理後3時間でかなり広がったと考えられる。一方、真空包装処理においては初期弾性率の経時変化がほとんどないのが特徴であった。真空包装処理直後では組織全体が脱気された後、チャンバー内で常圧に戻す際に細胞壁や細胞間隙に一気にNaCl水溶液が浸入したことが細胞膜に影響して初期弾性率が小さくなったと考えられる。しかし、処理後の試料では複雑に入り組んだ細胞間隙がNaCl水溶液で満たされているために時間が経過しても細胞外への水の流出が起こりにくく、結果として細胞の形状は保持され、初期弾性率の経時変化が小さかった可能性が考えられる。この違いは食した際も明らかであり、従来の塩漬け野菜とは異なる張りのある漬物という新しいテクスチャーを有する漬物への応用が期待される。

以上のダイコン試料を用いた検討において、真空包装処理による試料内部へのNaCl水溶液浸入効果と処理後の質量減少抑制が明らかとなり、短時間で調味が可能で、従来の浅漬けよりも張りのあるテクスチャーを有する浅漬け様食品となる可能性が示された。

3.3 各種野菜への真空包装処理の適用検討

3.3.1 真空包装処理を行った3種の野菜の質量変化

真空包装処理を行ったダイコンの特徴が明らかになったため、次に他の野菜にも真空包装処理を適用し、真空包装処理の影響を調べた。本研究では、浅漬けに用いられることの多いカブ、ナス、キュウリを試料とした。なお、調味時間をさらに短縮する観点から調味液として5% NaCl水溶液を用いた。

Fig. 8 に真空包装処理および常圧包装処理による試料の質量変化を示した。いずれの野菜試料でも、常圧包装処理の場合は処理直後から質量は減少傾向にあり、処理後開封までの時間が長いほど試料の質量減少は大きくなった。真空包装処理では処理直後の試料質量はいずれの野菜も処理前よりも増加傾向にあり、常圧包装処理試料よりも有意に質量増加が大きかった。また、真空包装処理後の時間経過による質量変化は小さかった。これらの結果はダイコン試料による検討と傾向が一致した。一方、真空包装処理による質量変化率の値は野菜により大きく異なり、ナスは処理前質量

の40%近い増加が認められたのに対し、カブ、キュウリは増加率が5%未満にとどまった。特にキュウリは真空包装処理後3時間の質量減少が大きかった。真空包装処理による野菜内部へのNaCl水溶液の浸入や、脱水抑制の効果は野菜によって異なることが示された。これには後述する空隙率が関与しており、断面を見てもスポンジ状のナスは真空包装処理の影響が大きいといえる。

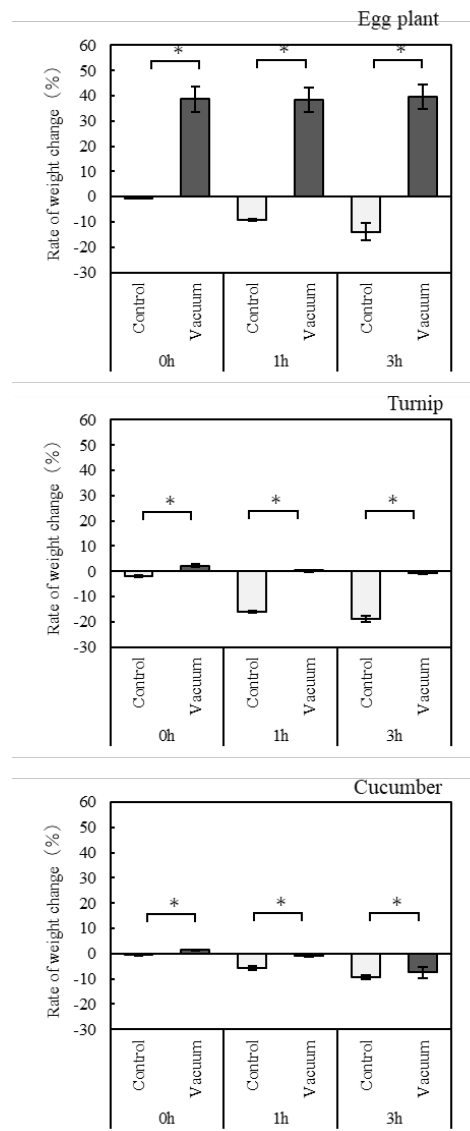


Fig 8. Rate of weight change over time of egg plant, turnip and cucumber packaged in 5% NaCl solution.

Control: The sample was packaged in 5% NaCl solution in atmospheric pressure and subsequently remained packaged. Vacuum: The sample was vacuum-packaged in a 5% NaCl solution and subsequently remained packaged. The samples were placed at 20°C. *p<0.05 t-test

3. 3. 2 真空包装処理を施した3種の野菜の塩分濃度

Fig. 9に真空包装処理および常圧包装処理による野菜試料の塩分濃度を示した。ナスではいずれの処理時間でも真空包装処理の方が塩分濃度は2倍以上高く、カブも真空包装処理の方が高い傾向にあり、ダイコン同様に真空包装処理による調味時間短縮効果が認められた。それに対してキュウリは傾向が異なり、処理後3時間では常圧包装処理の方が塩分濃度は高かった。

以上の結果より、真空包装処理によるNaCl水溶液浸入と塩味付与効果は野菜によって異なることが示された。真空包装処理後の塩分濃度が野菜によって異なることの要因の一つとして、真空包装処理によるNaCl水溶液の浸入量の違いが考えられる。浸入量の野菜による差異には各野菜内部の空隙の存在状態が影響していることが推察される。

3. 3. 3 野菜内部の空隙状態と真空包装処理による調味液浸入量の関係

空隙率には野菜内部に存在するすべての空隙割合を示した真の空隙率と有効空隙率がある。有効空隙率は等張液を用いて真空含浸処理を行った際に溶液が浸入した体積の処理前の食材体積に占める割合であり⁸⁾、調味液浸入効果には有効空隙率が関与すると考えられる^{9), 10), 11)}。Fig. 10に野菜試料の有効空隙率の値を示した。有効空隙率の値はナス>カブ>キュウリの順であり、真空包装処理における質量増加(Fig. 8)や塩分濃度(Fig. 9)と大小の傾向が一致していた。キュウリは有効空隙率が6%と他より明らかに低く、処理後3時間の塩分濃度は常圧包装処理の方が高かったことから、真空包装処理による調味効果を得にくい一方で、ナスは有効空隙率が40%と顕著に大きい野菜であり、真空包装処理による調味効果が大きい野菜といえる。

次に野菜内部の空隙の存在状態を観察するため、X線CTスキャナーで野菜試料の内部を撮像した。Fig. 11に野菜試料中心部の横断面、縦断面について真空包装処理前後の画像を示した。画像の黒い部分が空隙に相当する。真空包装処理前の試料において、ナスは大きな空隙が全体的に見られるスポンジ状の構造で、カブは全体的に小さな空隙が多数見られた。一方、キュウリは種の周辺部分に空隙が認められたものの、それ以外の部分に空隙は少なかった。真空包装処理後はいずれも空隙がほぼ消失しており、NaCl水溶液が空隙に浸入していることが推察された。定性的ではあるが画像に示された空隙の占める割合の大小と有効空隙率の

値(Fig. 10)の傾向は一致しており、野菜内部に空隙の占める割合が大きいことが真空包装処理によるNaCl水溶液浸入量の多さとなり、塩味付与効果とも関連していると推察された。また、NaCl水溶液の浸入には空隙割合や空隙サイズの他に空隙の連結性の関与も大きいとされ、連結性が高い場合は毛細管現象により調味液が浸入しやすいことが報告されている¹²⁾。本研究の画像解析では連結性に関する情報は得られていないため、今後さらなる検討が必要であるが、試料内部の空隙の割合と状態を知る上でX線CTスキャナーによる画像解析は有用であり、特に真空包装処理の有効性を考える上で重要であることが明らかになった。

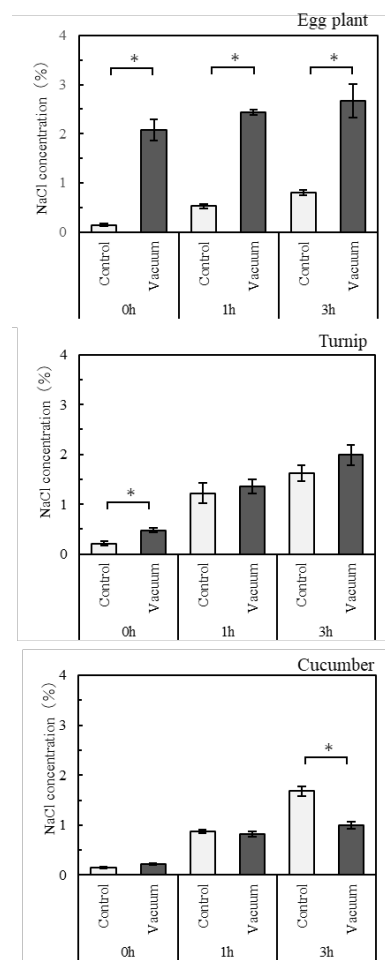


Fig. 9. NaCl concentration change over time of egg plant, turnip and cucumber packaged in 5% NaCl solution.

Control: The sample was packaged in 5% NaCl solution in atmospheric pressure and subsequently remained packaged. Vacuum: The sample was vacuum-packaged in a 5% NaCl solution and subsequently remained packaged. The samples were placed at 20°C. *p<0.05 t-test

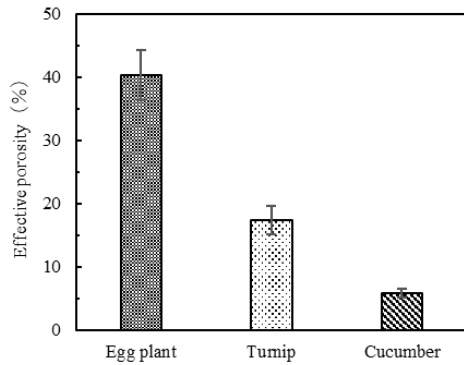


Fig 10. Effective porosity of egg plant, turnip and cucumber.

Effective porosity is the ratio of the volume of isotonic solution that entered the sample when the sample and isotonic solution were vacuum packaged to the original sample volume.

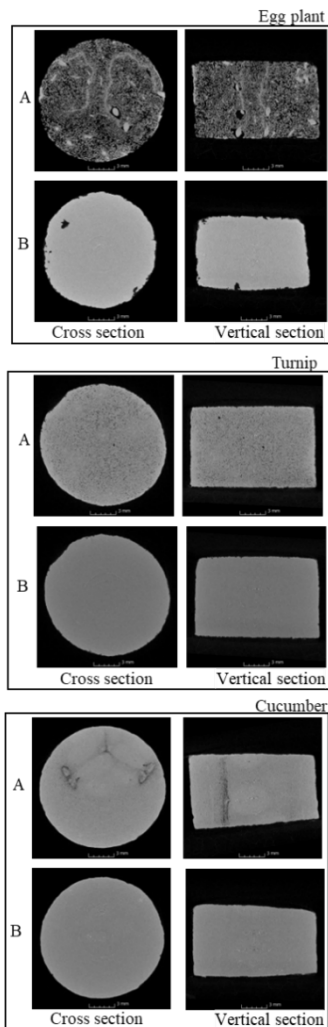


Fig 11. X-ray CT images of egg plant, turnip and cucumber.

A: Untreated sample,
 B: Sample vacuum-packaged in isotonic solution.
 Both cross section and vertical section are in the central part of sample.

4. まとめ

本研究では従来は難しいとされていた生野菜への塩味付与を可能にするための新規調理法の検討として、真空包装処理による塩味付与効果および処理後の野菜の性状を明らかにすることを目的とした。さらに真空包装処理の有効性に影響を与える野菜内部の空隙の存在状態について検討した。

1) ダイコン試料に真空包装処理を行うと、高張液(1.5% NaCl 水溶液)を用いた場合でも、常圧包装処理試料のような質量減少は抑えられた。組織構造観察により NaCl 水溶液は細胞間隙へ浸入していることが推察され、真空包装処理は常圧包装処理よりも塩味の付与効果が大きいことが示された。

2) 実際の調理を想定し、3% NaCl 水溶液を用いてダイコン試料に真空包装処理を行った場合でも試料内部へ調味液を浸入させることができ、短時間で調味可能で従来の浅漬けよりも張りのあるテクスチャーを有する浅漬け様食品を創出できる可能性が示された。

3) 真空包装処理の効果は野菜(カブ、ナス、キュウリ)によって異なることが明らかとなった。有効空隙率測定や X 線 CT スキャン画像より、真空包装処理による塩味付与効果には野菜試料内部に占める空隙の割合が要因の一つであることが示唆された。

5. 文献

1. 日本産業調査会, 日本産業規格 JIS Z0108 包装-用語 1078 真空包装,
<https://www.jisc.go.jp/pdf2/Viewer/4515b509-0bc8-40b5-a8f1-632d0e6a1693/65e4af60-246b-4a24-aa65-a165a0f2036d> (2012)
2. P.Fito, Modelling of vacuum osmotic dehydration of food, *Journal of Food Engineering*, 22, 313-328 (1994)
3. P.Fito, A. Andrés, A. Chiralt, P. Pardo, Coupling of hydrodynamic mechanism and deformation-relaxation phenomena during vacuum treatments in solid porous food-liquid systems, *Journal of Food Engineering*, 27, 229-240 (1996)
4. 大坪藤代, 宮川金二郎, 食塩溶液による野菜の脱水, *日本海水学会誌*, 44, 5, 328-333(1990)
5. 福地由里子, 小菅充子, 漬け物中の食塩濃度, *和洋女子大学紀要 家政系編*, 41, 85-95(2001)
6. 小宮山誠一, 加藤淳, 目黒孝司, 山口敦子, 山本愛子, ダイコンのテクスチャー評価法と浅漬け加工に伴うテクスチャーの変化, *園芸学研究*, 8, 1, 101-107(2009)

7. 安藤寛子, 渡辺学, 大下誠一, 鈴木徹, 生鮮野菜に対する浸透圧脱水凍結法の効果の検討, 日本食品保蔵科学会誌, 34, 5, 9-14(2008)
8. D.Salvatori, A. Andrés, A. Chiralt, P.Fito, The response of some properties of fruits to vacuum impregnation, *Journal of Food Process Engineering*, 21, 59-73(1998)
9. M. Gras, N. Vidal-Brotóns, A. Betoret, Chiralt, P. Fito, The response of some vegetables to vacuum impregnation, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 3, 263-269(2002)
10. M. L. Gras, D. Vidal, N. Betoret, A. Chiralt, P. Fito, Calcium fortification of vegetables by vacuum impregnation : Interactions with cellular matrix, *Journal of Food Engineering*, 56, 279-284(2003)
11. H. Mújica-Paz, A. Valdez-Fragoso, A. López-Malo, E. Palou, J. Welti-Chanes, Impregnation and osmotic] dehydration of some fruits: effect of the vacuum pressure and syrup concentration, *Journal of Food Engineering*, 57, 305-314(2003)
12. B. Schulze, S. Peth, E. Maria Hubbermann, K. Schwarz, The influence of vacuum impregnation on the fortification of apple parenchyma with quercetin derivatives in combination with pore structures X-ray analysis, *Journal of Food Engineering*, 109, 380-387(2012)

Study of a New Cooking Method Using a Vacuum Packaging Treatment to Salt Vegetables

Miho Otawara

Otsuma Women's University

Summary

When ingredients are put into a special-purpose bag filled with seasoning liquid and undergo vacuum packaging using a chamber-type vacuum packaging machine, the air is flow out, and the seasoning liquid evenly permeates inside the ingredients. This is due to the pressure gradient in the decompression process that returns the samples to atmospheric pressure, during which seasoning liquid flows into pores inside the ingredients.

In this study, the effect of seasoning vegetables employing the vacuum packaging treatment (hereinafter referred to as the VP treatment), using seasoning liquid and the properties of the vegetables seasoned by this method were examined to establish a new cooking method to salt fresh vegetables without eliminating the semi-permeability of the cell membrane.

Samples were shaped, put into a special-purpose bag filled with NaCl solution, and processed by the VP treatment. As a control, samples were packaged in a polyethylene bag filled with NaCl solution under atmospheric pressure. After the packaging treatment, the samples were removed from the bag at a set time and used for the measurement. The sample's mass, mechanical property in unconfined compression tests (measured by a rheometer), NaCl concentration (measured by a potentiometric titrator), and effective porosity (the portion of pores inside the samples for effective permeation of the seasoning into ingredients) were measured. Furthermore, sample tissue was observed using a confocal laser scanning microscope and an X-ray CT scanner.

The mass change in Japanese radish samples, treated with NaCl solutions (0.5–1.5%) equivalent to hypertonic from hypotonic for Japanese radish intracellular fluid, was a little with the control treatment for any solution. However, with vacuum packaging treatment, there was a significant increase, indicating successful permeation of the solution into the intercellular spaces, as confirmed by microscopic observation. Owing to the successful permeation of the NaCl solution, NaCl concentration levels in samples that underwent the vacuum packaging treatment exhibited higher levels than those in the controls, showing greater effectiveness in salting fresh vegetables than the conventional methods. Japanese radish samples were processed by the vacuum packaging treatment using a 3% NaCl solution, assuming the preparation of asaduke pickles (lightly salted pickles), and the sample ingredients reached the optimal NaCl concentration level (1.1–1.4%) within three hours after treatment. In contrast, those of the control reached only 0.8% in the same timeframe, exhibiting a cooking time-reducing effect of the vacuum packaging treatment. Moreover, the post-processing mass decrease in the vacuum packaging treatment indicated a significantly low value; it was one-fourth of the control, which demonstrates the dehydration-suppressing effect from solution permeation. Although the mechanical property measurement found that the vacuum-packaged samples slightly lost texture firmness immediately after processing from deaeration, they maintained the initial texture quality afterward and, in three hours, were firmer than the control. Samples of eggplant, turnip, and cucumber were also processed by the vacuum packaging treatment. The NaCl concentration levels were higher in eggplant than in cucumber, and the differences in effective porosity between them

(40% in eggplant and 6 % in cucumber) corresponded to the respective salt concentrations. These analyses demonstrated the significance of the portion and status of pore inside ingredients in the vacuum packaging treatment. The results also showed the effectiveness of vacuum packaging in seasoning fresh vegetables with salt without eliminating the cell membrane's semi-permeability, suggesting the possibility of establishing a new cooking method to salt ingredients while maintaining a firm texture by permeating the seasoning liquid.