

凍結昇圧法を利用した食品開発

藤本 恭史^{*1}

早川 潔^{*2}

河村 眞也^{*3}

【要 旨】

凍結昇圧法を利用して、鶏のささ身、たまねぎ、じゃがいも、にんじん、ごぼう、するめ、いかについて加工を行い、加熱加工とは異なる食感や風味がある食品開発の可能性について検討した。-25℃、1～2晩凍結昇圧処理の結果、鶏のささ身はタンパク質が変性し、調味液による味付けで食品として十分加工されたものができた。たまねぎ、じゃがいも、にんじん、ごぼうは、ほぼ生の状態が強く残り、不十分な加工にとどまった。するめいかは、タンパク質の変性と調味液による味付けで十分な加工ができ、また、生や加熱加工品とは明らかに異なる独特の食感のものができた。調味液の塩分濃度によっては、凍結加工時に調味液が凍結しないことや、圧力が上昇しないことが考えられたが、鶏のささ身を用いた試験では加工状態に塩分濃度による明らかな影響は認められなかった。

1. 緒 言

大気圧のもとで氷点下にすると水は凍結により氷となり膨張する。水を充填し密栓したガラス瓶を冷凍庫で凍結させると割れるのは、水が凍るときの体積膨張によりガラス瓶内壁に高圧が発生することで、ビンが圧力に耐えられなくなるからである。これに類する現象は身近に頻繁に起こっており、実験研究の場だけでなく日常生活も含めて多くの人が体験をしている。冷凍庫中でビール瓶が割れたり、冬の寒い日に水道管が破裂したりするのは、すべて水の体積膨張が原因である。

著者らはガラス瓶の代わりに割れない容器（耐圧容器）を用いれば容器内部に超高圧が発生することを確認し¹⁻⁴⁾、この方法を新規な超高

圧の発生方法として「凍結昇圧法」と名付けた。今回は、これまでに試作した実験用凍結昇圧装置を用いて凍結昇圧法を調理加工方法として利用し、加熱加工品などとは異なる新しい食感や風味のある食品の開発可能性について検討したので報告する。

2. 実験方法

2.1 凍結昇圧装置

ブルドン管方式圧力計付きの凍結昇圧装置（容量770ml）とひずみゲージによる圧力センサー付きの凍結昇圧容器（容量70ml）を使用した。

2.2 凍結昇圧処理

プラスチック製の袋に試料と水または調味液を入れてヒートシールで密栓し、これを凍結昇圧容器に入れ、充填液で容器内を満たして密栓した後、設定温度 -25℃ の冷凍庫内に入れて行った。凍結昇圧処理の圧力測定は、装置に付属

*1 研究開発課技師

*2 研究開発課課長（現在 株式会社福寿園
CHA研究センター）

*3 研究開発課主任研究員

のブルドン管方式圧力計、もしくは、ひずみゲージによる圧力センサーにより行った。

2.3 充填液の圧力への影響

シヨ糖、塩化ナトリウム、硫酸ナトリウムの5%(w/v)、10%(w/v)、15%(w/v)水溶液を凍結昇圧容器の内部を満たす充填液として用いて、-25℃での凍結昇圧時における圧力変化について調べた。

2.4 食材の下準備

食材には、鶏のささ身、たまねぎ、じゃがいも、にんじん、ごぼう、するめいかを用いた。鶏のささ身は、1つずつをそのまま用いた。たまねぎは皮をむき、縦に4つ切りにしてから1枚ずつ分離して用いた。じゃがいもは皮をむき、2~3cm大に切って用いた。ごぼうは皮をむき、長さ5cm程度で縦に4つ切りにして用いた。にんじんは皮をむかず、2~3cm大に切って用いた。するめいかは、足と胴とエンペラの3部分に分け、足とエンペラはさらに2等分、胴は4等分にし、半分を当日処理し、残りの半分は1日調味液に漬けた後、処理した。

2.5 食材加工用の調味液

食材の加工試験用調味液には、しょう油、ブドウ糖、食塩、みりん、かつおだし、こんぶだしを成分とする濃縮調味料を希釈して用いた。

塩分影響の確認試験には、5倍に希釈したしょう油60mlに食塩1.8g、3.6g、5.4gを加えて食塩濃度の異なる液を作り用いた。塩分濃度は、5倍希釈しょう油が3.5%、食塩を1.8g、3.6g、5.4g添加したものが6.5%、9.5%、12.5%となる。

3. 結果と考察

3.1 溶質の成分と濃度による圧力への影響

水に溶質を溶かすと凝固点降下が起こるが、凝固点降下など溶質が凍結昇圧に及ぼす影響については不明である。調味液には糖分や塩分などが含まれるので、凍結昇圧加工に影響があると考えられる。そこで充填液に水溶液を用いて圧力の変化について調べた。

シヨ糖、塩化ナトリウム、硫酸ナトリウム水溶液の3種共に最大圧力は純水の240MPaと比較して低い値となった。シヨ糖水溶液は5%(w/v)が227MPa、10%(w/v)が220MPa、15%(w/v)が212MPaと濃度に比例して低下し、塩化ナトリウム水溶液では5%(w/v)が166MPa、10%(w/v)が114MPaと大きな圧力の低下が認められた。しかし、硫酸ナトリウム水溶液では、5%(w/v)が225MPa、10%(w/v)が224MPaと濃度による影響は認められなかった。これらの違いは、溶質が水に溶解している状態が異なることと凍結濃縮が原因と考えられる。シヨ糖は分子内極性、塩化ナトリウムは電離、硫酸ナトリウムは水和物形成により水に溶けているが、塩化ナトリウムで凍結濃縮が顕著に起き、シヨ糖、硫酸ナトリウムでは凍結濃縮が起こりにくいと考えられる。濃縮された溶液が冷凍温度で凍結しない濃度に達した時点で圧力上昇は止まるため、低い値になる。実際、凍結昇圧終了後に速やかに取り出した氷の中央に塩化ナトリウム水溶

表1 充填液と最大到達圧力(単位:MPa)

	濃度	5%(w/v)	10%(w/v)	15%(w/v)
シヨ糖水溶液		227	220	212
塩化ナトリウム水溶液		166	114	測定不可
硫酸ナトリウム水溶液		225	224	-

塩化ナトリウム15%(w/v)は、装置から液漏れが発生し、測定不可能

液では大きな非凍結部分があったが、シヨ糖水溶液と硫酸ナトリウム水溶液にはなかった。

3.2 調味液による食材の凍結昇圧加工

3.2.1 鶏のささ身

濃縮調味料を3倍、6倍、9倍に希釈した調味液と水のみ4種類について、40時間凍結昇圧処理を行った。4種類ともタンパク質の変性により変色し、生とは明らかに異なる状態となった。食感は柔らかく弾力があり、臭いもなかった。味の濃さと外観上の色を除いて調味液濃度による差は感じられなかった。調味液による味付けも十分出来ていた。

3.2.2 野菜

濃縮調味料を3倍に希釈した調味液を用いて20時間凍結昇圧処理を行った。

たまねぎは、薄皮で調味液の浸透が妨げられ、切り口部分からのみ調味液の浸透がみられた。全体的に透明感があり柔らかくなったが、凍結による組織の損傷によるものと思われる

じゃがいもは、ほぼ生の状態であり、外周部が弾力のある状態になったが、内部は硬い状態であり、青臭さが残っていた。

にんじんは、少し茹でた状態に近く、さくっとした感じが残っているが全体的に柔らかくなった。

ごぼうは、柔らかくなったが風味は生であり、灰汁による苦みが強く感じられた。

野菜は、全体的に凍結昇圧加工では加工が不十分であり、凍結による組織の損傷も受けていると感じる結果となった。凍結昇圧法は、構造上から緩慢冷凍になるので生野菜をそのまま用いた場合は凍結による組織損傷を防ぐことは難しい。また、食物繊維は圧力により

変化しないので野菜の加工については大きな効果が無かったと考えられる。

3.2.3 するめいか

3倍に希釈した調味液を用いて20時間凍結昇圧処理を行った。生の透明感はなくなり、加熱処理同様に白く変色した。また、処理前のいかにあった生臭みは、ほぼ完全に消えていた。足、胴、エンペラの3部分共に軟骨に似た、生とも加熱とも異なる独特の食感があり、特に足部分がやや硬めで独特の食感が強いものになった。味付けについては十分出来ており、1日調味液に漬け込んだものでも違いは感じられなかった。

3.3 食塩濃度による加工への影響

塩分濃度が濃い調味液は凍結昇圧時に凍結しないで液体のままであることが考えられる。この場合、凍結昇圧の効果が弱まり不十分な加工になる可能性と、また逆に、液体であるため食材に調味液がより深く浸透するといった効果が考えられる。そこで、ささ身を食塩濃度の異なる5倍に希釈したしょう油で18時間凍結昇圧処理を行い、加工具合について調べた。結果は、全ての濃度で塩分濃度に関係なく同様にタンパク質が変性したささ身が得られ、塩分濃度による加工具合の差を確認できなかった。これは、加工時間が最も高塩分濃度のものでもささ身のタンパク質が変性するのに十分な時間であったか、たとえ調味液が凍結しなくてもささ身が凍結してしまい、塩分濃度の影響を受けにくい状態になったのではないかと考えられる。ただ、食塩濃度が濃いほど処理後の調味液が濁らずに澄んだものが得られることがわかった。

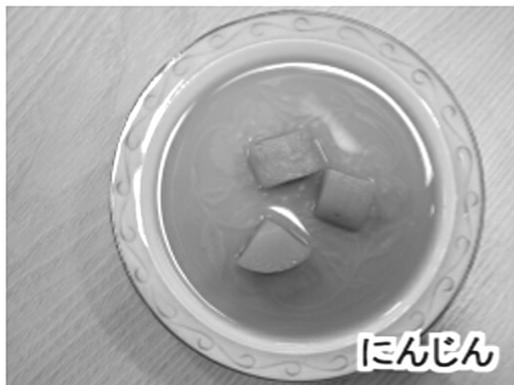
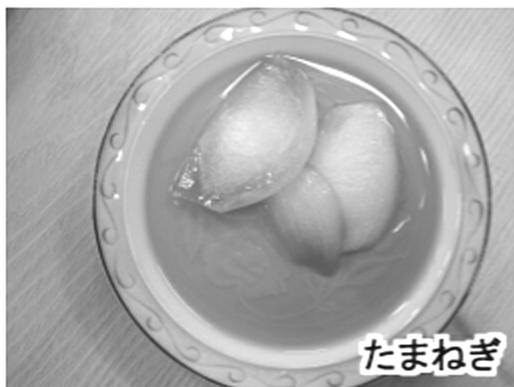


図1 調味液を用いて加工した食材



図2 食塩濃度を変えて加工したささ身

4. 結 言

凍結昇圧装置の充填液に添加剤として溶質を溶かすと、純水を用いるよりも到達圧力は低い値となり、塩化ナトリウムなどの溶質によっては大きく圧力が低下することがわかった。しかし、調味液に含まれる塩分については、固形の食材の加工には影響がほとんどないことが確認された。ただ、食材が液状で塩分を含んでいる場合、塩分の影響を受けることが考えられるので検討が必要である。

食材については、生野菜に対しては効果が期待できず、冷凍による組織損傷も問題となるので不向きであることが分かったが、肉や魚介類などのタンパク質を多く含む食材についてはタンパク質の変性による加工の効果が期待でき、調味液による味付けも行うことが可能であることが分かった。今後、凍結昇圧加工による生産性が向上すれば、調味液の成分や味の工夫により凍結昇圧による食品の製造も可能であると思われる。

(謝 辞)

本研究を遂行するに当たって、御指導をいただきました京都大学大学院農学研究科教授の林力丸先生に深謝いたします。

参考文献

- 1) 早川 潔, 上野義栄, 河村眞也: 特許 第3050533号(2000)
- 2) K.Hayakawa, Y.Ueno, S.Kawamura, T.Kado, R.Hayashi, Microorganism inactivation using high-pressure generation in sealed vessels under sub-zero temperature, *Appl.Microbiol. Biotechnol.*, 50, 415(1998)
- 3) 早川 潔, 上野義栄, 河村眞也, 嘉戸朋之, 林 力丸: 高圧生物化学と高圧技術、鈴木敦士、林 力丸編、さんえい出版、p.197 (1997)
- 4) 玉岡恭子, 森下 誠, 松本雅光, 河井昭治, 早川 潔, 林 力丸: 高圧バイオテクノロジー、功刀 滋、林 力丸編、さんえい出版、p.233 (1998)