

新規非加熱食品加工における食品の品質に及ぼす共存塩の影響

上野 茂昭¹, 島田 玲子¹, 君塚 道史²

¹埼玉大学教育学部, ²宮城大学食産業学部

概要 加熱食品加工は栄養成分の低減や匂い成分の消失など、問題点が指摘されている一方、過冷却凍結や高压処理などの非加熱食品加工が注目されている。本研究では食品加工または前処理として非加熱技術を用いることにより、農産物内部における酵素反応を促進させ、最終的には機能性成分を高蓄積させることを目的とした。

水またはグルタミン酸ナトリウム水溶液に予備浸漬した大豆に、過冷却凍結および高压処理などの新規非加熱食品加工を適用し、処理後の保存中における γ -アミノ酪酸の生成挙動を分析した。水浸漬大豆では凍結温度が低いほど、保存中に γ -アミノ酪酸濃度が増大した。グルタミン酸水溶液に浸漬した大豆の γ -アミノ酪酸濃度は、凍結温度の影響を受けなかった。 γ -アミノ酪酸生成の初速度は、pH が低下するほど大きな値をとる傾向があった。

凍結解凍大豆における γ -アミノ酪酸生成反応の律速因子は、凍結解凍処理による内部構造変化に起因する物質移動の促進ではなく、pH 変化が主であると考えられた。

1. 研究目的

非加熱で殺菌可能な技術として食品への高压処理・高電界パルス処理・過冷却凍結など新規非加熱調理加工が期待されている^[1]。非加熱的な食品の調理加工は、常温・低温で食品の軟化が可能であることから、加熱法により引き起こされる栄養成分や風味の損失を低減可能となり、さらに生のままに近い食味を維持しつつ食感を制御しようと考えられている。即ち、咀嚼力の低下した高齢者に対し、食品そのものの品質特性を生かした調理品が供給可能となり、豊かな食生活を創造可能である。

現時点では、新規な非加熱調理加工の利用は、現象に基づく経験と情報の蓄積段階であり、実際の調理加工プロセスに即した処理条件・成分変化の知見が少なく、また種々の共存塩の物性への経時的な影響に関する定量的な情報が乏しいため、最終製品の品質設計が困難である。さらに複雑な代謝系を持つ農産物などを対象とした場合、非加熱調理加工プロセスにより誘起される生化学反応をも含めた種々の質的变化を議論する必要がある。

本研究の目的は、植物性食品である農産物を対象として、非加熱調理加工プロセスおよび共存塩を添加して、

農産物中に機能性物質を高蓄積させることである。

2. 研究方法

2.1 試料

市販の大豆 10 g を水または 0.05 g/ml のグルタミン酸ナトリウム水溶液 30 mL とともにポリエチレン包材に密封し、25°C で 22 時間予備浸漬した。予備浸漬後の大豆は、予備浸漬溶液を拭き取り、凍結試験に供した。

2.2 凍結試験

凍結試験は小型超低温恒温器(ミニサブゼロ MC-711T, エスベック社製)を用いた。K型熱電対を装着した試料は、小型超低温恒温器の試料棚に静置され、凍結雰囲気温度(庫内設定温度)-10°C, -20°C および -70°C において凍結実験を行った。また液体窒素を用いて -180°C において凍結実験を行った。凍結後の試料は水中で解凍した後に室温に戻し、種々の分析に供した。また、凍結実験においては、データロガーを用いて凍結解凍過程における温度履歴をオンラインで収録した。

2.3 誘電特性計測^[2]

凍結解凍後の大豆は、子葉の薄皮を剥ぎ取った後に

外周部の水分を拭き取り、LCR メータ (3532-50, HIOKI 社製) を用いて、50-5MHz におけるレジスタンスおよびリアクタンスを室温で測定することにより、Cole-Cole プロットを得た (N=15~20)。電極は針状白金電極を用い、電極間距離は 5.0 mm で一定とした。

2.4 アミノ酸分析³⁾

大豆の遊離アミノ酸分析にはダブルシル化法を用いた。即ち、凍結解凍後の試料は氷上でホモジナイザーにより破碎し、遠心分離、限外ろ過 (アミコンウルトラ 10k カットオフ, ミリポア) を施し、透過液をえた。透過液を適宜希釈し、NaHCO₃ およびダブルシル試薬を混合し、67°C で 10 分間のダブルシル化反応後に、未反応のダブルシル試薬をろ過により除去した上で、HPLC によるアミノ酸分析に供した (N=3)。

3. 研究結果と考察

種々の条件で凍結した大豆の誘電特性を図 1 に示す。Cole-Cole 円弧は未処理の大豆において最も大きく、庫内温度 -10°C で凍結し過冷却が生じていた大豆の Cole-Cole 円弧はより小さくなり、-70°C では Cole-Cole 円弧は顕著に小さくなった。Cole-Cole 円弧の存在は細胞内の膨圧の存在を表し、細胞構造とりわけ膜構造を保持していると Cole-Cole 円弧を形成する。

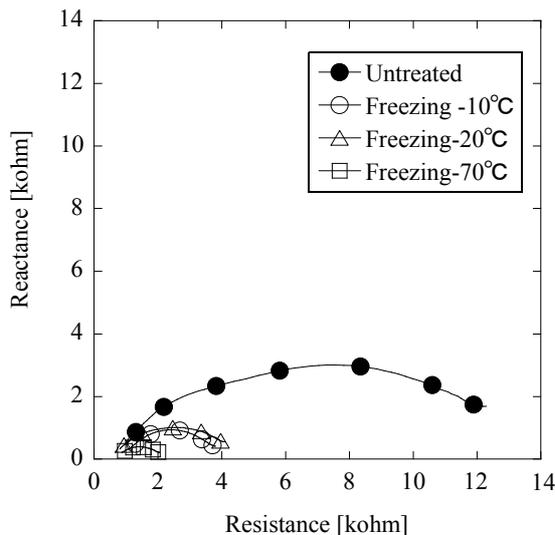


図 1. 水浸漬大豆の凍結解凍処理後の Cole-Cole プロット

Cole-Cole 円弧が小さくなることは、細胞内の膜構造が部分的に損傷を受けることにより、未処理試料に比べて膨圧が低減し、結果として Cole-Cole 円弧が小さくなるものと思われた。このことから、凍結雰囲気温度が低いほど、大豆の内部構造が損傷を受けていると考えられた。

水またはグルタミン酸ナトリウム水溶液に予備浸漬し種々の条件にて凍結解凍処理を施した大豆における、 γ -アミノ酪酸 (GABA) の経時変化を図 2 および図 3 に示す。それぞれの図には、未処理大豆および 100°C で煮沸した大豆における GABA 濃度の経時変化を比較としてプロットした。

100°C で煮沸した大豆は、グルタミン酸から GABA への反応を触媒するグルタミン酸脱炭酸酵素が失活したために、保存期間中に GABA 生成は認められなかったのに対し、水に予備浸漬した未処理大豆では、保存 4 日目に GABA 濃度が最大値を取り、その後保存 7 日目には減少した。

他方、水に予備浸漬して凍結解凍した大豆はいずれの試料においても、未処理および煮沸処理を施した大豆に比べ、GABA 濃度が増大した。凍結雰囲気温度 (庫内設定温度) -10°C および -70°C では、保存 2-3 日で GABA 濃度は最大値を示したのに対し、-180°C 条件では保存 1 日目で最大値を示した。これらのことから、-180°C で凍結した試料では、他の試料に比べて大豆子葉の内部構造が損傷を受け、大豆内部における物質輸送が促進された結果、基質グルタミン酸が大豆内部に広く浸透するとともにグルタミン酸脱炭酸酵素の触媒作用を受け、GABA が生成したと思われた。

凍結条件が GABA 生成に及ぼす影響について、図 2 および図 3 における凍結解凍直後 (0 日) から保存 1 日目における GABA 濃度の変化から GABA 生成初速度を推算した。水浸漬大豆では凍結雰囲気温度が低いほど、GABA 生成初速度は増加した一方、グルタミン酸ナトリウム水溶液に浸漬した大豆では、GABA 生成初速度は凍結条件に依存しなかった (図 4)。

一般的に凍結雰囲気温度が低く、凍結速度が大きい場合、農産物中に生成される氷結晶は小さくなると言われている。そのため、大豆子葉の凍結解凍においても、凍結雰囲気温度が低いほど微細な氷結晶が形成されるため、凍結雰囲気温度が高いものに比べて細胞構造が保持さ

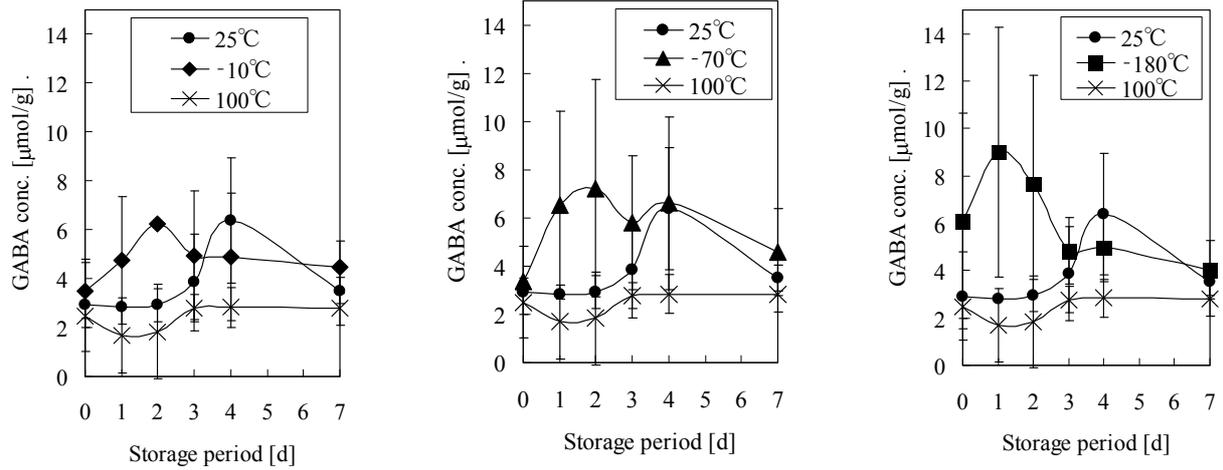


図 2. 水浸漬大豆における凍結解凍後の GABA 濃度の経時変化

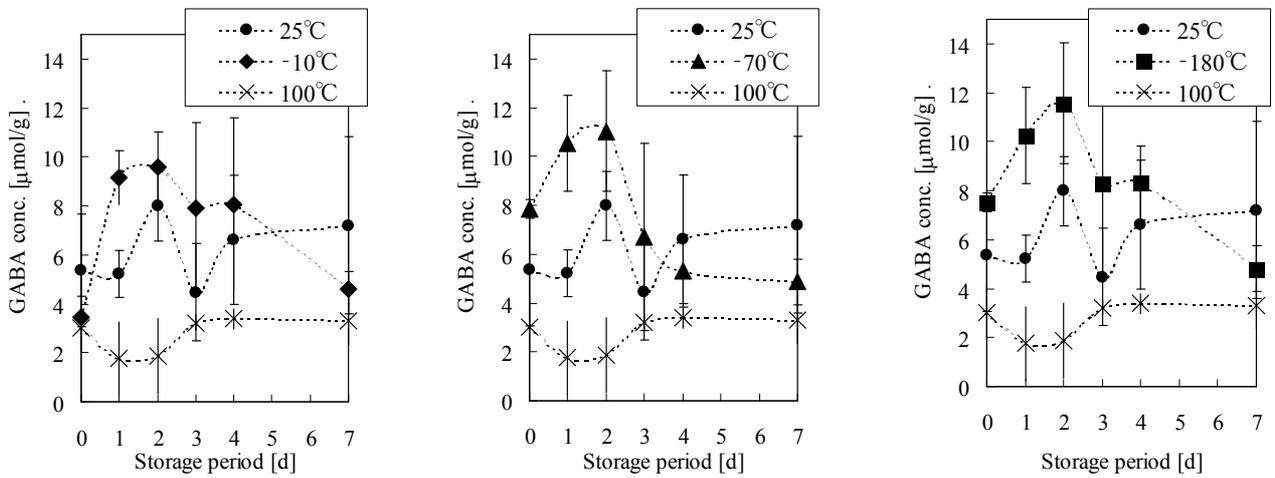


図 3. グルタミン酸水溶液に浸漬大豆における凍結解凍後の GABA 濃度の経時変化

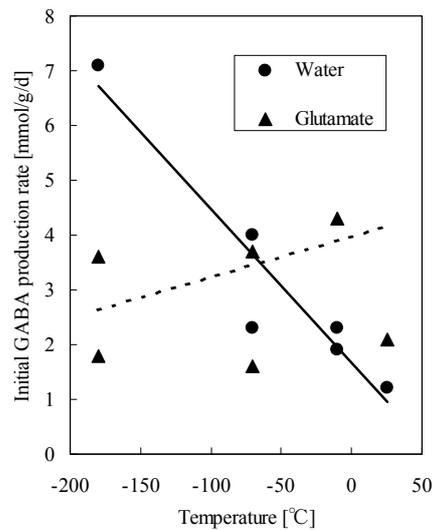


図 4. 凍結条件と GABA 生成初速度

れると予想された。しかし、酵素反応の面から考えると凍結速度が大きい方が、GABA 生成反応が進行していた。このことから、凍結解凍処理による大豆子葉内の GABA 生成は、凍結速度に依存する内部構造変化が律速因子ではなく、他の要因が関与していると考えられた。

一般的に、生体内における酵素反応の律速因子は、酵素活性、反応温度、基質濃度、および pH である。ここで反応温度および基質濃度は、水浸漬またはグルタミン酸ナトリウム水溶液浸漬でそれぞれ一定であるため、GABA 生成に及ぼす pH の影響について検討した。水浸漬およびグルタミン酸ナトリウム水溶液浸漬ともに、GABA 生成初速度が最大値を示すプロット以外は、pH が低下するにつれて GABA 生成初速度が増加する傾向を示した。(図 5)

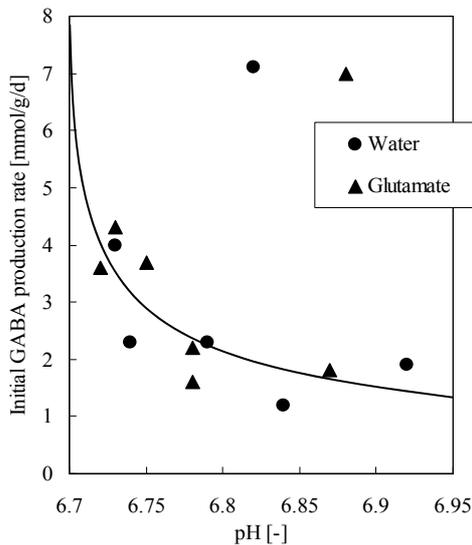


図 5. pH と GABA 生成初速度

このことから、大豆の凍結解凍処理による GABA 生成は、凍結解凍による液胞などの細胞構造の損傷し、有機酸が漏出することによって、大豆内部の pH が低下し、グルタミン酸から GABA への反応が進行したものと考えられた。他方、GABA 生成初速度が最大値を示した条件においては、GABA 生成の律速因子は pH ではなく、内部構造変化に伴う拡散速度の増加等、他の要因が GABA 生成反応の律速因子であると考えられた。

文献

- [1] Ueno, S., Watanabe, T., Nakajima, K., Murakami, M., Hayashi, M., Shigematsu, T., and Fujii, T., Generation of free amino acids and gamma-aminobutyric acid in water-soaked soybean by high-hydrostatic pressure processing. *J. Agric. Food Chem.*, 58(2): 1208-1213 (2009).
- [2] Ueno, S., Shigematsu, T., Kuga, K., Saito, M., Hayashi, M., and Fujii, T., High-pressure induced transformation of onion, *Jpn J. Food Eng.*, 10(1): 37-43 (2009).
- [3] Ueno, S., Katayama, T., Watanabe, T., Nakajima, K., Hayashi, M., Shigematsu, T., and Fujii, T., Enzymatic production of γ -aminobutyric acid in soybeans using high hydrostatic pressure and precursor feeding. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 77(4): 706-713 (2013).

Effect of Salts on the Quality of Foods by the Non-Thermal Processing

Shigeaki UENO¹, Reiko SHIMADA¹, Norihito KIMIZUKA²

¹Saitama University, ²Miyagi University

Summary

Non-thermal treatments such as high-hydrostatic pressure treatment and supercooling freezing on agro-products are attractive because of less degradation of compounds, flavors, and functional properties. Food freezing was commonly used as the technology to keep the quality of foods. Only a few freezing processes such as freeze-drying, freeze-concentration and freeze-deconformation were used as the pretreatment of foods. We applied the freezing, including supercooling, for enrichment of functional components. Water-soaked or glutamate-soaked soybeans were frozen at -10, -20, -70 and -180°C. The treated soybeans were analyzed for the degree of partial destruction by using the LCR meter. The radius of Cole-Cole plots decreased in decreasing the freezing temperature. Distributions of free amino acids were analyzed. Concentrations of γ -aminobutyric acid (GABA) as the functional compounds in water-soaked or glutamate-soaked soybeans increased in increasing storage period up to 2 or 3 days of storage. The initial GABA production rates were estimated from the time course of GABA production. Water-soaked and freeze treated soybeans were correlated with the freezing temperature that the lower freezing conditions showed the larger GABA production rate, however those of glutamate-soaked and freeze treated soybeans were not. Except for the maximum GABA production rate, the initial GABA production rates decreased in decreasing pH of soybean samples. Therefore, the initial GABA production rate of freeze treated soybean was caused by the pH shift from the freeze-thaw-oriented partial destruction of internal structure.