

ソフト(低温)スチーム技術を利用した高品位食品加工技術 (2)

常見崇史*¹ 関根正裕*² 小島登貴子*¹ 山川裕夫**,**

High Quality Food Process by Soft Steaming (2)

TSUNEMI Takashi*¹, SEKINE Masahiro*², KOJIMA Tokiko*¹, YAMAKAWA Hiroo**,**

抄録

100℃以下の湿り飽和空気を用いて調理加熱を行うソフトスチーム処理による野菜類の物理特性及び機能性成分への影響を調べた。種々の野菜類の加熱温度と処理時間を検討した結果、いずれの野菜も加熱によりかたさの指標となる貯蔵弾性率は低下したが、芋類、豆類と繊維質の多い野菜類では貯蔵弾性率の低下の度合いに差がみられた。加熱温度の影響によるビタミンCの減少はゴーヤで少なかったのに対して、枝豆では高温処理で大きかった。サツマイモ、枝豆、ソラ豆では、それぞれ特定の温度での還元糖の増加が認められた。これらのことから、ソフトスチームを用いることで、種々の野菜類の還元糖や機能性成分等を保持した加熱処理が可能なが示された。

キーワード：ソフトスチーム，湿り飽和空気，貯蔵弾性率，ビタミンC，還元糖

1 はじめに

埼玉県は大都市近郊型食品製造業の集積地域であり、畜肉加工品、乳製品、豆腐、麺類、総菜類などの加熱調理された日配食品の生産が特に多い。これらの産業では消費者の高級化、高品質化嗜好への対応が常に求められており、調理技術、流通技術において、過熱水蒸気処理¹⁾、超臨界流体処理²⁾など様々な新技術が開発されている。

これらのひとつとして早稲田大学、(株)TML及び埼玉県で共同開発された低温スチーム(以下ソフトスチームTM)技術がある³⁾。これは40~95℃の範囲の適温に制御された蒸気雰囲気中で食材を調理加工する技術であり、加熱特性の優れた湿り飽和空気を利用している。水滴と水蒸気の混在した湿り飽和空気内においては、雰囲気温度と食材温度の温度差

が小さくても、食材表面で容易に凝縮が起こり、食材に凝縮熱を伝えるため、正確な温度制御が行える。その結果、可食化に必要な熱変性のみ起こし、有用成分の損失や組織崩壊が生じない最適加熱条件にて調理加熱を行うことができる。しかし、食材の種類形状、水分状態は様々であり、例え成分や組織が似ていても熱変性温度は一定とは限らないため、食材ごとに熱処理条件を設定する必要がある。

本研究では、種々の野菜類の力学的特性や機能性成分のソフトスチームによる変化を調べ、食材ごとの特性を生かした最適処理条件の設定に必要な技術的資料を得た。また、その加熱条件を用いてそれぞれの食材の製品化を検討した。

2 実験方法

2.1 供試材料

市販のゴーヤ、枝豆、ソラ豆、サツマイモ等を用いた。形状の整った個体を選択し、大きさを切り揃えた試料を用いた。

*¹ 北部研究所 生物工学部

*² 生産技術部

, (株)TML、早稲田大学

2.2 ソフトスチーム処理

早稲田大学社会システム工学研究所・(株)TML 及び埼玉県で共同開発した図1に示したソフトスチームTMシステム⁴⁾を用いた。図2のとおり本装置では、試料ごとに最適な温度条件をプログラムすることが出来るように設計されている



図1 ソフトスチーム装置

が、今回の試験では手動操作にて加熱処理を行った。予め処理温度に保持したソフトスチーム処理室に試料を入れ、試料中心部が設定温度に到達してから、所定時間ソフトスチーム処理を行った。

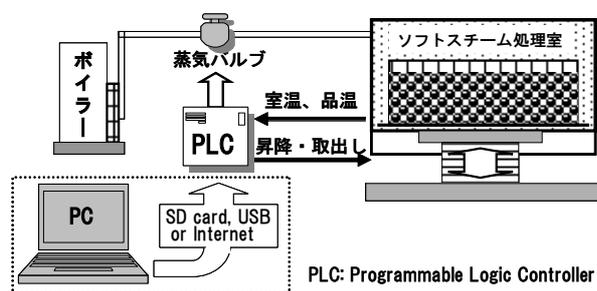


図2 ソフトスチームTMシステムの構成

2.3 動的粘弾性測定

ソフトスチーム処理した試料(ゴーヤ、枝豆、サツマイモ)について、当所で開発した動的粘弾性測定装置MG-Rheoを用い⁵⁾、5mmφ円柱形プランジャーによる圧縮モードにて動的粘弾性測定を行い、貯蔵弾性率 E' 及び損失弾性率 E'' を得た。

各試料の測定条件は、予圧 20g、振動条件 5Hz、振幅 20 μ m で測定を行った。

2.4 ビタミンC

試料 5 g を乳鉢に秤取し、5%メタリン酸 20ml と所定量のケイ砂を加えて播粉した後、50 ml にメスアップし、遠心分離 (1500rpm、5分) した上清を測定溶液とした。試料溶液を 5%メタリン酸で適宜希

釈後、前報³⁾と同様にDNPH法(ヒドラジン比色法)により総アスコルビン酸量として測定した。

2.5 還元糖

試料 5 g を乳鉢に秤取し、蒸留水 20ml と所定量のケイ砂を加えて播粉した後 50 ml にメスアップし、遠心分離した上清を測定溶液とした。還元糖量は前報³⁾と同様に Somogyi-Nelson 法により測定し、グルコース換算で表した。

測定溶液を水で適宜希釈した後、その 0.5 ml に銅試薬 0.5 ml を加えて沸騰水浴中で 10 分間加熱した後急冷し、Nelson 試薬 0.5 ml を加えて素早く混合し、15 分後に蒸留水を加え 12.5ml とした後、各 250 μ l を 96 穴プレートに移しプレートリーダーにて 580nm における吸光度を測定した。

3 結果と考察

3.1 ソフトスチーム処理による野菜の物性への影響

ソフトスチーム処理を行ったゴーヤおよび枝豆の粘弾性を図3、図4に示す。ゴーヤの貯蔵弾性率 E' 及び損失弾性率 E'' は加熱による変化が大きく、加熱温度 50 $^{\circ}$ C以上で弾性率の大幅な低下が見られた。また、80 $^{\circ}$ C以上では更なる弾性率の低下傾向が観察された。ゴーヤのシャキシャキ感を残したい場合には、加熱温度 80 $^{\circ}$ C以下とすべきことが示された。

枝豆の場合、加熱温度 60 $^{\circ}$ C付近から E' の減少が観察されたが、その後 90 $^{\circ}$ C位までは弾性率にあまり変化が見られなかった。またソラ豆の粘弾性も加熱温度に対して同様の変化を示した。

ソフトスチーム処理を行ったサツマイモの粘弾性を図5に示す。加熱の上昇に伴い徐々に弾性率が低下している。これは、サツマイモのデンプンの糊化が 65 $^{\circ}$ C付近で起こり、デンプン粒がおおきく膨潤すること⁶⁾が、物性の変化に大きく影響したためと考えられる。また、70 $^{\circ}$ Cから 90 $^{\circ}$ C付近までの加熱温度では弾性率の低下は少なくなり、あまり差が見られなかった。これは、デンプンの糊化膨潤が完了しサツマイモの組織構造が安定化するためと思われる。

3.2 ソフトスチーム処理による野菜の機能性成分への影響

ソフトスチーム処理を行ったソラ豆、枝豆の還元糖を図 6、7 に示す。ソラ豆の還元糖は加熱温度 50℃付近で生の 1.6 倍程度の増加を示し、それより高い加熱温度では減少する場合もみられた。このことから、ソラ豆の場合、50℃程度の加熱では甘み成分の還元糖が生成されるが、それ以上の温度では逆に分解あるいは溶離する可能性があることがわかった。一方、枝豆の還元糖は加熱温度 60℃付近で最も高い値を示した。ゴーヤの場合、

還元糖がもともと少ないが加熱温度によって減少することもなかった。

ソフトスチーム処理したサツマイモ中の還元糖を図 8 に示す。80℃～90℃で処理したサツマイモに還元糖の上昇のピークが見られる。サツマイモではβ-アミラーゼの作用により糊化デンプンが麦芽糖に分解されることが知られており^{7, 8)}、70℃前後でもβ-アミラーゼには約 1/3 の活性が残存し、酵素活性が完全に失活するまで糖化が進むと考えられている⁹⁾。今回、ソフトスチーム処理を行った際は 80℃～90℃で最も糖分が多くなったの

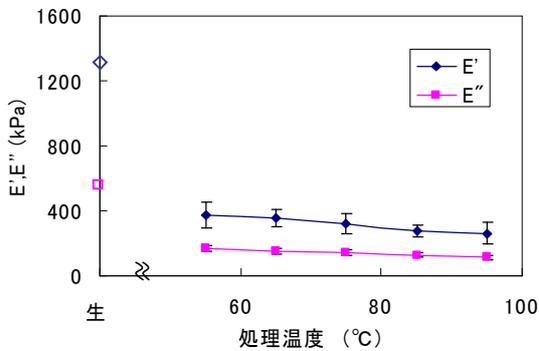


図3 ゴーヤ粘弾性

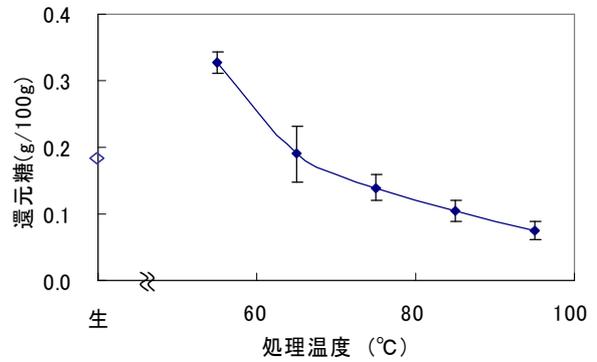


図6 ソラ豆還元糖

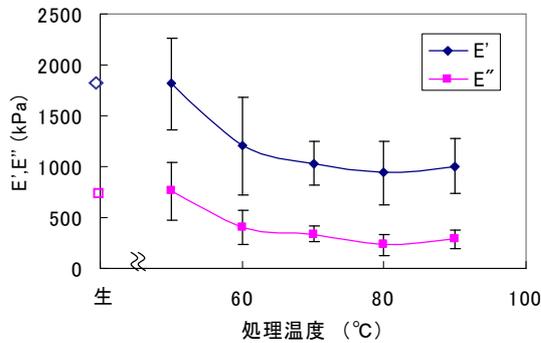


図4 枝豆粘弾性

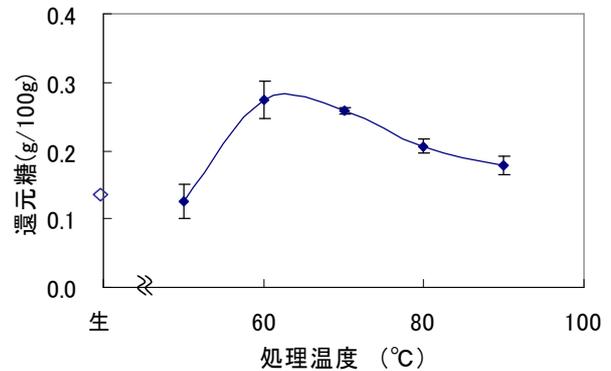


図7 枝豆還元糖

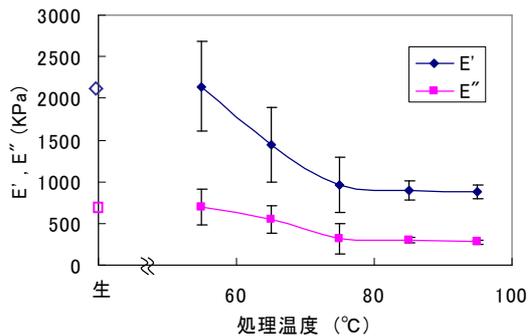


図5 サツマイモ粘弾性

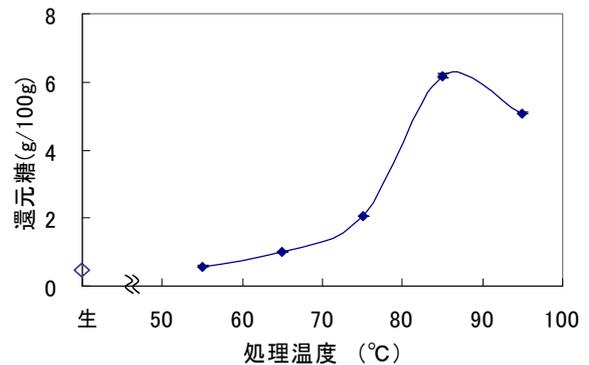


図8 サツマイモ還元糖

は、この温度領域で加熱温度維持が糊化したデンプンにβ-アミラーゼが効果的に作用した結果と考えられ、ソフトスチーム技術における最大の利点のひとつと言える。

また、枝豆とそら豆のビタミンCは加熱温度が高いほど減少したが、ゴーヤでは加熱温度による差があまり見られなかった。サツマイモの場合も加熱温度を高くしても、ビタミンCの低下は比較的少なかった。

3.3 ソフトスチーム処理による実用例

前項まで述べたサツマイモ、枝豆、ソラ豆の物性及び機能性成分に対する加熱温度の影響から、それぞれに適した温度領域の加熱で食感の最適化、甘みの増加、ビタミンC保護が可能なが示され、精度よく温度制御できるソフトスチーム技術はこれらの材料の加熱調理に有効と考えられた。前報³⁾と今回の結果を参考に作成した加熱温度プログラムにより実際にソフトスチーム加工した下ごしらえ済み食材の例を図9に示した。



図9 ソフトスチームによる製品例

4 まとめ

100℃以下の湿り飽和空気を用いて調理加熱を行うソフトスチーム処理技術による野菜類の物理特性及び機能性成分への影響を調べ、種々の野菜類について適する調理条件を設定した。

- (1) 加熱により、かたさの指標となる貯蔵弾性率は低下したが、芋類、豆類と繊維質の多い野菜類では貯蔵弾性率の低下の度合いに差がみられた。
- (2) サツマイモ、枝豆、ソラ豆では、それぞれ特定の温度での還元糖の増加が認められた。また、ビタミンCの減少における加熱温度の影響はゴーヤで少なかったのに対して、枝豆では高温処理で減少した。

以上の結果から、ソフトスチーム処理により、種々の野菜類について野菜の特性を生かした加温処理が可能なが示された。

また、これらの結果より、ソフトスチームシステムに種々の野菜に対する温度プログラムを設定し、その加熱処理条件で様々な製品を開発した。



謝辞

本研究を進めるに当たり、客員研究員として御指導いただきました東京大学の空閑教授、女子栄養大学の辻村教授に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 阿部 茂：過熱水蒸気の食品加工への応用，食品と開発，**43**, 12 (2008)8

- 2) 鈴木 功：食品分野における超臨界流体の新しい応用技術，食品と開発，**41**，9(2006)4
- 3) 関根正裕，常見崇史，樋口誠一，高橋学，山川裕夫：低温スチーム技術を利用した高品位食品加工技術，埼玉県産業技術総合センター研究報告，**6**，(2008)78
- 4) (株)TML，平山一政：低温度で飽和蒸気を発生させる方法及びその装置，特開 2005-69550
- 5) 関根正裕：食品に向けた普及型動的粘弾性測定装置，食品と技術，425(2006)9
- 6) 関根正裕：キサンタンガム水溶液中におけるデンプン糊化挙動の動的粘弾性測定，日本食品工業学会誌，**43**，(1996)683
- 7) 伊東哲代，安藤高雄，市川邦介：甘藷の糖化におよぼす調理法の影響について，家政誌，**19**，(1968)170
- 8) 桐淵壽子，久保田紀久枝：甘藷の加熱調理に関する研究，家政誌，**27**，(1981)418
- 9) 馬場 透，河野利治，山村 颯：スイートポテトチップの硬さと変色に関する要因について，日本食品工業学会誌，**28**，(1981)318