

加熱処理温度がとろろの品質に及ぼす影響

於勢貴美子・今堀 義洋

Chinese yam is often marketed in a grated form, called “*tororo*”, for the convenience of consumers ; however, *tororo* is susceptible to browning. To obtain basic data, we examined the effect of heating temperatures of 50, 55, 62 and 65°C on the quality attributes of *tororo* packaged in laminated plastic bags. In terms of changes in appearance, *tororo* became more susceptible to browning when treated at higher temperatures, and it showed increased adhesiveness and stickiness with decreased thread-forming properties after heat treatment at 65°C. The lowest polyphenol oxidase and peroxidase activities were observed for *tororo* processed at 62°C. The content of reducing sugars and free amino acids increased upon heating, suggesting that non-enzymatic browning is involved in the discoloration of *tororo*.

These results, along with data on the viable bacteria count, indicate that heating at 62°C for 25 min is the most suitable condition to maintain the quality of *tororo*.

Key words : Chinese yam (*Dioscorea polystachya* Turcz), grated Chinese yam, heating temperature, physical property, browning

キーワード：ナガイモ、とろろ、加熱温度、物性、褐変

とろろはヤマノイモの生をすりおろした一次加工食品の一つであり、栄養価に富んだ日本の伝統的な食品である⁽¹⁾。ヤマノイモのうちナガイモは長形で、全国的に栽培され流通しており⁽²⁾、デンプンを主成分として、ビタミン B₁ やカリウムに富み、アミラーゼなどの消化酵素を多く含むことから消化促進効果を持っている⁽³⁾。ナガイモには粘性物質が多く含まれ、とろろにした時、その独特の物性がとろろの特色を形成している。最近では中食の需要が広がるに従い、簡便性の点からとろろの状態での流通利用が求められるようになり、特に、コンビニエンスストアなどでとろろを用いた商品の開発が進められてきている。しかし、ナガイモはフェノール物質を多く含み、すりおろすと褐変しやすく⁽³⁾、色が悪くなり、また、すりおろした状態では微生物の侵害を受けやすく、その取扱いが難しい。

そこで、本研究ではとろろを流通利用するための基礎的データを得るために、ナガイモをすりおろして、とろろを調製し、加熱温度および加熱時間を変えて、加熱処理がとろろの褐変現象、物性および一般生菌数に及ぼす影響について調査した。

実験方法

1. とろろの調製および加熱処理方法

ナガイモ (*Dioscorea polystachya* Turcz.) を堺市内のスーパーマーケットで購入して水洗した後、外皮を除去して、アルミ製おろし金ですりおろしたものを直ちにラミネートフィルム袋(ナイロン/低密度ポリエチレン、縦 180 mm×横 120 mm) に 40 g 充填し、密封包装した。その後、50、55、62 および 65℃ の温湯中で中心温度が各温度に達してから、45 分間加熱処理した。

とろろの調製および加熱処理は 3 反復行い、処理温度別に処理時間ごとにそれぞれ 3 袋ずつ無作為に選び、分析を行った。

2. L、a および b 値の測定

測色色差計(日本電色社製)でとろろの L、a および b 値を測定した。さらに、加熱処理前と処理中の L、a および b 値から得られたとろろの色差(ΔE)を褐変度として表した。

3. 粘着性、付着性および曳糸性の測定

とろろの粘着性、付着性および曳糸性をレオメーター(フドー社製)で測定した。内径 30 mm、高さ 17 mm のアクリル製の透明円筒容器にとろろを空気が入らないように充填した後、円筒容器を試料台に固定した。粘着性および付着性はステンレス製円筒状プランジャー(直径 1.5 cm)を用い、試料台の上下速度を 2 cm/min として、最大負荷重 30 g で測定し、得られたテクスチュロ曲線から永島ら⁽⁴⁾の計算方法に従って算出した。曳糸性はとろろを充填した内径 30 mm、高さ 17 mm のアクリル製の透明円筒容器の中央部にステンレス製棒状プランジャー(直径 0.3 cm)を 10 mm 貫入させた後、最大負荷重 30 g で試料台を降下速度 30 cm/min で降下させて、とろろが糸を曳き、その糸が切断するまでの曳糸した長さを測定した。

4. 還元糖、遊離アミノ酸およびフェノール物質の測定

とろろを 80% 熱エタノールで抽出し、得られた抽出液について還元糖はソモギネルソン法⁽⁵⁾、遊離アミノ酸はニンヒドリン法⁽⁶⁾、フェノール物質はフォーリンチオカルト法⁽⁷⁾でそれぞれ測定した。

5. ポリフェノールオキシダーゼ(PPO)およびペルオキシダーゼ(PO)の抽出と活性測定

とろろをアセトンパウダーに調製した後、そのアセトンパウダーを 0.1 M リン酸緩衝液(pH 7.0)で溶解して粗酵素液を得た。PPO 活性は 1 M ドーパーミンを基質に分光光度計(島津製作所社製)で波長 595 nm における吸光度の増加を測定した。PO 活性は 1% フェニレンジアミ

ンを基質に 0.3% H₂O₂ を加えて反応を開始し、430 nm における吸光度の増加を測定した。タンパク質の定量は Bradford の方法⁸⁾で測定した。

6. 一般生菌数の測定

とろろの一般生菌数を常法により測定した。

実験結果および考察

1. とろろの加熱処理中の色調変化

測色色差計を用いて、加熱処理中におけるとろろの色調変化を調べた結果を Fig. 1 に示した。

50~62℃ では調製当初と同じ乳白色を示し褐変が認められず、明度を表す L 値はほぼ一定で変化がなかったが、65℃ は加熱処理 15 分で低下し、その後一定の値を示した。a 値は 50

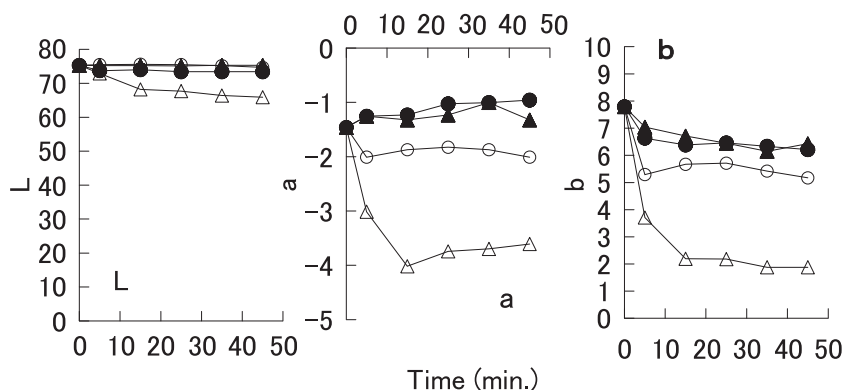


Fig. 1 Change in the color of grated Chinese yam maintained by several kinds of temperatures.

●50℃ ▲55℃ ○62℃ △65℃

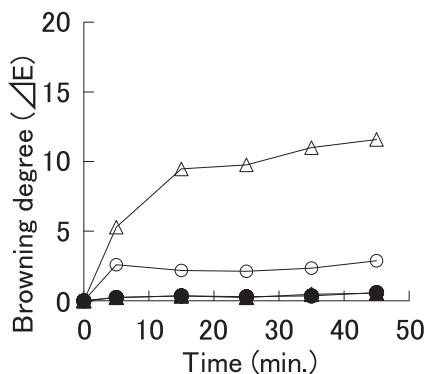


Fig. 2 Change in browning degree of grated Chinese yam maintained by several kinds of temperatures.

●50℃ ▲55℃ ○62℃ △65℃

よび 55℃ では L 値と同様に調製当初の値を加熱処理中ほぼ一定レベルを維持したのに対して、62℃ では処理 5 分でやや低下し、その後一定レベルを維持した。また、65℃ では加熱処理 15 分まで著しく低下した後、そのレベルを維持した。

b 値はいずれの処理温度も低下し、そのレベルを処理中維持したが、50 および 55℃ ではやや低下し、次いで 62℃ であった。65℃ では最も低下し、処理 15 分で当初の約 1/4 に減少した。

褐変度は、50 および 55℃ では調製当初のまま変化がなかったが、62℃ では加熱処理 5 分に約 2.5 に増加した後、そのレベルを維持した。しかし、65℃ は処理中増加傾向で、処理 15 分で約 10 に急増し、その後も徐々に増加して、処理 45 分では 11 に達した (Fig. 2)。以上のことから、65℃ で特に色調の変化が大きく、加熱処理中褐変も著しいことが明らかとなった。

2. とろろの加熱処理中の物性変化

加熱処理中におけるとろろの物性変化を Fig. 3 に示した。

付着性は、50 および 55℃ ではほぼ調製当初のレベルを維持したのに対して、62℃ では加熱処理 5 分でやや増加した後、そのレベルを維持した。しかし、65℃ では処理 15 分まで急激に増加し、そのレベルを維持した (Fig. 3 A)。粘着性⁽⁹⁾は、付着性と同様に、50 および 55℃ ではほぼ調製当初のレベルを維持したのに対して、62℃ では加熱処理 5 分でやや増加した後、そのレベルを維持したが、65℃ では処理 15 分まで急激に増加し、そのレベルを維持した (Fig. 3 B)。ナガイモは、64.5℃ で糊化が始まることが報告されており⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾、本実験においても 65℃ では加熱処理 15 分までに付着性および粘着性とも値が急激に増加したことから糊化が生じたと考えられ、それに対して、62℃ 以下では糊化が認められないことがわかった。

曳糸性は納豆、卵白およびとろろのように糸を曳く性質をいい、粘性と弾性が重なり合って起こる現象である。ナガイモに含まれる粘性物質がその性質を示し、とろろの独特の物性を表している⁽¹²⁾⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾。それゆえ、これらの物性はとろろを食する際の醍醐味となっている。

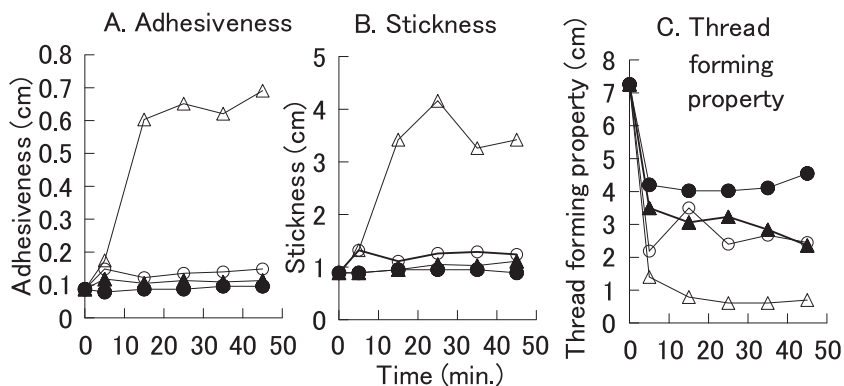


Fig. 3 Change in the physical properties of grated Chinese yam maintained by several kinds of temperatures.

●50℃ ▲55℃ ○62℃ △65℃

曳糸性はいずれの加熱処理も処理時間 5 分で低下した後、そのレベルを維持した。その程度は処理温度が高いほど大きく、特に、65℃ では大きかった (Fig. 3 C)。

以上のことから、とろろの物性は加熱処理により付着性および粘着性ともナガイモの糊化温度である 64.5℃ 以下の加熱温度下では調製当初の物性が維持される⁽⁸⁾のに対して、曳糸性はいずれの加熱処理温度でも低下したが、糊化温度以上の加熱処理温度 65℃ で低下が著しいことが明らかになった。

3. とろろ加熱処理中の PPO および PO 活性の変化

ナガイモをすりおろしてとろろにすると、急激に褐変が起り、商品性が著しく低下する。これは酸素の存在下で PPO や PO によってフェノール物質が酸化されることによる⁽⁹⁾のもので、すりおろしたとろろの商品性を左右する。そこで、加熱処理によりこれら酵素がどの程度失活できるのか調べた。

PPO 活性は 50℃ では処理時間とともに低下し、加熱処理 25 分にはとろろ調製当初の約 60% までになり、その後はそのレベルをほぼ維持した。55℃ も同様に低下し、加熱処理 25 分には当初の約 33% までになり、その後はそのレベルをほぼ維持した。一方、62℃ では加熱処理 15 分で急激に減少し、当初の約 14% にまでになり、その後徐々に低下して、加熱処理 45 分では約 4% までになった。65℃ も加熱処理時間とともに急速に低下したが、62℃ よりも減少程度は緩やかであった。これは 65℃ では糊化が起り、熱伝導が悪くなったためと考えられる (Fig. 4 A)。

PO は PPO に比べ活性が低かった。50℃ ではとろろ調製当初のままであるのに対し、55℃ では加熱処理時間とともに低下し、処理時間 45 分で約 10% までになった。一方、62 および 65℃ では処理時間 5 分で完全に失活した (Fig. 4 B)。

以上のことからとろろに含まれる PPO および PO の酵素活性を低下させる加熱処理温度は

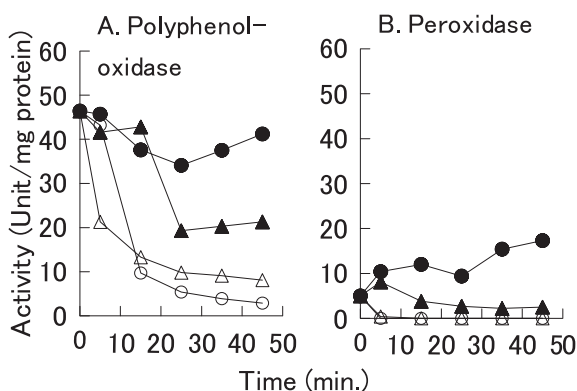


Fig. 4 Change in polyphenol oxidase and peroxidase activity of grated Chinese yam maintained by several kinds of temperatures.

●50℃ ▲55℃ ○62℃ △65℃

62℃ が適していると考えられる。

4. とろろ加熱処理中のフェノール物質含量の変化

ヤマノイモに含まれる褐変の基質であるフェノール物質として、ドーパーミン、キナ酸やネオクロロゲン酸の存在が報告されている⁽³⁾。いずれの加熱処理温度も加熱処理時間に伴い、徐々に増加する傾向を示したが、処理温度による差はなかった (Fig. 5)。しかしながら、65℃ では加熱処理中褐変度が経時的に増加した (Fig. 2) にもかかわらず、フェノール物質含量が徐々に増加したこと、また、PPO および PO の活性が低下したこと (Fig. 4) から加熱処理中の褐変現象は非酵素的で、しかも、フェノール物質の酸化によるもの以外で起こることが示唆された。

5. とろろ加熱処理中の還元糖および遊離アミノ酸含量の変化

非酵素的褐変として、フェノール物質の酸化以外に遊離還元糖などのカルボニル化合物と遊離アミノ酸などのアミノ化合物が加熱時に反応し、褐色色素であるメラノイジンを形成するアミノカルボニル反応が知られている。そこで、加熱温度に対する遊離還元糖含量の変化を調べたところ、いずれの加熱処理温度も加熱処理中経時的に増加した (Fig. 6 A)。一方、遊離アミノ酸含量は加熱処理温度が 62 および 65℃ で加熱処理中増加し、その高い含量を保った (Fig. 6 B)。以上のことから、65℃ での加熱処理温度では遊離還元糖および遊離アミノ酸含量の増加に伴い、褐変度が増加したことから加熱処理中アミノカルボニル反応が起こっていることが示唆された。

6. とろろ加熱処理中の一般生菌数の変化

50、55、62 および 65℃ で 45 分間加熱処理したとろろの経時的な一般生菌数の変化を調べた。加熱処理時間 5 分で加熱処理温度が 55、62 および 65℃ では急激に一般生菌数は減少し、経時的に少なくなる傾向であった (Table 1)。特に、加熱温度が 62℃ では加熱時間 25 分では

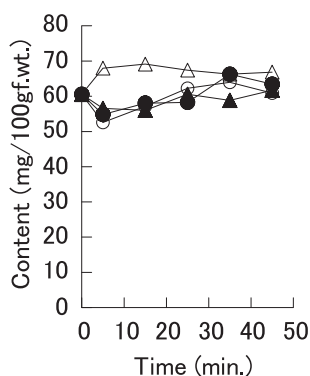


Fig. 5 Change in total phenol content of grated Chinese yam maintained by several kinds of temperatures.
●50℃ ▲55℃ ○62℃ △65℃

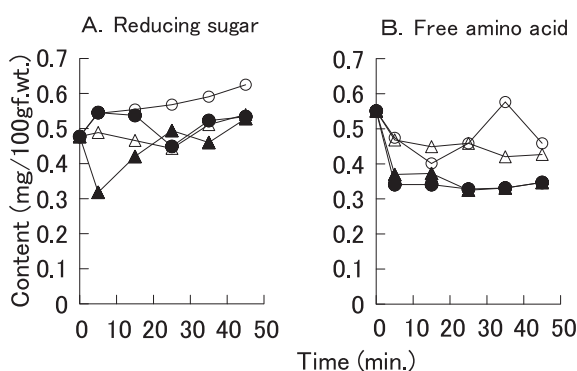


Fig. 6 Change in reducing sugar and free amino acid content of grated Chinese yam maintained by several kinds of temperatures.
●50℃ ▲55℃ ○62℃ △65℃

Table 1 The change of the viable count of the grated Chinese Yam

Heating time (min.)	Heating temperature (°C)			
	50	55	62	65
0	70*	1×10^2	4×10^2	1×10^2
5	20	40	10	8
15	20	40	2	10
25	30	20	0	20
35	10	10	2	10
45	20	20	0	10

ば一般生菌数が0に達した。しかし、加熱温度が65°Cでは62°Cに比べて殺菌効果はなかった。これは加熱中糊化が起り、粘度が増加したために熱伝導が低下して、殺菌不良を起こしたものと推察される。一方、55°C以下では加熱温度が低いために殺菌が不十分であると判断される。以上から殺菌には62°Cの加熱温度で、25分間の加熱時間が適していると判断される。

とろろを流通利用するための基礎的データを得るために、加熱温度および加熱時間を変えて、加熱処理がとろろの品質に及ぼす影響を調べた。加熱温度が65°Cでは加熱15分間で付着性および粘着性が増加して曳糸性が低下したが、それ以下の加熱温度ではあまり影響を受けないことがわかった。色調では加熱温度が高いほど褐変が促進されていた。その原因として加熱中のアミノカルボニル反応が大きく影響すると推測された。以上、ラミネートフィルムに充填密封したとろろの品質を保つ加熱処理条件として、一般生菌数、色調変化および食感に影響する物性の面から、処理温度が62°Cで、かつ処理時間が25分間であることが最適と判断される。

要 約

ヤマイモ (*Dioscorea polystachya* Turcz.) は、簡便性の面からとろろに一次加工されて流通することが多くなってきた。ヤマイモはすりおろすと褐変しやすいが、その解決法がまだ十分に確立していない。そこで、本研究ではとろろを2層のラミネートフィルムに充填密封した時の品質について基礎的データを得るため、加熱温度がとろろの品質にどのような影響を及ぼすのかを調べた。

とろろの色調は加熱温度が高いほど褐変が促進された。とろろの物性は65°Cに加熱すると付着性および粘着性は増加し、曳糸性は低下したが、それ以外の加熱温度では変化が少なかった。PPO および PO の酵素活性を低下させる加熱処理温度は62°Cであった。加熱処理温度が65°Cでは遊離還元糖および遊離アミノ酸含量が増加し、褐変度が増加したことから加熱処理中アミノカルボニル反応が起こっていることが示唆された。65°Cでは加熱中糊化が起り、殺菌効果はなく、55°C以下では殺菌が不十分で、殺菌には62°Cの加熱温度が適していると思われた。

以上のことから、とろろは62°Cで25分間加熱するのが最適と判断された。

文献

- (1) 澤正樹, ヤマノイモ, 「食品加工総覧 第9巻 素材編」, 第1版 (農文協, 東京), pp.705-708 (1999).
- (2) 青葉高, 「日本の野菜」, 第1版 (八坂書房, 東京), pp.291-296 (1993).
- (3) 田之上隼雄, ヤマノイモ, 「地域農産物の品質・機能性成分総覧」, 第1版, 津志田藤二郎編, (サイエンスフォーラム, 東京), pp.394-402 (2000).
- (4) 永島俊夫, 浅利喬泰, 鴨居郁三, 小原哲二郎, 凍結乾燥山芋の物性について, 東農大農学集報, **27**, 233-237 (1983).
- (5) Nelson, N., A photometric adaptation of the somogyi method for the determination of glucose. *J. Biol. Chem.*, **153**, 375-380 (1944).
- (6) Moore, S., Stein, W. H., A modified ninhydrin reagent for the photometric determination of amino acids and related compounds. *J. Biol. Chem.*, **211**, 907-913 (1954).
- (7) 水野卓, 鶴飼秋実, シュロ種子のロイコアントシアンについて, 農化, **41**, 512-520 (1967).
- (8) Bradford, M., A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye binding. *Anal. Biochem.*, **72**, 248-254 (1976).
- (9) 松本幸雄, 塑性とその測定法, 「食品レオロジー」, 第1版 (医歯薬出版, 東京), pp.88-101 (1977).
- (10) 永島俊夫, 鴨居郁三, ヤマノイモ (*Dioscorea polystachya* Turcz.) 澱粉の諸性状について, 食科工, **37**, 124-129 (1990).
- (11) 新井貞子, 阿久澤さゆり, 澤山茂, 川端晶子, 凍結乾燥ヤマノイモのレオロジー的性質, 家政誌, **47**, 555-554 (1996).
- (12) 川端晶子, 食品のテクスチャー, 「食品物性学」, 第1版 (建帛社, 東京), pp.97-113 (1991).
- (13) 川端晶子, 液状食品の物性, 「食品物性学」, 第1版 (建帛社, 東京), pp.115-156 (1991).
- (14) 大坪健一, 内藤成弘, 官能検査とテクスチャー用語, 「食品のテクスチャー評価の標準化」, 第1版, 森友彦編 (光琳, 東京), pp.1-25 (1997).