

目 次

研究報告

- ・カットしたニホンナシの -6°C での過冷却保存
 門脇和佳奈・小出章二・大須賀 玲・折笠貴寛 . . 1
- ・LTO を指標としたニンジンの過熱水蒸気 ブランチングにおける品質評価モデルの構築
 折笠貴寛・江原 翠・渡邊高志・安藤安雅・中村宣貴・小出章二 . . 5

支部会記事

- 庶務報告及び会計報告 11
- 令和 4 年度研究発表会発表課題 16
- 農業食料工学会東北支部役員及び役員体制 18
- 農業食料工学会東北支部規約・表彰規程と内規・役員選挙規程・投稿規程 20
- 東北地域農業食料工学関係の研究担当者名簿 27
- 団体賛助会員名簿・個人会員名簿 33

カットしたニホンナシの -6°C での過冷却保存

門脇和佳奈*・小出章二*・大須賀 玲**・折笠貴寛*

Supercooled storage of fresh-cut Japanese pears at -6°C

Wakana Kadowaki*・Shoji Koide*・Rei Osuga**・Takahiro Orikasa*

Abstract

Film-packaged fresh-cut Japanese pear samples were subjected to supercooled storage at -6°C for 3 days, and then physicochemical properties were evaluated. Results showed that changes in coloration and soluble solids content of samples stored at -6°C were less than those of samples stored at 5°C . Sensory test (sample temperature was arranged at -6°C or 5°C) suggested that supercooled sample stored at -6°C which had been frozen artificially indicated similar or good results compared to frozen sample stored at -20°C , implying that even supercooled samples which are frozen could have possibility to be commercial food in cold chains.

[Keywords] supercooling, fresh-cut Japanese pear, quality, sensory test

1. 結論

近年、健康増進の観点から毎日果物を 200 g 以上摂取することが推奨¹⁾されているが、すべての年代においてその目標が達成されていない²⁾。果物の消費拡大が伸び悩むなかで、食の簡便化や外部化に伴う消費者ニーズの変化に対応しうる商品としてカットフルーツが注目されている³⁾。しかし、カットフルーツはホール果実と比較すると、呼吸量の増大、切断面や製品全体の褐変、水分の蒸発、微生物による腐敗などが加速するため⁴⁾、品質の保持が難しいとされる。

品質をできるだけ保持したまま長期間保存する方法として、凍結点よりも低い温度で保存する過冷却保存が検討されている。カット果実については、腐敗抑制⁵⁾、エチレン生成抑制効果などの顕著な品質保持効果⁶⁾が報告されている。そのため、今後カットフルーツの過冷却保存が広まれば、現在販売されているものよりも長期間高品質なカットフルーツを流通できるようになり、カットフルーツの消費量拡大に貢献できる可能性がある。しかし、カットしたニホンナシに関して、過冷却保存の可能性や、品質保持効果について研究した例は見当たらない。

本研究ではカットニホンナシを -6°C で3日間過冷却保存し、 5°C で3日間冷蔵保存した試料と比較し、品質保持について検討したので報告する。また、過冷却状態は熱力学的に不安定なため、衝撃や振動が加わると過冷却解消し、凍結してしまうという問題がある。そこで本研究では、過冷却解消した試料と、冷凍庫で冷凍させた試料を、温度を揃えて食味試験を行い、過冷却解消した試料の商品価値についても検討した。

2. 材料および測定方法

(1) 供試材料および測定方法

盛岡市内の量販店で購入したニホンナシ (*Pyrus pyrifolia* var. *culta*) を用いた。これを 8 等分して外皮と種子を取り除き、 20 ± 1 g のくし形切りに成形したものを試料とした。試料は成形した後 OPP フィルム (P5562, 東洋紡株式会社) に入れヒートシールし密閉した。その後、以下の 2 つの実験 (過冷却保存試験、および過冷却解消した試料の品質・食味試験 (以後、冷凍試験)) を行った。

(2) 過冷却保存試験

T 型熱電対を用いた予備測定の結果、カットしたニホンナシの凍結点は $-8.1 \pm 1.6^{\circ}\text{C}$ 、過冷却点は $-4.4 \pm 1.2^{\circ}\text{C}$ であったため過冷却保存温度を -6°C と設定した。またコントロール区として 5°C 保存を設定した。測定はフィルム密封した試料を3日間一定温度下で保存し、過冷却状態を保った試料 (以後、SC) およびコントロール (以後、C) の目減り、色彩色差、硬度、糖度、L-アスコルビン酸含有量を測定した。ここに各測定項目において比較する試料 SC と C は同一のニホンナシの玉から成形したものである。品種は「豊水」を用いた (2021 年度産)。

(3) 冷凍試験

過冷却解消した試料と冷凍試料の品質と食味を測定した。試料は以下の要領で冷凍した。

- i) 過冷却解消試料 (以後、SC-N) : 冷凍庫内に 3 時間保存 (-20°C) (この操作を植氷の代替とした) → 試料表面が凍結したことを確認 → 低温インキュベータ内で 69 時間保存 (-6°C)。
- ii) 冷凍試料 (以後、NC) : 冷凍庫内に 66 時間保存 (-20°C) → 試料温度を揃えるため低温インキュベータ内で 6 時間保存 (-6°C)。

測定後の試料の品質は、目減り、色彩色差、糖度、L-

* : 岩手大学農学部 Corresponding author : S. Koide

** : 岩手大学大学院総合科学研究科 (現在、農研機構 果樹茶業研究部門)

アスコルビン酸含有量は、 -6°C の試料をインキュベータから取り出した直後に測定した。食味試験は、① -6°C のインキュベータから取り出して直後の試料 (SC-N1, NC1) (以後、 -6°C 食味試験)、②常温で約3時間解凍後、試料温度をそろえるため 5°C のインキュベータ内で1日静置した試料 (SC-N2, NC2) を用いて行った (以後、常温食味試験)。測定に供試した品種は「南水」であった (2021年度産)。

(4) 測定方法

1) 目減り

試料の保存前後に表面の水気をキムワイプでふき取り、質量を測定し、目減りを求めた。測定は5反復行った。

2) 色彩色差

保存前後における試料の色彩を色彩色差計 (CR-20, コニカミノルタ株式会社) で3か所を測定し、得られた表面色 (L^* , a^* , b^* 値) から次式より色差 ΔE を求めた。測定は5反復行った。

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

3) 硬度

直径14.5 mmのコルクボーラーを用いて、切断面を下にして置いた試料から3か所打ち抜いたものをサンプルとし、その硬度をクリープメータ (TPU-20, (株)山善) により測定した。測定は直径3 mmの円柱状プランジヤを用い貫入速度2.5 mm/sで試料を圧縮し、最大荷重の平均値を硬度とした。測定は5反復行った。

4) 糖度

試料を包丁で細かく刻んだ後に蒸留水を加え3倍に希釈した。これをホモジナイザー (CM-100, アズワン(株)) で5分間ホモジナイズした後、抽出液を濾過し、ポケット糖度計 (PAL-J, アタゴ(株)) を用いてBrix糖度を算出した。測定は3反復行った。

5) L-アスコルビン酸含有量

試料を包丁で細かく刻んだ後に5%メタリン酸溶液を加えて2倍希釈した。これをホモジナイズした後、マイクロ遠心分離機 (3700, 久保田商事株式会社) を用いて10,000 rpmで5分間遠心分離し、抽出液を濾紙で濾過した。測定には反射式光度計 (RQフレックスプラス10, メルク(株)) を用い、得られた値および希釈倍率からL-アスコルビン酸含有量 (mg/100g FW) を算出した。測定は3反復行った。

6) ドリップロス

常温で約3時間解凍後、表面の水気をキムタオルでふき取り、電子天秤で質量を測定し (初期質量 - 計測質量) / (初期質量) からドリップロス (%) を求めた。

7) 食味試験

訓練された4名のパネリストに対して -6°C 食味試験および常温食味試験を行った。それぞれの試験において試料は同一のニホンナシの玉から成形したものとした。

評価項目は既往の報告⁷⁾⁸⁾を参考に、「色」、「甘み」、「シャリシャリ感」、「みずみずしさ」、「硬さ」、「総合」の6項目とした。評価は5段階評価法⁹⁾を用いた。

8) 統計処理

エクセル統計 (ver2.13, (株)社会情報サービス) を用い、目減り、色彩色差の測定結果をt検定により、硬度、糖度、L-アスコルビン酸含有量の測定結果をTukey-Kramer法により検定した。

3. 結果および考察

(1) 過冷却保存試験

はじめに、試料の過冷却成功率は89.3%であった。既往の研究 (-5°C でのカット果実の過冷却保存)⁵⁾⁶⁾と比べると低い成功率ではあるが、これは過冷却温度が -6°C と低かったことが要因かと考えられる。

1) 目減り

SCがCと比較してわずかに目減りが低い値を呈した (表1)。梨は温度が低くなるにつれて蒸散量が極度に低下することが報告されているが¹⁰⁾、カットニホンナシは過冷却状態でも蒸散が抑制できることが示された。

2) 色彩色差

SCがCと比較して有意な差はないものの色差を抑える結果となった。和梨に含まれる成分として、アルブチン酸やクロロゲン酸といったポリフェノールが報告されている¹¹⁾。一般的に、ポリフェノール類を含む果実の組織の中には、その酸化酵素であるポリフェノールオキシターゼが存在しており、切る、つぶすといった物理的損傷を受けると、酸素の存在下でポリフェノール類とポリフェノールオキシターゼが反応し、褐変が生じる¹²⁾。一般に青果物は温度低下に伴い化学・生化学反応の反応速度は低下するが、本実験は、 -6°C という低温においても酵素的褐変が抑えられたことを示唆するものである。

3) 硬度、糖度、およびL-アスコルビン酸含有量について

硬度、糖度、L-アスコルビン酸含有量それぞれについてFreshとSCとCとの間に有意な差は見られなかった。このことは、今回の試験が低温保存であり、保存期間が3日間と短く、よって保存中に追熟が進まず、糖度が大きく変化することもなかったことに起因すると推測する。

(2) 冷凍試験

1) ドリップロス

ドリップロスはNCに比べてSC-Nで優位に低い値を示した (表2)。結果から一見SC-Nのほうが試料の解凍後のドリップ流出抑制の観点から望ましいと考えられるが、本測定では各試料の -20°C までの冷凍条件は同じであるものの、 -20°C に達した後の試料間の冷凍条件 (温度・時間) が異なる。よって、一概にドリップ流出の違いについての要因を決めることは困難である。今回、断定はできないが、おそらく用いた試料サイズが質量20gと大きく、 -20°C における冷凍時間が3時間と短かつ

表 1 過冷却保存試験における品質

	目減り (%)	色彩色差 (ΔE)	硬度 (N)	糖度 (Brix)	AsA 含有量 (mg/100g FW)
Fresh	—	—	3.9 ± 0.2 a	12.5 ± 0.9 a	5.3 ± 0.1 a
C	0.8 ± 0.2 ^z a ^y	4.5 ± 0.7 a	3.6 ± 0.2 a	12.0 ± 1.2 a	5.4 ± 0.1 a
SC	0.7 ± 0.1 ^z a ^y	3.7 ± 0.5 a	3.6 ± 0.2 a	12.4 ± 0.6 a	5.4 ± 0.1 a

^z 平均値±標準誤差^y 異なる符号間に 5%水準で有意差あり

表 2 冷凍試験における品質

	ドロップロス (%)	色彩色差 (ΔE)	糖度 (Brix)	AsA 含有量 (mg/100gFW)
Fresh	—	—	13.9 ± 0.3 a	5.8 ± 0.2 a
SC-N	3.4 ± 0.7 ^z b ^y	18.8 ± 0.6 a	13.7 ± 0.4 a	5.6 ± 0.2 a
NC	27.5 ± 1.8 ^z a ^y	9.9 ± 1.1 b	13.1 ± 0.5 a	5.3 ± 0.0 a

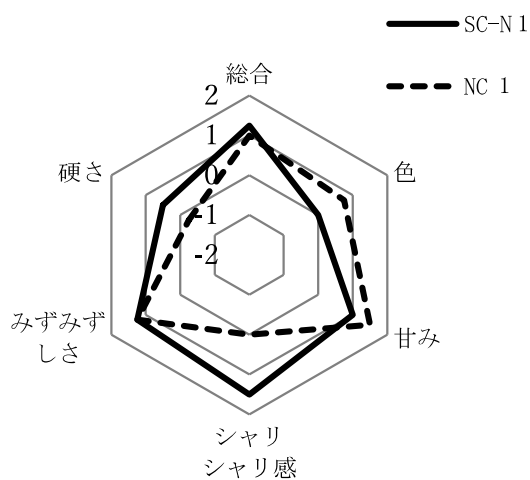
^z 平均値±標準誤差^y 異なる符号間に 1%水準で有意差あり, 同じ符号間は 5%水準で有意差なし

図 1 -6°C食味試験の結果

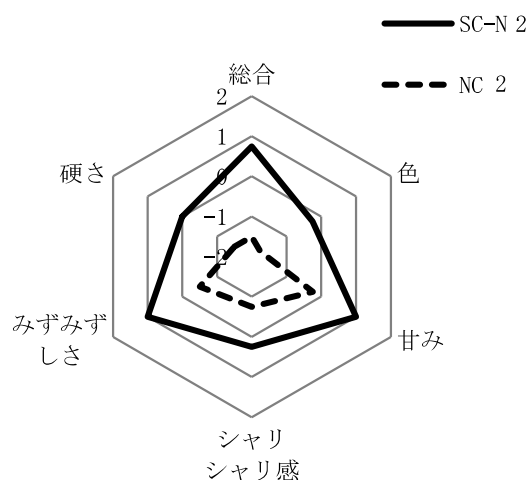


図 2 常温食味試験の結果

たことから果肉全体が十分に凍結されず, 未凍結部分が NC に比べて多くなったと考えるのが望ましい. そうであるなら SC-N 内の氷結晶は SC よりも細胞に与える影響が少なく, 結果としてドロップ流出量も低くなったと考えるのが妥当かと思われる. これについては今後, データを重ねて検討したい.

2) 色彩色差

色彩色差は NC に比べて SC-N で優位に高い値を示した. SC-N の冷凍条件は, -6°C の環境下で保存された時間が NC と比べ 63 時間長い. この温度はニホンナシの氷結点の測定値 (実験値は潜熱放出時に試料の体積の

影響を受けたため低い値を呈したと考えられる) や一般的に知られているナシの凍結点 (-1.5°C)¹³⁾ をかんがみると, 凍結濃縮が起きたことにより酵素的褐変¹⁴⁾¹⁵⁾ が活性化された可能性は高い. このことは仮に凍結点を -1.5°C とおくと Heiss の近似式¹⁶⁾ により算出される凍結率は -6°C では 75% となることから推察される.

3) 糖度および L-アスコルビン酸含有量

糖度と L-アスコルビン酸含有量に関して, SC-N と NC との間に有意な差が見られなかった. 今後は, より長期間の冷凍試験を行い, 測定後の糖度と L-アスコルビン酸含有量の変化について検討する予定である.

4) -6°C での食味試験

-6°C のインキュベータから取り出した直後の試料(SC-N1, NC1)の食味の結果を図1に示す。SC-N1はNC1に比べてシャリシャリ感と硬さが優れた結果となった。一方、色と甘みはNC1の方が高い評価を得た。みずみずしさと総合では評価に差が出なかった。SC-N1は褐変による変色の問題は残るものの、負の評価を得た項目がないことから、冷凍食品としての商品価値の可能性は高いと考えられる。

5) 常温食味試験

常温で約3時間解凍後、試料温度をそろえるため 5°C のインキュベータ内で1日静置した試料(SC-N2, NC2)の食味の結果を図2に示す。すべての項目についてSC-N2の方が優れた結果となった。解凍後もSC-N2が品質を保てた要因として、ドリップロスが少なかったこと(表2)、先述したように -20°C での冷凍が十分でなかったこと、 -6°C 条件下では試料は完全な凍結状態とならなかったことが要因として考えられる。SC-N2の食味の結果は、これらの要因が複合的に絡み合うことで、試料内の細胞膜や細胞壁の損傷の抑制、糖度減少の抑制、 5°C 環境下での褐変の変化が生じたと考えられ、今後の冷凍果実の解凍後の食味や商品価値を考えるうえで新たな知見を与えるものとする。

4. 摘要

本研究ではカットしたニホンナシを -6°C で3日間保存し、カットニホンナシの過冷却保存の適応性および過冷却保存がカットニホンナシの品質に与える影響について調べた。その結果、カットニホンナシは -6°C で3日間品質に影響を与えずに過冷却保存を行うことが可能であり、過冷却保存に適していることが明らかとなった。

あわせて本研究は、試料が保存中に過冷却解消したとしても、食味試験の観点から冷凍食品としての商品価値を有することを示唆するものである。このことは、過冷却保存技術を用いたカットフルーツの流通の拡大に一石を投じるものとする。

本研究の一部は、JSPS 科研費 21K05843 (基盤研究 C) により実施したものである。

参考文献

- 厚生労働省, 農林水産省 (2005). フードガイド(仮称) 検討会報告書 食事バランスガイド, <https://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/pdf/eiyousyokuji2.pdf>
- 宮本 亮 (2021). 健康的な食生活と行動変容を考える ～ もっと果物と野菜を! ～, <https://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/engei/attach/pdf/iyf-115.pdf>
- 中央果実協会 (2021). 令和 2 年度果物の消費に関する調査報告書, https://www.japanfruit.jp/Portals/0/resources/JFF/kokunai/r02chosa_siryor02shohi.pdf
- 阿部一博 (1998). カット果実・野菜の消費動向ならびに生理・化学的特性と流通技術, 日本調理科学会誌, 31(4), 327-335.
- Osuga, R., Koide, S., Sakurai, M., Orikasa, T., Uemura, M. (2021). Quality and microbial evaluation of fresh-cut apples during 10 days of supercooled storage, Food Control, 126, 108014.
- 大須賀玲, 小出章二, 安倍侑野, 折笠貴寛, 上村松生 (2021). 過冷却保存がカット西洋ナシの品質保持にもたらす効果, 日本食品科学工学会誌, 68(12), 455-463.
- 早川文代 (2013). 日本語テクスチャー用語の体系化と官能評価への利用, 日本食品科学工学会誌, 60(7), 311-322.
- 早川文代, 風見由香利, 井奥加奈, 阿久澤さゆり, 西成勝好, 神山かおる (2011). 日本語テクスチャー用語の対象食物名の収集と解析, 日本食品科学工学会誌, 58(8), 359-374.
- 井上裕光 (2002). 官能評価分析のための程度量表現用語の定量的研究, 日本官能評価学会誌, 6(1), 20-27.
- 太田英明, 椎名武夫, 佐々木敬卓(2002). 食品鮮度・食べ頃事典, サイエンスフォーラム, pp.261.
- 大川勝徳, 鳥潟博高 (1972). 日本ナシ黒はん病 (*Alternaria kikuchiana* Tanaka) に対する抵抗性に関する研究(第10報), 園芸学会雑誌, 41(2), 119-126.
- 山田美里, 遠藤昌幸 (2019). セイヨウナシのピールカット加工・流通技術の開発, 山形県農業研究報告, 11, 11-21.
- Crisosto, C.H. (2004). The commercial storage of fruits, vegetables: Asian Pear. <https://corpora.tika.apache.org/base/docs/govdocs1/000/000899.pdf>
- 日本冷凍空調学会編 (2013). 冷凍空調便覧IV巻食品・生物編, 日本冷凍空調学会, pp.26-32.
- 村田 敏, 田中史彦, 松岡孝尚 (1993). 食品溶液の凝固点降下の測定, 日本冷凍協会論文集, 10(2), 265-272.
- Heiss, R. and Schachinger (1951). Fundamentals of Freeze-Concentration of Liquids. Food Technology, 5(6), 211-218.

LTO を指標としたニンジンの過熱水蒸気 ブランチングにおける品質評価モデルの構築

折笠貴寛*・江原 翠*・渡邊高志**・安藤安雅**・中村宣貴**・小出章二*

Development of a quality assessment model for super-heated steam-blanching carrots using LTO as an indicator

Takahiro ORIKASA*・Midori EHARA*・Takashi WATANABE**・Yasumasa ANDO**

Nobutaka NAKAMURA**・Shoji KOIDE*

Abstract

In this study, we developed a new quality assessment model for carrot blanching treatments based on the length of a coordinate at the top of the circular arc from the origin of the relevant Cole-Cole plot (LTO) as an indicator obtained from electrical impedance measurement. Quality parameters like the contents of dietary fiber, Brix sugar, β -carotene, and total polyphenol, and surface color were measured before and after super-heated steam blanching. The multiple quality retention (MQR) of the blanching treatment of the cut samples was determined using the dimensionless parameters among the measured quality parameters. The quality retention due to effects of blanching treatment (QB) was determined and the QB values were found to increase with a decrease in LTO ratio. The obtained results in this study suggested that the quality assessment model could be developed based on the effects of blanching treatment (BE) under different blanching conditions. [Keywords] carrot, blanching, super-heated steam, electrical impedance, LTO, quality assessment model

1. 緒言

近年、女性の社会進出や単身世帯、共稼ぎ世帯および高齢者世帯の増加といった世帯構成の変化、少子化および核家族化等に伴う世帯人員の減少等を背景に、食生活の形態が変化している。例えば、食の外部化率は、1976年の29.8%から、2017年には44.1%まで増加しており、食の簡便化および外部化が進展している。ニンジンには周年栽培され、年間を通して流通しており、ばいれいしょを除く主要野菜13品目の中で、加工・業務用野菜としての利用割合が大きい品目のひとつである。ニンジンなどの青果物における高品質な加工品の製造の際には、加工中や加工後における色彩の悪変やオフフレーバーといった品質変化の防止を目的としてブランチング処理が行われている。本研究で、ブランチング処理方法として用いた過熱水蒸気処理は、100℃以上の高温に加熱された水蒸気（過熱水蒸気）を加熱媒体として利用した加熱方法であり、試料表面に形成された水層の凝縮や高い熱伝達効率などの特徴を有する。また、庫内の酸素濃度が極めて低い状態になる²⁾ことから、試料のビタミンCの破壊抑制効果や油脂の酸化抑制効果があるとされる³⁾。従来のブランチング処理方法には、操作が簡便である熱湯浸漬処理が広く用いられてきた。しかし、熱湯への浸漬の際にL-アスコルビン酸をはじめとする水溶性成分が溶出する⁴⁾。そのため、過熱水蒸気処理は、熱湯浸漬処理の代替となり得る方法として注目され、いくつかの青果物を対象に、その適用が検討されている⁵⁾。また、ブランチング以外にも、焼成、乾燥、殺菌など多くの食品加工プロセスで既に実用レベルにある⁶⁾。ブランチング処理の終了条件の指標として、

多くの植物に存在し耐熱性の高いペルオキシダーゼ (POD) が一般的に用いられており、POD 残存活性比が0.1以下となったときをブランチング処理終了としているものが多い⁷⁾。しかし、過度なブランチングであるオーバーブランチングは乾燥青果物等の品質を低下させる可能性が危惧される⁸⁾。オーバーブランチングを防止するためには、ブランチング処理において、POD 残存活性比を変化させた際の加工後の品質変化を評価し、品質劣化を最小限にするためのブランチング条件を検討する必要がある。

ブランチング処理試料の品質変化の評価は破壊測定が主流であるため、ブランチングと品質の関係を検討する際に一定の労力を伴う。一方、非破壊品質評価法には、近赤外線などを利用した光学的方法⁹⁾に加え、インピーダンス特性を利用した電磁気学的方法がある。インピーダンス特性を青果物に利用した技術は、鮮度や熟度の評価¹⁰⁾や熱操作等による組織構造の変化に関わる細胞膜の評価¹⁰⁾¹¹⁾などがあり、実用化に向けた研究が続けられている。Watanabe et al.¹²⁾は、生鮮リンゴのインピーダンスを測定し、Cole-Coleプロットにおける円弧の頂点座標より得られるLTO (Length of a coordinate at the top of the circular arc from the origin of the relevant Cole-Cole plot) を指標とすることにより、青果物の物理的損傷などの品質特性の数値化が可能と報告している。また、Watanabe et al.¹³⁾は、ブランチング処理時間とLTOの相関関係に着目し、ブランチング処理時間の増加に伴い、試料のLTOは指数関数的に減少すると報告している。Orikasa et al.¹⁴⁾も、パプリカの過熱水蒸気ブランチングにおいて、処理時間の増加に伴いLTOが減少すると報告している。一方で、POD

* : 岩手大学農学部

** : 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 食品研究部門

活性は、ブランチング処理時間が増加するに従い減少する¹⁵⁾。これらの報告から、ブランチング処理時間、POD 活性およびLTO は互いに関係性があると考えられる。従来のブランチング処理条件の指標であった POD 活性およびブランチング処理時間に加えて、LTO を指標として用いることができれば、ブランチング処理による青果物の品質評価を非破壊で行う手法の確立が期待される。しかし、ブランチング処理に伴う LTO と品質の関係について検討した事例はほとんど見当たらない。そこで、本研究では、数段階の POD 残存活性比において LTO を測定し、それを指標としてブランチング処理による複数品質の同時評価モデル構築の可能性について検討した。

2. 研究方法

(1) 供試材料

供試材料は、岩手県内の量販店から購入したニンジン (*Daucus carota* L.) を用いた。なお、産地および品種は限定しなかった。ニンジンは冷蔵庫内に保蔵し、購入してから 2 日以内に供試した。ニンジンは外皮を除き、今泉らの報告¹⁵⁾を参考に、中心の維管束を含むように一辺約 20 mm の立方体に成形したもの (以下、試料) を用いた。ニンジン栄養素は、それぞれの個体差および部位差が大きい。また、元のニンジンと成形する試料の大きさの関係から、同一の個体、部位から試料を成形することは困難である。個体差および部位差を少なくするために、1 個体における茎葉側および根端側の 4 分の 1 程度は使用しなかった。試料の質量は 8.09 ± 0.52 g ($n = 75$) であった。試料の初期水分は文献値¹⁶⁾と同じ値と仮定し、89.7% (w.b.) を用いた。

(2) ブランチング処理方法

試料 6 個をウォーターオーブン内 (AX-PX3, シャープ株式会社) に静置し、庫内設定温度 120 °C で加熱した。小倉らの方法¹⁷⁾に従って試料の POD 活性を測定した。ブランチング処理試料の POD 活性を、生鮮試料のそれと除し、POD 残存活性比とした。予備実験により、処理時間 240, 300, 360, 420 および 480s における POD 残存活性比を測定し、最小二乗法により決定した POD 残存活性比と処理時間に関する近似式を用いて POD 残存活性比 1, 0.8, 0.6, 0.3 および 0.1 における加熱時間を推定したところ、それぞれ 0, 164, 308, 357 および 436s となった (図 1)。加熱処理後の余熱による品

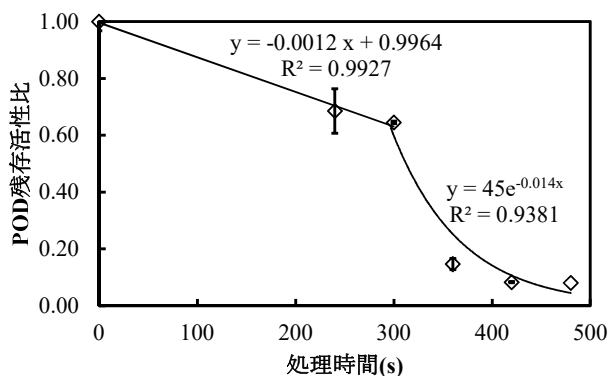


図 1 SHS ブランチング処理における POD 残存活性比。図中のバーは標準誤差 (n=2-6) を表す。図中の実線は直線近似または指数近似による計算値を表す。

質の変化を防ぐため、各処理後には直ちに氷水中で 300 秒間冷却を行った。

(3) 測定項目および方法

1) 食物繊維

一般財団法人日本食品分析センターに依頼し、AOAC 公定法として採用されている酵素—重量法 (プロスキー変法)¹⁸⁾を用いて、不溶性食物繊維、水溶性食物繊維および食物繊維総量を測定した。生鮮および各ブランチング処理試料をラップフィルムで包装し、-20 °C で冷凍した。それを -15 °C 以下の温度帯で日本食品分析センターへ輸送した。日本食品分析センターでは、酵素—重量法 (プロスキー変法) を用い、不溶性食物繊維 (g/100 g-FW)、水溶性食物繊維 (g/100 g-FW) および食物繊維総量 (g/100 g-FW) をそれぞれ測定した。

2) Brix 糖度

生鮮試料および各ブランチング処理試料の質量をそれぞれ測定した。その後、細断し、2 倍希釈となる量の蒸留水を加え、ホモジナイザ (HG-200, アズワン株式会社) を用いて均質化 (8000 rpm, 10 min, 0 - 4 °C) した。その試料を氷水で冷却しながらろ過し、抽出液を作成した。糖度計 (株式会社アタゴ) を用いて抽出液の Brix 糖度 (°Brix) を測定した。各ブランチング処理における 1 試料からの抽出液を 6 - 8 回測定し、その平均値を実験値とした。

3) 色彩変化

試料の色彩は簡易型分光色差計 (CR-13, コニカミノルタセンシング株式会社) を用いて $L^*a^*b^*$ 表色系により測定した。1 試料につき試料表面における任意の 5 点を測定し、その平均値を色彩の測定値とした。測定は 3 回反復した。処理前後の ΔL^* , Δa^* および Δb^* から以下の式 (1) により色差 ΔE を算出した。

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

4) β -カロテン

カロテノイドの抽出方法は、満田らの方法¹⁹⁾を改変し用いた。すなわち、試料約 8 g に対し、アセトン 15 - 22 ml を添加し、4 °C でホモジナイズ (8000 rpm, 5 min) およびろ過を、試料の色素が完全に溶出するまで繰り返し (7 回) 行い、抽出液を得た。なお、ホモジナイズにはホモジナイザ (CM-100, アズワン株式会社) を、ろ過には定性ろ紙 (NO.4 Whatman) をそれぞれ用いた。得られた抽出液を 250 ml に定容し、波長 443, 492, 505 nm における吸光度を測定した。得られた吸光度を永田ら²⁰⁾による以下の式 (2) に当てはめ、

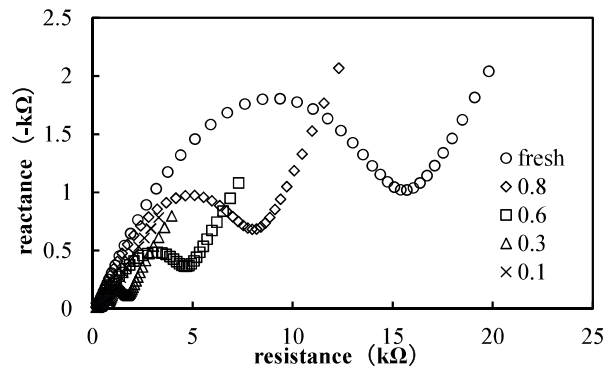


図 2 各ブランチング試料の Cole-Cole プロット。

β -カロテン濃度 (mg/l) を求めた。

$$\beta\text{-Carotene (mg/L)} = -1.488A_{443} + 4.844A_{492} - 2.352A_{505} + 0.098 \quad (2)$$

式 (2) で求めた値を試料乾物質質量 (以下, DW) 1g 当たりの β -カロテン含有量 (mg/g-DW) に換算して表した。なお, 測定は6回反復した。

5) 総ポリフェノール

ポリフェノールの抽出方法は渡邊らの方法²¹⁾を用いて行った。抽出溶媒であるメタノールは Heredia et al.の方法²²⁾に倣い, 原液のまま使用した。生鮮および各ブランチング処理試料を細断し, メタノールを 30ml 加えてホモジナイズ (8000 rpm, 5 min) した。それを, 酵素を失活させるため 3 min 湯浴した後, ろ過した。その残渣にメタノールを 30 ml 加え, 再度ホモジナイズ (8000 rpm, 5 min) し, ろ過した。これにメタノールを加え合わせ 100 ml に定容し, 抽出液とした。総ポリフェノールの定量は, フォーリン・チオカルト法により行った。遮光した試験管に抽出液 2 ml とフェノール試薬 2 ml を加え, 3 min 放置後, 10%炭酸ナトリウム 2ml を加え, 混和後 1 h 室温で放置した。その後, 遠心分離 (4300 rpm, 5 min, 4 °C) し, 波長 720 nm における溶液の吸光度を測定した。没食子酸検量線を作成し, ポリフェノール含有量 (mg/l) を定量した。得られた値を試料乾物質質量 1g 当たりの総ポリフェノール量 (mg/g-DW) に換算して表した。なお, 測定は3-6回反復した。

6) 試料中心温度

素線径 0.3 mm の T 型熱電対を用いて, 10 s 間隔で試料中心温度を計測した。試料中心に穴を開けて T 型熱電対を深さ方向に 10 mm 程度挿入して測定した。測定は2回反復した。

(4) 統計検定

品質の各測定項目 (Brix 糖度, 色彩変化, β -カロテン, 総ポリフェノール) について, Tukey-Kramer 法による有意差検定を行った。有意水準は $P < 0.05$ とした。統計解析には, エクセル統計 (ver 3.20, 株式会社社会情報サービス) を用いた。

(5) LTO を指標とした品質評価モデルの構築理論

1) LTO と POD 活性の関係の導出

POD 残存活性比 1, 0.8, 0.6, 0.3 および 0.1 における試料の電気インピーダンスを, Watanabe et al.の報告¹²⁾に従い測定した。電気インピーダンスの測定には, 4 端子対法によるインピーダンスメータ (3532-50, 日置電機株式会社) を使用した。インピーダンスメータに接続したステンレス製の $\phi 1$ mm 針状電極を 9 mm の間隔で試料に貫通させ, 複素数インピーダンスの大きさ $|Z|$ と位相角 θ を計測した。試料に印加される測定用交流電圧は 1 V であり, 測定用周波数は 50 Hz - 5 MHz の範囲における 50 点の掃引測定を行った。計測された $|Z|$ と θ から, 以下の式によりレジスタンス R (Ω) およびリアクタンス X (Ω) を算出した。なお, 測定は6回反復した。

$$R = |Z| \cos \theta \quad (3)$$

$$X = |Z| \sin \theta \quad (4)$$

得られたレジスタンスおよびリアクタンスをそれぞれ横軸と縦軸にプロットし, Cole-Cole プロットを作成した (図 2)。Cole-Cole プロットから得られた円弧頂点座標と原点からの距離を用い, 以下の式でブランチング処理試料における LTO¹²⁾を算出した。

$$LTO = \sqrt{R_{top}^2 + X_{top}^2} \quad (5)$$

ここで, R_{top} および X_{top} は Cole-Cole プロットの円弧頂点座標におけるレジスタンスおよびリアクタンスをそれぞれ表す。ブランチング処理試料 (POD 残存活性比 0.8, 0.6, 0.3 および 0.1) の LTO を, 生鮮試料 (POD 残存活性比 1) のそれで除すことにより LTO 比を算出した。その結果, POD 残存活性比が 1, 0.8, 0.6, 0.3 および 0.1 のときの LTO 比は, それぞれ 1, 0.53, 0.32, 0.13 および 0.06 となった (図 3)。

2) 各品質測定値の無次元化

以下の (6) - (10) の式を用いて, 食物繊維総量 (DFR) (-), Brix 糖度 (SR) (-), β -カロテン含有量 (BCR) (-) および総ポリフェノール含有量 (PR) (-) の増減比, および色差の変化比 (CR) (-) をそれぞれ算出し, 無次元数として表した。

$$DFR = \frac{DF}{DF_1} \quad (6)$$

$$SR = \frac{S}{S_1} \quad (7)$$

$$BCR = \frac{BC}{BC_1} \quad (8)$$

$$PR = \frac{P}{P_1} \quad (9)$$

$$CR = 1 - \frac{c}{c_{max}} \quad (10)$$

ここで, DF_1 , S_1 , BC_1 , P_1 は LTO 比 1 (生鮮時) における各測定項目のそれぞれの値を表す。ただし, CR は最大値を 1 とし, 試料の色彩変化が小さいほど品質が良いと仮定した。

3) 複数品質の同時評価式の作成

渡邊ら (2015) の報告に従い, 無次元化した各品質値を積算し, ブランチング処理による複数品質保持効果 (Multiple quality retention of blanching, MQR) (-) を定量化した (式 (11))。

$$MQR = \sum IQ = DFR + SR + BCR + PR + CR \quad (11)$$

ここで, IQ はそれぞれの LTO における各品質値を示す。 MQR が大きいほどブランチング処理による複数品質保持効果が高いこと, すなわち, ブランチング処理による品質劣化を最小化できることを示す。

4) ブランチング処理効果を考慮した品質評価式の作成

ブランチング処理は青果物内の諸酵素の働きを抑制し, 加工中や加工後における品質劣化を防ぐことを目的として行われる操作であり, POD 活性が小さいほどブランチング処理の効果は高いと考えられる。本研究では, POD 残存活性比を指標としてブランチング処理効果 (Effects of blanching treatment, BE) (-) を式 (12) により定量的に表し, ブランチング処理による酵素失活の効果を考慮した品質評価モデルの構築を行った。さらに, BE に対して MQR を乗じることにより, ブランチング処理効果を考慮した品質保持効果 (Quality retention considering effects of blanching treatment, QB) (-) を定義した (式 (13))。

$$BE = 1 - POD \quad (12)$$

$$QB = MQR \times BE \quad (13)$$

表1 各LTO比における濃度、 β カロテン、総ポリフェノール、色彩および色差

LTO比	糖度 (°Brix)	β -カロテン (mg/g-DW)	総ポリフェノール (mg/g-DW)	L^*	a^*	b^*	ΔE
1	7.45 ± 0.24a	0.38 ± 0.03a	0.33 ± 0.03a	45.7 ± 0.76a	24.2 ± 0.73ab	30.3 ± 1.02a	1.00 ± 0.00b
0.53	6.78 ± 0.19a	0.34 ± 0.04a	0.32 ± 0.04a	45.0 ± 1.05a	24.8 ± 1.19ab	31.8 ± 1.07a	1.82 ± 0.44b
0.32	7.33 ± 0.28a	0.35 ± 0.72a	0.32 ± 0.02a	41.6 ± 0.67b	22.4 ± 0.65b	31.2 ± 2.31a	6.92 ± 0.49a
0.13	7.87 ± 0.24a	0.41 ± 0.03a	0.27 ± 0.03a	40.8 ± 0.69b	19.1 ± 1.20b	29.7 ± 2.34a	6.53 ± 0.56a
0.06	6.77 ± 0.11a	0.37 ± 0.04a	0.27 ± 0.03a	40.7 ± 0.51b	18.5 ± 2.46a	29.7 ± 2.46a	5.81 ± 0.49a

値は平均値±標準誤差 (n=3-6) . 異なる英小文字間にTukey-Kramer法による有意差あり ($P < 0.05$).

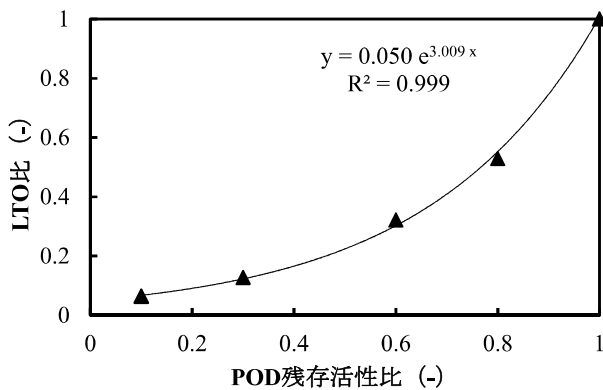


図3 LTO比とPOD残存活性比の関係。

ここで、PODはPOD残存活性比(-)を表し、QBの値が大きいほど、加工後の品質劣化を最小化できることを意味する。

3. 結果と考察

(1) ブランチング処理前後の品質変化

1) 食物繊維含有量

不溶性食物繊維、水溶性食物繊維および食物繊維総量を図4に示す。LTO比1と比較して、LTO比0.13および0.06における水溶性食物繊維はそれぞれ0.4および0.3g増加し、不溶性食物繊維はそれぞれ0.3および0.2g減少した。90℃以上の加熱によりペクチンは β -脱離反応を起こし軟化する²³⁾。 β -脱離反応による軟化は、不溶性ペクチンが低分子化され水溶性ペクチンに変化するためであるとされている²⁴⁾。今回の実験においても、ブランチング処理による加熱により試料の表面温度は90℃以上となり、 β -脱離反応により不溶性ペクチンが低分子化され水溶性ペクチンに変化したため²⁵⁾、試料が軟化したと考えられる。

2) Brix糖度

Brix糖度を表1に示す。各LTO比におけるBrix糖度は6.7-7.9°Brixとなった。浸漬操作を必要としないブランチング処理は水溶性成分の溶脱の抑制に効果的であると報告されており⁴⁾、ニンジンの熱湯浸漬ブランチング処理におけるBrix糖度は5.4°Brix程度(未処理における糖度の約7割)であった²⁶⁾ことから、過熱水蒸気ブランチングは熱湯浸漬ブランチングと比較して、糖の溶脱を20%-30%程度抑制する効果があることが示された。

3) β -カロテン含有量

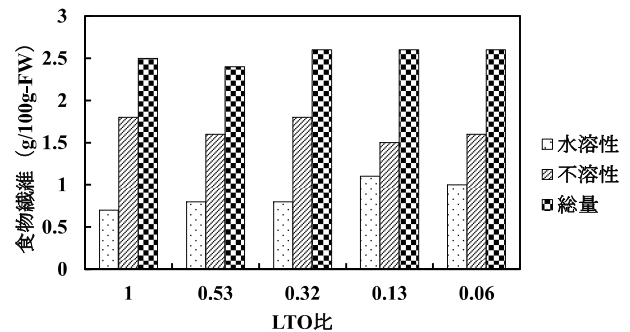


図4 食物繊維含有量とLTO比の関係。

β -カロテン含有量を表1に示す。各LTO比における β -カロテン含有量は0.34-0.41 mg/g-DWとなり、 β -カロテン含有量に有意差は見られなかった。カロテノイドは酸素に対して比較的不安定であり、酸化分解によって分解される特性がある²⁷⁾。過熱水蒸気処理では、庫内の酸素濃度が0.2-0.4%程度となる²⁾²⁸⁾ことから、カロテノイドの酸化分解が抑制されたことにより、 β -カロテン含有量に有意差は見られなかったと考えられる。

4) 総ポリフェノール含有量

総ポリフェノール含有量を表1に示す。各LTO比における総ポリフェノール含有量は0.27-0.33 mg/g-DWとなり、総ポリフェノール含有量に有意差は見られなかった。リンゴや白桃といった果実における2minの沸騰水によるブランチング処理では、29.76-1.23%のポリフェノールの損失が報告されている²⁹⁾。今回の実験では浸漬操作を必要としない過熱水蒸気ブランチング処理であったため、ポリフェノールの溶出が抑制され、各LTO比において総ポリフェノール含有量に差が見られなかったと考えられる。

5) 色彩変化

算出した ΔE を表1に示す。 ΔE はLTO比0.53では1.82となったのに対し、LTO比0.32以下の条件では5.81-6.92となり、LTO比0.53における ΔE と比較して3.19-3.80倍変化が大きくなった。この値は、熱湯浸漬処理およびマイクロ波処理による値²⁹⁾と比較して極めて小さい値であることから、過熱水蒸気ブランチングは色彩変化の抑制に有効である可能性が示された。

一方、LTO比の減少、すなわちPOD活性の低下に伴い L^* 、 a^* 、 b^* の値は減少し(表1)、既存の報告³⁰⁾と同様の傾向となった。折笠ら²⁹⁾は、ニンジンの熱湯およびマイクロ波ブランチングにおける色彩変化は褐変反応による影響が大きいと報告しており、 L^* 、 a^* 、

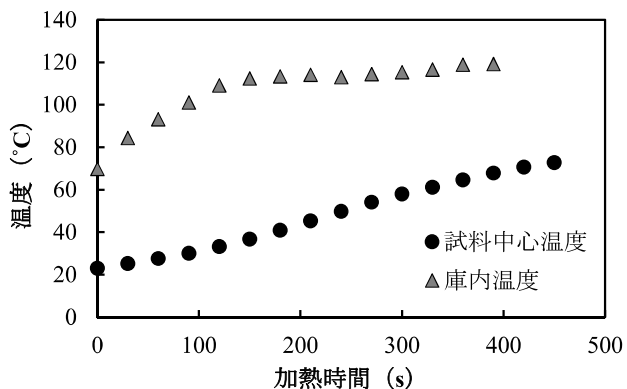


図5 SHS 処理における試料中心温度と庫内温度。

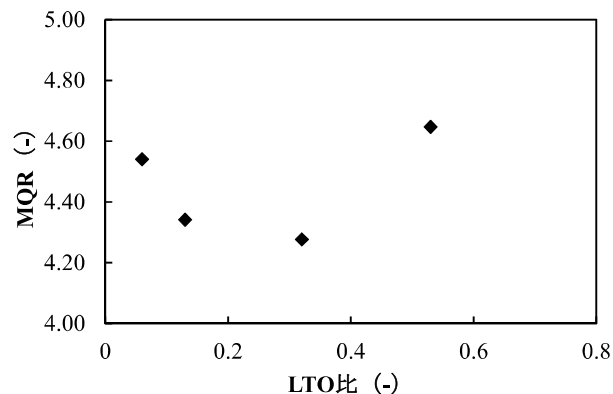


図6 複数品質保持効果 MQR と LTO 比の関係。

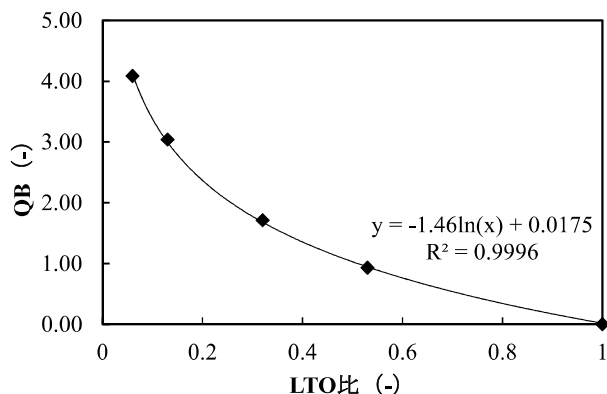
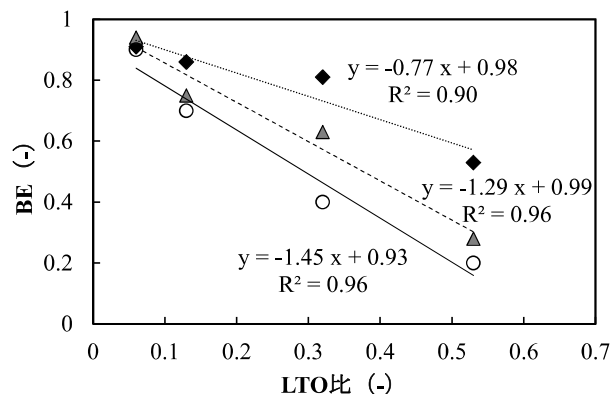


図7 ブランチング処理効果を考慮した品質保持効果 QB と LTO 比の関係。



◆ パプリカHW ▲ パプリカSHS
○ ニンジンSHS 線形(パプリカHW)
----- 線形(パプリカSHS) — 線形(ニンジンSHS)

図8 ブランチング処理効果 BE と LTO 比の関係。
なお、パプリカの BE は渡邊ら (2015) のデータを用いて換算した。

b^* の値も本研究と同様の傾向を示している。本研究においても試料中心温度が 73 °C 程度まで上昇しており (図 5), 加熱褐変反応が起こる温度条件を満たしていることから、過熱水蒸気ブランチングにおける色彩変化は加熱褐変が関係している可能性が考えられた。

(2) LTO を指標としたブランチング処理における品質評価モデルの構築

1) 複数品質の同時評価モデル

式 (6) - (10) により各品質の測定値を無次元化した後, 式 (11) を用いてそれらを積算し, ブランチング処理による複数品質保持効果 (MQR) を算出した。決定した MQR を図 6 に示す。LTO 比の変動に伴い MQR も変化し, LTO 比 0.53 において MQR が最大となった。これは, 各 LTO 比における品質変化が他の品質値よりも大きかった CR (式 (10)) の影響によるものと考えられる。この結果から, LTO 比が 0.53 となるようにブランチング処理時間を設定することにより, 今回対象とした品質の保持効果を最大化 (ブランチング処理に伴う品質劣化を最小化) することが可能であることが示された。式 (11) は, 複数品質を同時に評価できることから, ブランチング後の試料品質を最大化する最適なブランチング処理条件の決定に有用であると考えられる。

2) ブランチング処理効果を考慮した品質評価モデル

POD 残存活性比の加熱による減少速度は試料の種類および形状やブランチング処理方法などによって異なってくる。一例として, パプリカの熱湯浸漬および過熱水蒸気処理における POD 残存活性

比は, 熱湯浸漬処理では指数関数的に, 過熱水蒸気処理では直線的に減少する²¹⁾。渡邊ら²¹⁾によると, LTO 比 0.53, 0.32, 0.13 および 0.06 におけるパプリカの POD 残存活性比は熱湯浸漬でそれぞれ 0.47, 0.19, 0.14 および 0.09, 過熱水蒸気処理で 0.72, 0.37, 0.25 および 0.06 となる。これらの値を式 (12) に代入し BE を算出したところ, BE の傾きはパプリカの熱湯浸漬と過熱水蒸気ブランチング処理およびニンジンの過熱水蒸気ブランチング処理では異なる傾向を示した (図 8)。試料の種類およびブランチング処理方法によって POD 残存活性比と LTO の関係は異なることから, 試料の種類やブランチング処理方法によって BE を定量化することにより, 加工後の品質を考慮した複数品質の同時評価が可能となると考えられる。今後は, 異なる試料やブランチング処理方法による BE の定量化を行い, LTO と品質の関係についてデータの蓄積を行うとともに, ブランチング後の 2 次加工処理も含めた品質評価モデルの構築について検討し, より実用性の高いモデル構築を目指す必要がある。

4. 摘要

非破壊測定への応用が期待される LTO を指標として, 青果物のブランチング処理における新たな品質評価手法の開発を目的とし, ニ

ンジンの過熱水蒸気ブランチング処理における複数品質の同時評価モデル構築の可能性について検討した。食物繊維、Brix 糖度、色彩変化、 β -カロテンおよび総ポリフェノールの測定値を無次元化し、ブランチング処理後試料の複数品質保持効果 (MQR) を算出した。これより、式 (11) を用いることにより、複数品質の保持効果を最大化できるブランチング処理条件を決定できる可能性が示された。また、ブランチング処理効果を考慮した品質保持効果 (QB) を決定したところ、LTO 比が低くなるに伴い QB は増加した。今後、試料やブランチング処理条件ごとにブランチング処理効果 (BE) を定量化することができれば、ブランチング処理効果を考慮した品質評価が可能であると考えられた。これら新たに構築した理論により、青果物のブランチング処理における LTO を指標とした新たな品質評価モデルの構築の可能性が示された。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 JP22K05901 および JP17K08015 の助成により実施された。ここに記して謝意を示す。

参考文献

- 1) 農林水産省, 2018. 加工・業務用野菜をめぐる状況. https://www.maff.go.jp/j/seisan/kakou/yasai_kazitu/attach/pdf/kakouyasai-all-R1.12.pdf. Accessed May. 31, 2022.
- 2) 五十部誠一郎, 2005. 過熱水蒸気を用いた食品加工 農産物 1 次加工処理のための新規過熱水蒸気システムの開発. 食品工業, 48(14), 34-39.
- 3) 門馬哲也, 岸本卓士, 田中源基, 高見星司, 2005. 過熱水蒸気による健康調理技術の開発. シャープ技報, 91, 40-44.
- 4) 安藤泰雅, 折笠貴寛, 椎名武夫, 五月女 格, 五十部誠一郎, 村松良樹, 田川彰男, 2011. ジャガイモのブランチングにおけるカリウム溶出およびマイクロ波の適用. 日本食品科学工学会誌, 58, 284-290.
- 5) 五月女 格, 鈴木啓太郎, 小関成樹, 坂本晋子, 竹内真紀子, 小笠原幸雄, 名達義剛, 五十部誠一郎, 2006. 微細水滴を含む過熱水蒸気によるジャガイモの 1 次加工処理. 日本食品科学工学会誌, 53, 451-458.
- 6) 五十部誠一郎, 小笠原幸雄, 根岸由紀子, 殿塚婦美子, 2011. アクアガス (微細水滴含有過熱水蒸気) システムの開発と農産加工への応用. 日本食品科学工学会誌, 58, 351-358.
- 7) 渡邊高志, 折笠貴寛, 佐々木邦明, 小出章二, 椎名武夫, 田川彰男, 2014. ブランチング処理がカットキャベツの遠赤外線乾燥過程に及ぼす影響. 農業食料工学会誌, 76, 387-394.
- 8) 大森定夫, 平田 晃, 鷹尾宏乃進, 中元陽一, 藤岡 修, 青果物の非破壊品質評価技術に関する開発研究. 農業機械化研究所報告, 40, 1-9 (2011).
- 9) 加藤宏郎, 1988. 高周波インピーダンスによる農産物の非破壊鮮度判定 (第 1 報) - 青果物の電気特性と内部品質および容量結合による非破壊接触抵抗測定 -. 農業機械学会誌, 50, 99-107.
- 10) 志塚 淳, 小川幸春, 田川彰男, 2008. 脱水ダイコンの物理的、電気的特性に及ぼす凍結および解凍操作の影響. 日本食品科学工学会誌, 55, 158-163.
- 11) 今泉鉄平, 村松良樹, 折笠貴寛, 濱中大介, 田中史彦, 内野敏剛, 田川彰男, 2014. イモ類およびダイコンの熱物性および電気的特性に及ぼす熱湯浸漬の影響. 日本食品科学工学会誌, 61, 244-250.
- 12) Watanabe, T., Ando, Y., Orikasa, T., Kasai, S., Shiina, T., 2018. Electrical impedance estimation for apple fruit tissues during storage using Cole-Cole plots. Journal of Food Engineering, 221, 29-34.
- 13) Watanabe, T., Orikasa, T., Shono, H., Koide, S., Ando, Y., Shiina, T., Tagawa, A., 2016. The influence of inhibit avoid water defect responses by heat pretreatment on hot air drying rate of spinach. Journal of Food Engineering, 168, 113-118.
- 14) Orikasa, T., Ono, N., Watanabe, T., Ando, Y., Shiina, T., Koide, S., 2018. Impact of blanching pretreatment on the drying rate and energy consumption during far-infrared drying of paprika (*capsicum annum* L.). Food Quality and Safety, 2, 97-103.
- 15) 今泉鉄平, 折笠貴寛, 村松良樹, 田川彰男, 2013. サトイモおよびナガイモのマイクロ波ブランチングの適用. 日本食品科学工学会誌, 60, 11-18.
- 16) 香川明夫, 2017. 七訂 食品成分表 2017. 女子栄養大学出版部, 東京, 68-69.
- 17) 小倉長雄, 川久保歌子, 飯島 正, 中川弘毅, 竹花秀太郎, 1971. トマト果実のパロオキシダーゼについて. 千葉大学園芸学部学術報告, 19, 55-62.
- 18) Prosky, L., Asp, N. G., Schweizer, T. F., DeVries, J. W., Furda, I., 1988. Determination of insoluble, soluble, and total dietary fiber in foods and food products: interlaboratory study. Journal of Association of Official Analytical Chemists, 71, 1017-1023.
- 19) 満田幸恵, 新本洋士, 小堀真珠子, 津志田藤二郎, 2002. 高速液体クロマトグラフィーによる野菜のカロテノイドおよびクロロフィルの同時解析. 日本食品科学工学会誌, 49, 500-506.
- 20) 永田雅靖, 野口裕司, 伊藤秀和, 今西俊介, 杉山慶太, 2007. 普通種ニンジンと金時ニンジンの α -、 β -カロテンおよびリコペンの簡易分別定量法. 日本食品科学工学会誌, 54, 351-355.
- 21) 渡邊高志, 折笠貴寛, 小出章二, 佐藤和憲, 中村宣貴, 椎名武夫, 田川彰男, 2015. コンジョイント分析を用いた乾燥パブリカの最適ブランチング処理条件の検討. 日本食品科学工学会誌, 62, 394-401.
- 22) Heredia, J. B., Cisneros-Zevallos, L., 2009. The effect of exogenous ethylene and methyl jasmonate on pal activity, phenolic profiles and antioxidant capacity of carrots (*Daucus carota*) under different wounding intensities. Postharvest Biology and Technology, 51, 242-249.
- 23) 岡崎 尚, 前重静彦, 鈴木寛一, 1997. 加熱によるダイコンの軟化およびペクチンの分解に関する速度論的解析. 日本食品科学工学会誌, 44, 647-652.
- 24) 加賀田江里, 小宮山展子, 林 真愉美, 洲上倫子, 松浦 康, 2008. 切り干しダイコンの煮えにくさとペクチンの状態. 日本家政学会誌, 59, 575-582.
- 25) 後藤重芳, 河上敦子, 高祖美紀子, 1969. 調理による蔬菜のペクチン質の変化 (第 1 報). 日本家政学会誌, 20, 235-238.
- 26) 折笠貴寛, 小出章二, 澤田みのり, 三鹿暉峻, 佐々木邦明, 渡邊高志, 安藤泰雅, 中村宣貴, 村松良樹, 椎名武夫, 田川彰男, 2017. ニンジンの最適ブランチング処理法に向けた品質および物理的特性の測定. 農業食料工学会誌, 79, 122-130.
- 27) 菊崎泰枝, 2011. 第 10 章嗜好成分. 久保田紀久枝, 森光康次郎編, スタンダード栄養・食物シリーズ 5 食品学—食品成分と機能性— (第 2 版補訂). 東京化学同人, 東京, 76-106.
- 28) 五月女 格, 坂本晋子, 竹内真紀子, 小笠原幸雄, 名達義剛, 五十部誠一郎, 2006. 微細水滴を含む過熱水蒸気の伝熱・乾燥特性. 日本食品工学会誌, 6, 229-236.
- 29) 大池奈津希, 川俣幸一, 2012. 果実ポリフェノール量および抗酸化活性への電子レンジ加熱, 湯煮加熱 (ブランチング) の影響. 栄養学雑誌, 70, 207-212.
- 30) Gonçalves E. M., Pinheiro, J., Abreu, M., Brandão, T. R. S., Silva, C. L. M., 2010. Carrot (*Daucus carota* L.) peroxidase inactivation, phenolic content and physical changes kinetics due to blanching. Journal of Food Engineering, 97, 574-581.

TOHOKU BRANCH REPORT
OF
THE JAPANESE SOCIETY OF AGRICULTURAL MACHINERY AND FOOD ENGINEERS

CONTENTS

RESEARCH PAPERS

Wakana KADOWAKI • Shoji KOIDE • Rei OSUGA • Takahiro ORIKASA
Supercooled storage of fresh-cut Japanese pears at -6 °C 1

Takahiro ORIKASA • Midori EHARA • Takashi WATANABE • Yasumasa ANDO
Nobutaka NAKAMURA • Shoji KOIDE
Development of a quality assessment model for super-heated steam-blanching carrots using LTO as an indicator 5

NOTES 11

ORGANIZATION DIRECTORY 27