

日本食品保蔵科学会誌

VOL. 38 NO. 6

会 長	高井 陸雄	副 会 長	上田 悦範	小宮山美弘	早坂 薫
編集委員長	上田 悦範				
編 集 委 員	石田 裕	稲熊 隆博	井上 茂孝	今堀 義洋	竹永 章生
	津久井亜紀夫	東尾 久雄	古庄 律	松田 茂樹	

<報 文>

エチレン処理されたバナナ果実切片の生理・化学的特性

ならびに微生物の変化に及ぼす強酸性電解水の影響に関する研究 (321)

／阿部一博・笹本真季子・嘉悦佳子・阿知波信夫

強酸性電解水と超高速振動の併用によるミツバの微生物制御 (329)

／阿部一博・嘉悦佳子・阿知波信夫

<研究ノート>

キアヌ澱粉のミルクゼリーへの利用 (335)

／大迫早苗・永島伸浩・石田 裕・岡田早苗

老鶏肉の特徴と付加価値食品素材としての利用性の検討 (341)

／阿久澤さゆり・佐野紘子・石山 緑
前橋健二・小山洋一

<技術報告>

ヨーグルトのテクスチャーに与える脱脂乳の加熱処理の影響と要因 (347)

／岡 大貴・笠井亮吾・野口智弘・高野克己

<講 座>

身近な野菜・果物～その起源から生産・消費まで (20) (351)

バナナ (I) /木下善行

<文献抄録> (357)

<本会記事> (358)

<会 告> (360)

Food Preservation Science

CONTENTS OF VOL. 38 NO. 6 (2012)

<Article> (Japanese)

- Effect of Electrolyzed Acidic Water Treatment on the Physiological and
Chemical Properties and Microorganisms of Ethylene-treated Banana Sections
ABE Kazuhiro, SASAMOTO Makiko, KAETSU Keiko and ACHIWA Nobuo (321)

- Combined Effect of Electrolyzed Acidic Water and Ultrasonic Vibration Treatments
on Microorganisms in the Japanese Hornwort (*Cryptotaenia japonica* Hassk.)
ABE Kazuhiro, KAETSU Keiko and ACHIWA Nobuo..... (329)

<Research Note> (Japanese)

- Use of Quinoa Starch in Milk Jelly
OOSAKO Sanae, NAGASHIMA Nobuhiro, ISHIDA Hiroshi and OKADA Sanae (335)

- Physicochemical Properties and Utilization of Spent Laying Hen Muscle as a Functional Food
AKUZAWA Sayuri, SANO Hiroko, ISHIYAMA Midori,
MAEHASHI Kenji and KOYAMA Yoh-ichi (341)

<Technical Report> (Japanese)

- Effects of Heat-treated Skim Milk on the Texture of Yogurt Curd
OKA Daiki, KASAI Ryogo, NOGUCHI Tomohiro and TAKANO Katsumi (347)

<Serialization Lecture> (Japanese)

- Bananas (Part I)
KINOSHITA Yoshiyuki (351)

エチレン処理されたバナナ果実切片の生理・化学的特性 ならびに微生物の変化に及ぼす強酸性電解水の影響に関する研究

阿部一博^{*1§}・笹本真季子^{*1}・嘉悦佳子^{*2}・阿知波信夫^{*3}

* 1 大阪府立大学大学院生命環境科学研究科

* 2 大阪府環境農林水産総合研究所

* 3 ホシザキ電機 (株)

Effect of Electrolyzed Acidic Water Treatment on the Physiological and Chemical Properties and Microorganisms of Ethylene-treated Banana Sections

ABE Kazuhiro^{*1§}, SASAMOTO Makiko^{*1}, KAETSU Keiko^{*2} and ACHIWA Nobuo^{*3}

* 1 *Graduate School of Agriculture and Biological Science, Osaka Prefecture University
1-1, Gakuen-cho, Nakaku, Sakai, Osaka 599-8531*

* 2 *Research Institute of Environment, Agriculture and Fisheries, Osaka Prefecture Government,
442, Shankudo, Habikino-shi, Osaka 583-0862*

* 3 *Specialized Engineering Department, HOSHIZAKI ELECTRIC CO., LTD.
3-16, Minamiyakata, Sakae-cho, Toyoake-shi, Aichi 470-1194*

Light green bananas were purchased directly from a banana processor, immediately after ethylene treatment. Bananas were cut into 3 cm slices, and sections were taken from the middle part of the fruits. These sections were treated in 3 different ways: dipped in electrolyzed acidic water and then air dried (EAW), dipped in purified water and then air dried (PW), and no treatment (Control). All sections were placed into 3 unsealed polyethylene bags in according to the 3 different treatment groups and held at 20°C so that ripening process could be observed. In this study, it was noted that the yellowing and formation of sugar spots on the peels of EAW-treated sections were delayed compared with those on the peels of sections given other treatments. The sweetness of the pulp increased, and astringency of the pulp declined during storage of all sections, however, the EAW-treated sections exhibited a delay in these changes. The production rates of both CO₂ and C₂H₄ increased within 3 hours due to the injury response. The CO₂ and C₂H₄ production rates of PW-treated and untreated control sections peaked on day 2, and the production rates of the EAW-treated sections were lower and peaked on day 3. There were no significant differences in the decrease of alcohol insoluble solids (AIS) or the increase of sugar content in the PW-treated and control sections. However, the EAW-treated sections had slightly lower levels of sugar than the PW-treated and control sections. All sections showed an insignificant decrease in phenol content, and differences among the treatment groups were small. To determine the relationship between the total viable bacteria counts (TVBC) and the ripening reaction, samples were taken from the middle and cut surface on the peel of the sections or the middle and the cut surface of the pulp. Microorganisms were detected on the peel samples on day 0; however, the samples were then sterilized by the EAW treatment. As the experiment progressed, the TVBC on both the middle and the cut surface of the peel increased. There were no microorganisms detected either in the middle or on the cut surface of the pulp on day 0. TVBC on the cut surface of the pulp increased faster than that in the middle of the pulp. The rate of increase in TVBC was fastest on the peel of the PW-treated sections and the rate of increase in TVBC was slowest on the peel and pulp of the EAW-treated sections. This study showed that sterilization of banana sections with EAW treatment decreased the number of microorganisms, and

* 1 〒599-8531 大阪府堺市中区学園町 1-1

§ Corresponding author, E-mail: abe@plant.osakafu-u.ac.jp

* 2 〒583-0862 大阪府羽曳野市尺度442

* 3 〒470-1194 愛知県豊明市栄町南館 3-16

this decrease might delay the ripening of bananas sections.

(Received Feb. 22, 2012 ; Accepted Apr. 26, 2012)

Key words : *banana, ripening, ethylene, microorganisms, electrolyzed acidic water*

バナナ果実, 追熟, エチレン, 微生物, 強酸性電解水

私たちは日常的に多くの野菜や果実を食材として利用しているが、年間を通じて価格が一定しており、入手しやすいバナナの輸入量および消費量は安定的に多量で、食生活において重要な果実である。また、近年、コンビニエンスストアやスーパーでよくみられるカット野菜やカット果実は消費者や外食産業のニーズに合っており、日本ではその消費量は増加の一途をたどっている。しかし、その一方で切断によって衛生面や品質保持において多くの課題が発生し、効率的な殺菌方法が求められており^{1), 2)}、筆者らは、殺菌作用を有し、安全性が高いため、食品添加物としても認められている強酸性電解水によるカット青果物の微生物制御に関する研究を行っている³⁾。

強酸性電解水は、エチレン処理を行っていないバナナ果実の切片の微生物密度低下に効果があるのみならず、バナナ切片の追熟を遅らせて、切片の追熟には微生物が関与することの可能性について報告しており⁴⁾、微生物が多く存在するバナナ果実の追熟が少ない果実よりも速いことも明らかにしている⁵⁾。

本研究では、特徴的な生理・化学的特性を示すバナナ果実のうち、エチレン処理直後のライトグリーンバナナを用いて、バナナ切片の微生物と品質変化に及ぼす強酸性電解水の影響を明らかにすることを目的として実験を行った。

実験材料および実験方法

1. 実験材料

堺市内のバナナ加工業者からエチレングスによる加工処理直後のエクアドル産バナナ「エナーノ」を購入し、実験に供した。購入した房から果実を1本ずつ切り離し、大きさと形状が均一になるように選んだ。バナナ果実中央部から3 cm幅の切片を調製し、切片を3区に分けて、以下の処理を行った。

対照区は切片の処理を行わずに使用し、純水区は純水に、電解水区は強酸性電解水（ホシザキ電機製電解水生成装置ROX-20TA, pH2.7以下, 有効塩素濃度20~60mg/kg）に切片をそれぞれ3分間浸漬処理し、風乾させた。その後、処理区ごとに非密封ポリエチレン袋に入れ、20℃で貯蔵し、貯蔵中に以下の評価や測定を行った。

2. 実験方法

(1) 果皮色の評価 貯蔵中に各区のバナナの果皮色を観察し、平均的な外観を次の8段階のスケールを用いて評価した。

1：全体的に緑色, 2：少し黄色, 3：グリーンチップ, 4：全体的に黄色, 5：斑点がみられるがごく少な

い, 6：斑点が少しみられる, 7：斑点が多くみられる, 8：斑点が非常に多くみられる。

(2) 果肉食味（甘味と渋味）の官能検査 各区の果実の食味（果肉の甘味および渋味）についての官能検査を数名で行った。各評価は以下の5段階で行った。

1：弱い, 2：少し弱い, 3：普通, 4：少し強い, 5：強い。

(3) 生理活性の測定 バナナ果実切片を1,200ml容積のガラス容器に密閉し、静置（20℃）した。保持1時間後に、容器内の気相を攪拌後に注射器で採取し、ガスクロマトグラム機器を用いて、エチレン量および二酸化炭素量を測定した。エチレンと二酸化炭素は共に、果実の生重量1 kg当たりの生成量として表した。

(4) 糖含量ならびにAIS含量の測定

1) 成分抽出：バナナ切片から、切断面は両端から3 mm程度を、中央部は5 mm程度を切り出してそれぞれの果肉をナイフで細かく刻み混合した。その中から5 gを100 ml三角フラスコに量り取り、80%エタノールを40 ml加えて還流管を取りつけて80℃で20分抽出した。冷却後、ブレンダーで細かくすりつぶした試料を50 mlに定容し、重さをあらかじめ量っておいたろ紙を用いて吸引ろ過を行った。ろ液をサンプル瓶に移し、冷凍保存した後に下記方法で含量を測定した。

吸引ろ過後のろ紙は1週間20℃中で保存し、十分に乾燥させてからAIS含量の測定に用いた。

2) 糖含量の測定：全糖量は、ソモギ・ネルソン法を用いて測定した。測定にはアルコール抽出した試料を10~50倍に希釈したものを用いた。

全糖量の測定は希釈試料0.25 mlの入った試験管に0.2 N HClを0.25 ml加え、20分間湯浴中で加水分解させた。その後、0.2 N NaOHを0.25 ml加えて、中和した。この試験管にアルカリ性銅試薬を0.75 ml加えてよく混和した後に、試験管をアルミホイルで覆い、沸騰湯浴中で10分間反応させた。冷却後、ネルソン試薬を1 ml加え、激しく振って沈殿を溶解させた。さらに、蒸留水10 mlを加えて十分に混和し、500 nmにおける吸光度を測定した（MILTON ROY 紫外線可視分光光度計 SPECTRON IC21）。

(5) 総フェノール含量の測定

1) 成分抽出：バナナ切片の切断面から、約3 mmを切り出して果肉をナイフで細かく刻み混合した。5 gを100 ml三角フラスコに量り取り、80%エタノールを40 ml加えて還流管を取り付けて80℃で20分抽出した。冷却後、ブレンダーで細かくすりつぶした後に試料を50 mlに定容し、

吸引ろ過を行った後にろ液をサンプル瓶に移して、冷凍保存した後に下記方法で含量を測定した。

2) 総フェノール量測定：アルコール抽出した試料を5～10倍に希釈した。その希釈試料を2ml量り取り、1Nフェノール試薬を2ml加えて混合し、3分後に10%炭酸ナトリウム2mlを加えた。混合後、1時間放置して、530nmにおける吸光度を測定した(MILTON ROY 紫外線可視分光光度計 SPECTRONIC21)。

(6) 微生物数の測定 道具および水を、オートクレーブ(120℃, 20分間)で滅菌し、クリーンベンチは80%エタノールを噴霧して消毒した。標準寒天培地(ニッスイ)10gを蒸留水約900mlに溶解し、少し加温してからアルミホイルで容器を包装して、オートクレーブ(120℃, 20分間)で滅菌した。

供試材料を滅菌したガラス板上で切り出して、それぞれを実験に用いた。果皮は、表面から約1mmの厚さで切り取り、試料とした。

調製した試料をピンセットで滅菌済みのポリ袋に約1g入れた。袋ごとに重量を正確に測定し、試料の9倍量の滅菌水を加えて、ストマッカー(オルガノ 80バイオマスタ)で60秒間破碎し、試料と滅菌水が均一に混ざるようにした。破碎後の混濁液を1ml採り、滅菌水9mlを加えて、試料を希釈した。この操作を連続的にを行い、試料を段階希釈した。希釈後の試料を滅菌シャーレに1mlずつ注ぎ、滅菌した標準寒天培地を流し込んで試料と培地がよく混ざるように穏やかに攪拌して、固形化するまでクリーンベンチ内に静置した。培地が固まった後に、シャーレを反転して30℃で48時間程度培養した。その後、寒天培地内に出現した1平板あたりのコロニー数を数えて生菌数とした。

なお、本研究のすべての測定項目は3反復で行い、データは平均値を示した。

結果および考察

1. 電解水処理を行ったバナナ切片の貯蔵に伴う果皮色ならびに食味の変化

(1) 果皮色の変化 バナナ購入時はエチレンによる追熟処理直後のライトグリーンの果実で、その果実から切片を調製後に、非密封・20℃の条件下で各処理を行った切片を保存して、外観の変化を観察し、結果をFig.1に示した。

貯蔵2日に対照区と純水区は全体が黄色くなったものの、電解水区ではわずかに緑色を帯びたグリーンチップの状態であった。シュガースポットも対照区と純水区は貯蔵3日から現れ始めたが、電解水区では貯蔵4日に出現した。その後、シュガースポットの増加速度は純水区で最も速く、つぎに対照区であり、そして電解水区は最後までシュガースポットが最も少ない実験区であった。

バナナ果皮のシュガースポット(褐色斑点)は追熟中の老化による生理的な現象であり、筆者らも追熟との関

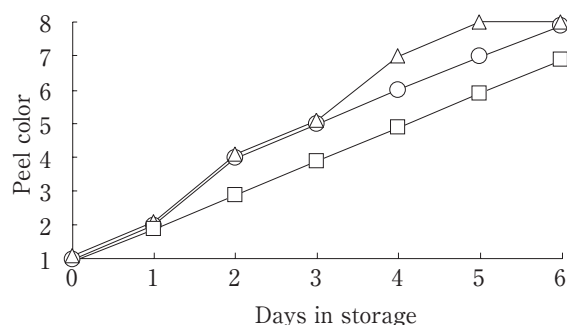


Fig. 1 Changes in the peel color index of banana sections during storage at 20℃

The values shown are the means of 3 replicates and the bars represent the S.E.

Peel color is shown on the vertical axis: 1, all green; 2, half yellow; 3, green chip; 4, full yellow; 5, star (a few sugar spots); 6, star (some sugar spots); 7, star (many sugar spots); 8, star (most sugar spots)

○, control; △, purified water (PW); □, electrolysed acidic water (EAW)

連性を報告している^{6),7)}。本実験の切片の果皮色の変化とシュガースポットの発生状態から、切片の老化速度は、純水区が最も速く、それに対照区が続き、電解水区の老化速度が最も遅いことを明らかにした。

(2) 食味の変化 一般的にバナナは熟する過程では甘味は増し、渋味が減少する。そこで、本実験でも切片の官能検査を行い、果肉の甘味と渋味について5段階で評価して、結果をFig.2と3に示した。

切片調製直後では、甘味はほとんど感じられなかった(Fig.2)。貯蔵1日で甘味が感じられるようになったものの、対照区や純水区と比較すると電解水区では甘味が少なかった。貯蔵2日には純水区でかなり甘味が増し、対照区と電解水区でも甘味は感じられた。貯蔵3日以降は、すべての区の甘味は評価5となった。

つぎに渋味を評価した(Fig.3)。切片調製直後では、3区とも評価が5であり、渋味はかなり強く感じられた。貯蔵1日で対照区と純水区では渋味はあまり感じられなくなったが、電解水区の切片では渋味を感じた。貯蔵2日以降では、すべてのバナナ切片で渋味をほとんど感じなかった。

果肉の甘味と渋味に関する官能検査の結果からも、電解水区の追熟が他の2区より遅れることを明らかにした。

なお、甘味と渋味の評価点は、貯蔵3日以降は処理区間の差がなく、同じとなったため、以下の生理活性と化学成分ならびに微生物数の測定は、貯蔵4日までとした。

2. 電解水処理を行ったバナナ切片の貯蔵に伴う生理活性の変化

バナナは防疫上の理由から緑色の状態で輸入され、日本国内で加工(エチレン処理)を行うことで追熟が開始し、食べられるようになる。バナナは追熟の過程で呼吸量が上昇し、エチレン生成のピークを示すクライマクテ

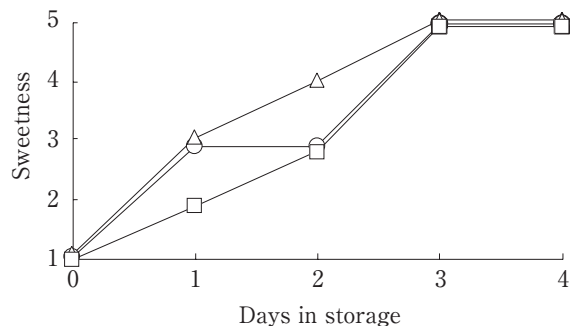


Fig. 2 Changes in the sweetness of banana pulp during storage at 20°C

The values shown are the means of 3 replicates and the bars represent the S.E.

Sweetness is shown on the vertical axis : 1, weak ; 2, weakish ; 3, medium ; 4, strongish ; 5, strong

○, control ; △, purified water (PW) ; □, electrolysed acidic water (EAW)

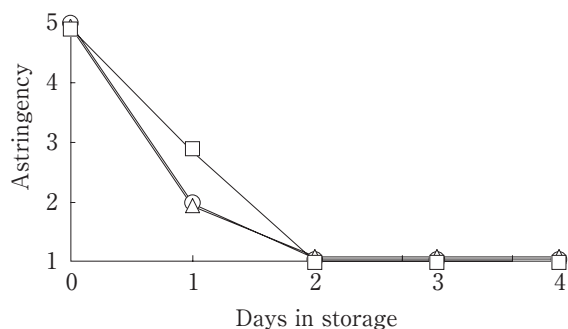


Fig. 3 Changes in the astringency of banana pulp during storage at 20°C

The values shown are the means of 3 replicates and the bars represent the S.E.

Astringency is shown on the vertical axis : 1, weak ; 2, weakish ; 3, medium ; 4, strongish ; 5, strong

○, control ; △, purified water (PW) ; □, electrolysed acidic water (EAW)

リック型果実の代表的なものである。

そこで、生理活性の指標となる二酸化炭素排出量 (Fig. 4) とエチレン生成量 (Fig. 5) の測定を行い、貯蔵中のそれぞれの変化を示した。

呼吸量と関連性のある二酸化炭素排出量について処理後24時間以内での変化を調べたところ (Fig. 4-A), すべての処理区において、3時間後に少し排出量が増加し、24時間後には減少した。

4日間の貯蔵期間中も測定したところ (Fig. 4-B), 対照区と純水区では貯蔵2日にピークがみられたのに対し、電解水区では貯蔵3日にピークがみられた。電解水区のピークは、他の2区より低かった。

エチレン生成量は、処理後24時間以内の測定では (Fig. 5-A) すべての処理区において、3時間後に生成量が一時的に増加し、24時間後には減少した。

4日間の貯蔵期間中も測定したところ (Fig. 5-B), 対

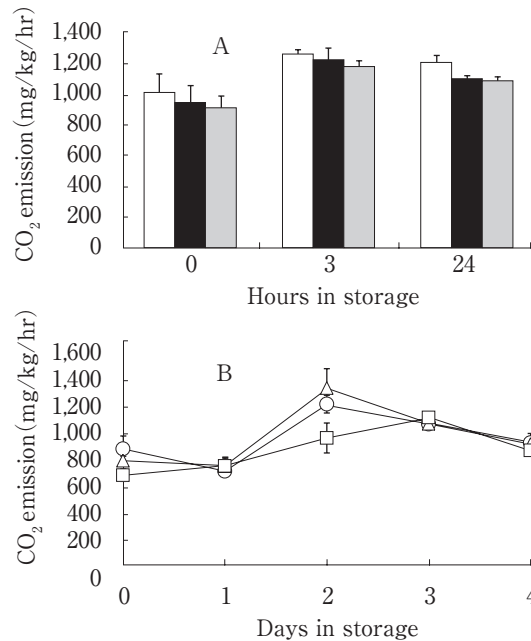


Fig. 4 Changes in CO₂ productions of banana sections during storage at 20°C

A) short term B) long term

The values shown are the means of 3 replicates and the bars represent the S.E.

A) □, control ; ■, purified water (PW) ; ■, electrolysed acidic water (EAW)

B) ○, control ; △, purified water (PW) ; □, electrolysed acidic water (EAW)

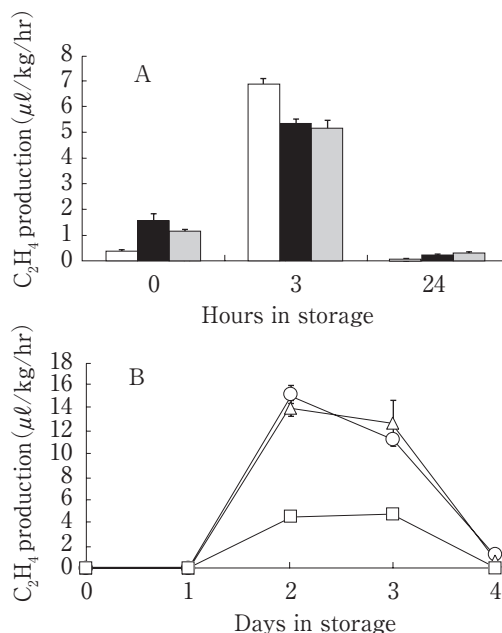


Fig. 5 Changes in C₂H₄ productions of banana sections during storage at 20°C

A) short period B) long period

The values shown are the means of 3 replicates and the bars represent the S.E.

A) □, control ; ■, purified water (PW) ; ■, electrolysed acidic water (EAW)

B) ○, control ; △, purified water (PW) ; □, electrolysed acidic water (EAW)

照区と純水区では貯蔵2日にピークがみられたのに対し、電解水区では貯蔵3日にピークがみられ、しかも他の2区より低いピークであった。

これらの結果は二酸化炭素排出量の結果と一致しており、バナナ果実の追熟に関与する生理活性の増加も電解水区で他の2区より遅れることを明らかにした。

3. 電解水処理を行ったバナナ切片の貯蔵に伴う化学成分含量の変化

(1) 総フェノール含量の変化 バナナの酵素的褐変はフェノール類がポリフェノールオキシダーゼにより酸化され、次いで重合するために起こる現象であり、筆者らもバナナの果皮でも貯蔵中にフェノール化合物が減少することを報告している⁷⁾。

本実験の供試切片の褐変は切り口で顕著であるため、本研究では切断面付近の果肉を用いてその前駆物質であるフェノール物質の総量を測定した (Fig. 6)。

切片調製直後の時点では約400mgのフェノール物質が存在しており、3処理区とも4日間の保存で減少した。減少量は徐々に差が出始め、貯蔵期間を通して減少速度が最も速かったのは純水区であり、つぎに対照区で、そして電解水区の順となった。最終的にフェノール物質量は純水区と対照区では切片調製直後の40%以下になったのに対し、電解水区では約50%残っていた。また、実際に切断面を観察すると、電解水処理を行ったものでは他の2区と比較して切断面の褐色が薄かった。

(2) 糖含量の変化 バナナの甘味は追熟過程で果肉のデンプンが中性糖、そして還元糖へと分解されることで増加する。そこで味と深く関連する全糖含量およびアルコール不溶性物質 (AIS) 含量についても切断面と中央部の果肉を用いて測定を行った (Fig. 7, 8)。

全糖量の変化をFig. 7に示した。切断面 (Fig. 7-B) および中央部 (Fig. 7-A) では、日数と比例して全糖量が増加しているが、その増加量は貯蔵1日の時点では切断面で少なく、熟するのが遅れているが、貯蔵2日には追いつき、両部位とも高い値となっている。実際に食味では、貯蔵2日に一般的に売られているグリーンチップバナナと同じ程度の甘味を感じられるようになっていた。貯蔵2日から4日の間でもわずかに増加がみられた。また、貯蔵期間全体を通じて、切断面と中央部の両方で処理区による大きな差はなかったものの、全糖量は純水区>対照区>電解水区の順となる傾向がわずかにあることもわかった。

(3) AIS含量の変化 AIS含量の変化についても切断面と中央部の果肉を用いて測定を4日間行った (Fig. 8)。AIS含量の変化はバナナでは主にデンプン量の変化を示している。貯蔵に伴うAIS量の減少量は、切片中央部の果肉 (Fig. 8-A) では3区の差異は小さかったが、切断面の果肉 (Fig. 8-B) では電解水処理を行った切片のみが貯蔵1日での減少量が少なく、追熟が遅れていた。それ以外には処理区間でも部位間でも大きな差

はみられなかった。AIS含量が貯蔵2日までに大きく変化し、貯蔵2日から4日の変化が緩やかになっている点は全糖量の変化と同様である。

このように、全糖量およびAIS含量の日数による差はみられたものの、処理区間や部位間では食味検査の結果ほど大きな差はみられなかった。また、フェノール物質含量は、処理区間の差異は小さいものの、切断面の褐変は、電解水区で抑制されたことを明らかにした。

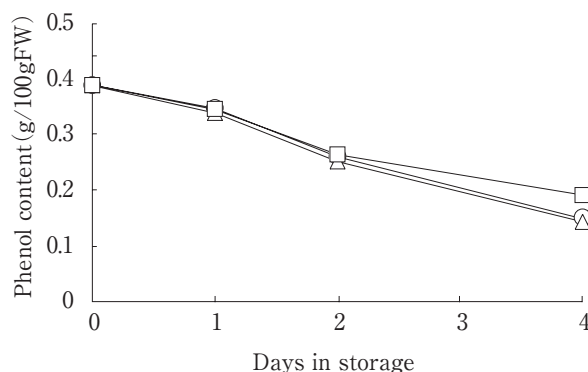


Fig. 6 Changes in the total phenol contents of banana sections during storage at 20°C

The values shown are the means of 3 replicates and the bars represent the S.E.

○, control; △, purified water (PW); □, electrolysed acidic water (EAW)

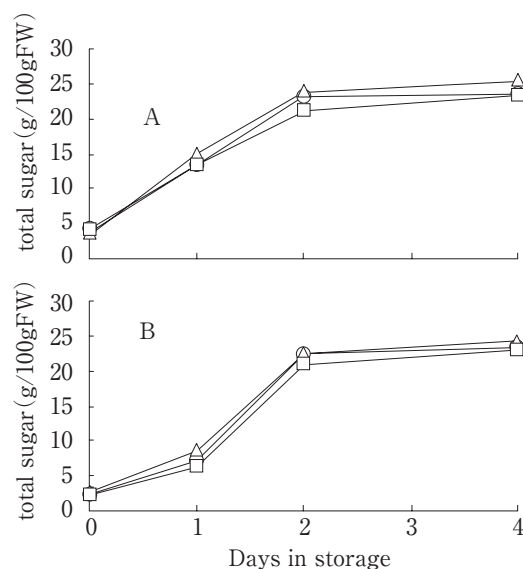


Fig. 7 Changes in total sugar contents of banana pulp during storage at 20°C

A) center B) cut plane

The values shown are the means of 3 replicates and the bars represent the S.E.

○, control; △, purified water (PW); □, electrolysed acidic water (EAW)

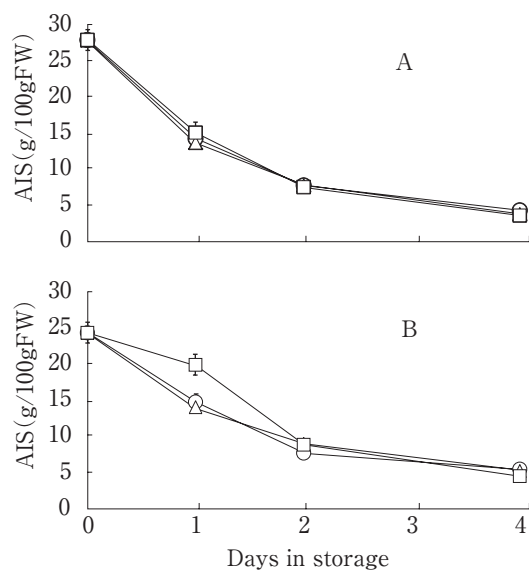


Fig. 8 Changes in alcohol insoluble solid (AIS) content of banana pulp during storage at 20°C

A) center B) cut plane

The values shown are the means of 3 replicates and the bars represent the S.E.

○, control; △, purified water (PW); □, electrolysed acidic water (EAW)

4. 電解水処理を行ったバナナ切片の貯蔵に伴う生菌数の変化

果皮のシュガースポットの数や切断面の褐変と微生物数の関連性を調べるために切片中央部ならびに切断面の果皮 (Fig. 9) と果肉 (Fig. 10) の生菌数を調べ、その変化を対数表示で表した。

切片中央部の果皮 (Fig. 9-A) では、切片調製直後の時点でも菌が存在し、純水処理ではあまり減少していないが電解水処理を行うことで殺菌されていることがわかる。貯蔵 2 日には純水処理を行ったもので生菌数の増加がみられ、検出された生菌数は純水区 > 対照区 > 電解水区の順であった。貯蔵 4 日も生菌数は増加したが、貯蔵 2 日と同様の順であった。

切片切断面の果皮 (Fig. 9-B) でも中央部の果皮と同様の傾向がみられ、調製直後は対照区と純水区では生菌数はほぼ同じであり、電解水処理を行うことで生菌数は減少した。その後、貯蔵 2 日に純水区は対照区より顕著な増加がみられ、最終的な生菌数は純水区 > 対照区 > 電解水区であった。

切片中央部の果肉 (Fig. 10-A) では調製直後では菌がほとんど検出されず、電解水処理を行った切片では 4 日間の貯蔵期間の後でも検出されなかった。一方で、対照区と純水区では貯蔵 2 日から菌が検出され始め、増加速度は純水区が上回った。

切断面の果肉 (Fig. 10-B) でも調製直後には菌は検出されなかったものの、貯蔵 2 日ではすべての処理区で検

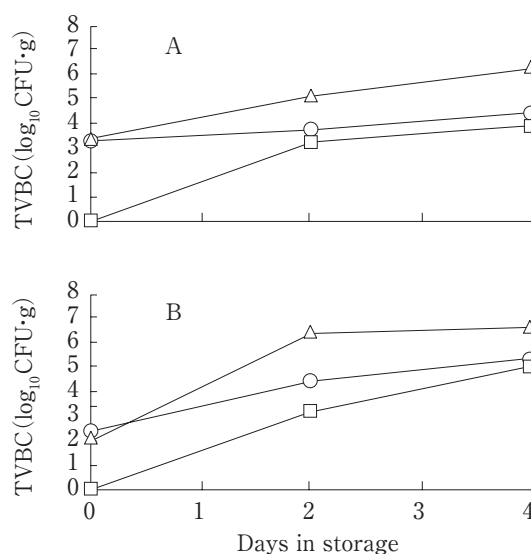


Fig. 9 Changes in total viable bacterial counts (TVBC) on banana peels during storage at 20°C

A) center B) cut plane

The values shown are the means of 3 replicates and the bars represent the S.E.

○, control; △, purified water (PW); □, electrolysed acidic water (EAW)

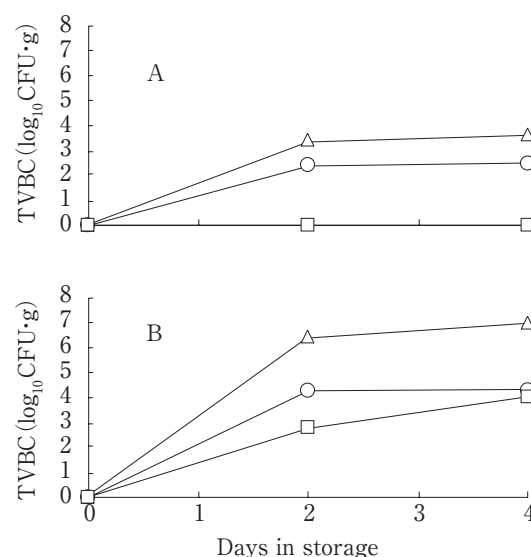


Fig. 10 Changes in total viable bacterial counts (TVBC) of banana pulp during storage at 20°C

A) center B) cut plane

The values shown are the means of 3 replicates and the bars represent the S.E.

○, control; △, purified water (PW); □, electrolysed acidic water (EAW)

出された。その増加速度は中央部の果肉部よりも速く、また、生菌数は純水区 > 対照区 > 電解水区の順で多くなることが明らかとなった。貯蔵 4 日の生菌数も同様の順であった。

果皮色の変化が遅い電解水区では (Fig. 1), 果皮のみ

ならず果肉部においても微生物の増殖が遅れることが明らかとなった。

このように、強酸性電解水によって生菌数が抑制された電解水区では、バナナ果実の追熟現象である果皮色の黄化やシュガースポットの発生が遅れるのみならず、果肉の甘味発現と渋味の減少が遅れ、二酸化炭素排出量とエチレン生成のピークが遅くなり、しかも量が抑制されることを明らかにした。

なお、純水区の追熟現象（果皮色の変化Fig.1, 甘味発現Fig.2, 二酸化炭素排出量の増加Fig.4）が対照区より速く生じたのは、微生物の増加（Fig.9と10）が対照区より速かったためであると考えており、強酸性電解水による除菌がバナナ切片の追熟現象を遅らせる理由を支持するデータである。

エチレン処理を行っていないバナナ果実切片では、強酸性電解水処理を行うと微生物制御が行われるため、バナナの追熟現象（果皮色と食味の変化、AIS含量の減少、糖含量の増加、二酸化炭素排出量およびエチレン生成量の増加）が遅れ、その変化には微生物数が関与していることを明らかにしている⁴⁾が、本研究では糖含量の増加やAIS含量の減少には、処理区間の差が小さかった。その理由として本実験では使用したバナナ果実は、エチレン処理された果実であり、すでに果肉での澱粉から糖への代謝が進んでいるためであろうと考えている。

また、バナナ果実切片の形状が追熟に及ぼす研究において、エチレン処理を行わない緑熟バナナ⁸⁾では切片の形状によって貯蔵中の糖含量に差が現れたが、エチレン処理を行ったグリーンチップバナナ⁹⁾では切断面の形状による差は少ないことが明らかになっている。このことからエチレン処理を行ったバナナ切片では、処理が異なっても貯蔵後の糖含量に差が現れにくいと考えられる。

筆者らは、栽培条件と微生物密度の関連性の研究を進めており、市販のニンジンでは有機農産物における微生物密度は慣行栽培のニンジンよりも高いことを報告¹⁰⁾し、有機栽培されたハウレンソウではカットハウレンソウに調製するとその後に生菌数が急増することを報告¹¹⁾している。また、市販の有機栽培バナナは慣行栽培のバナナより微生物密度が高く、追熟が速いことを報告⁵⁾しており、微生物がカット青果物の品質保持に大きく影響することを明らかにしている。

一方、カットブロッコリーでは、切片の調製後に強酸性電解水で除菌したり¹²⁾、ストリーマ放電技術で殺菌された空気環境下で貯蔵する¹³⁾と、花蕾の黄化が抑制されることも明らかにしており、本研究結果と合わせて考察すると、カット青果物に存在する微生物が腐敗のみならず、微生物が生理・化学的变化にも関与する可能性が高いと考えられる。

要 約

本研究では、強酸性電解水処理されたバナナ果実切片

の追熟と微生物の関連性を調べた。

エチレン処理されたライトグリーン果実の中央部から3 cmの切片を調製し、それらを対照区：無処理、純水区：純水に浸漬後風乾、電解水区：強酸性電解水に浸漬後風乾、の3区に分け、非密封のポリエチレン袋に入れて20℃の室内に貯蔵し、追熟状況の観察、食味検査、生理活性と化学成分の分析を行った。電解水区の切片の果皮の黄化とシュガースポットの出現ならびに果肉の甘味の増加と渋味の減少が、他の2区より遅れた。糖含量の増加とアルコール不溶性物質の減少も電解水区が、他の2区より少し遅れた。保持中の二酸化炭素排出量とエチレン生成量のピークは、電解水区が他の2区より遅く、しかも低かった。強酸性電解水処理によって、果皮と果肉の生菌数が減少し、貯蔵中の増加も3区中で最も遅かった。

これらのことから、強酸性電解水処理はバナナ果実切片の追熟を遅らせるが、それには微生物が関与する可能性のあることを明らかにした。

文 献

- 1) 阿部一博：カット青果物の生理・化学的特性と流通技術に関する研究，日食保蔵誌，**32**，283～290（2006）
- 2) 泉 秀美：カット野菜の微生物学的品質と微生物制御，日食科工誌，**52**，197～206（2005）
- 3) 阿知波信夫：電解水の利用による食品素材の品質向上と微生物的安全性確保に関する研究，日食保蔵誌，**32**，91～99（2006）
- 4) 阿部一博・嘉悦佳子・石丸佳奈子・塩崎修志・草刈真一・岡井康二・島 昭二・片寄政彦・吉田恭一郎・阿知波信夫：強酸性電解水処理による未熟バナナ切片の微生物的安全性の確保と生理・化学的变化への影響，日食保蔵誌，**36**，59～66（2010）
- 5) 阿部一博・笹本真季子・山下祐加・小菅亜季子・芝原広恵・塩崎修志・島 昭二・阿知波信夫：栽培方法が異なる市販バナナの追熟ならびに生理・化学的特性の解明，ベジタリン・リサーチ，**10**，39～44（2009）
- 6) ROMPHOPHAK, T., UEDA, Y., TERAI, H. and ABE, K.: Study of senescent spotting of banana peel, *Food Preser. Sci.*, **31**, 55～60（2005）
- 7) ROMPHOPHAK, T., SIRIPHANICH, J., UEDA, Y., ABE, K. and CHACHIN, K.: Changes in concentrations of phenolic compounds and polyphenyl oxide activity in banana peel during storage, *Food Preser. Sci.*, **31**, 111～115（2005）
- 8) 阿部一博・棚瀬匡彰・平田安弘・吉村公一・高橋徹：緑熟バナナ切片から調製した切片の成熟と品質変化に及ぼす形状の影響，日食保存誌，**23**，295～301（1997）
- 9) 阿部一博・棚瀬匡彰・茶弥和雄：バナナ果実の切断による生理・化学的变化に関する研究（第一報）グリ

- ーチップバナナ果実から調製した切片の生理と品質劣化に対する形状の影響, 園学雑, **67**, 123~129 (1998)
- 10) 阿部一博・阿知波信夫・安藤 愛・島 昭二・草刈真一: 栽培・流通条件が異なるニンジンの組織別にみた微生物数, 日食保蔵誌, **30**, 277~280 (2004)
- 11) 阿部一博・小菅亜希子・芝原広恵・山下祐加・笹本真季子・塩崎修志・島 昭二・木戸啓仁・阿知波信夫: 栽培方法と流通技術が異なる数種青果物の品質特性の解明, 日本ベジタリアン学会 (大阪) 発表要旨, p. 15 (2008)
- 12) 阿部一博・森田光美・嘉悦佳子・島 昭二・阿知波信夫・草刈真一: 強酸性電解水によるブロッコリー花蕾の微生物制御と黄化抑制効果に関する研究, 日本食品保蔵科学会 (島根) 発表要旨, p. 71 (2008)
- 13) 阿部一博・大霜清典・嘉悦佳子・島 昭二・岡井康二・西浜幸夫・西岡克浩・中嶋洋登: 青果物保存中の品質保持と微生物抑制に対するストリーマ放電技術の効果に関する研究, 日本食品保蔵科学会 (北海道) 発表要旨, p. 39 (2011)
- (平成24年 2 月22日受付, 平成24年 4 月26日受理)
-

強酸性電解水と超高速振動の併用による ミツバの微生物制御

阿部 一博^{*1§}・嘉悦 佳子^{*2}・阿知波信夫^{*3}

* 1 大阪府立大学大学院生命環境科学研究科

* 2 大阪府立環境農林水産総合研究所

* 3 ホシザキ電機 (株)

Combined Effect of Electrolyzed Acidic Water and Ultrasonic Vibration Treatments on Microorganisms in the Japanese Hornwort (*Cryptotaenia japonica* Hassk.)

ABE Kazuhiro^{*1§}, KAETSU Keiko^{*2} and ACHIWA Nobuo^{*3}

* 1 Graduate School of Agriculture and Biological Science, Osaka Prefecture University,
1-1, Gakuen-cho Nakaku, Sakai, Osaka 599-8531

* 2 Research Institute of Environment, Agriculture and Fisheries, Osaka Prefecture Government
442, Shakudo, Habikino-shi, Osaka 583-0862

* 3 Specialized Engineering Department, HOSHIZAKI ELECTRIC CO., LTD.
3-16, Minamiyakata, Sakae-cho, Toyoake-shi, Aichi 470-1194

A combination of electrolyzed acidic water (EAW) and ultrasonic vibration treatments or an alcohol treatment was performed to examine bactericidal effects on the Japanese hornwort (*Cryptotaenia japonica* Hassk.). Disinfection of Japanese hornwort leaves by EAW alone or combined treatment with EAW and ultrasonic vibration did not affect their appearance or chlorophyll content. The treatment with EAW alone showed some bactericidal effect, and the combined treatment with EAW and ultrasonic vibration (30 seconds) increased the effectiveness. Longer ultrasonic vibration for 5 minutes provided an effect that was similar to the effect of 30-sec. treatment. Bactericidal effect with 80% ethanol solution was almost equivalent to that of the combined treatment with EAW and ultrasonic vibration. The bacterial counts were reduced when a suspension of a leaf in water was diluted by 50-fold or more of EAW or 5-fold or more of ethanol. This result showed that EAW or ethanol failed to fully disinfect Japanese hornwort leaves because these disinfectants did not have direct contact with microorganisms inside the leaves. In addition, EAW treatment was effective not only in disinfection but also in reduction of water loss from Japanese hornwort leaves during storage.

(Received Mar. 26, 2012 ; Accepted Jun. 13, 2012)

Key words : Japanese hornwort (*Cryptotaenia japonica* Hassk.), microorganisms, electrolyzed acidic water, ultrasonic vibration, disinfection

ミツバ, 微生物, 強酸性電解水, 超高速振動, 殺菌

養液栽培が容易なミツバは、日本では大部分が施設栽培され、市場では周年供給されている。そのため、日常的に利用する香辛野菜のひとつであり、重要な彩り野菜である。筆者らが行った彩り野菜に関する若年層に対するアンケート調査においても、最も認識度が高く、香りが好まれる野菜である¹⁾。

筆者らはミツバの養液栽培において、培養液の濃度を

変化させることによって、収穫量を制御して品質（香気や葉色）を高めることが可能であることを報告^{2), 3)}している。また、養液栽培ミツバへの電解水（強アルカリ性

* 1 〒599-8531 大阪府堺市中区学園町 1-1

§ Corresponding author, E-mail: abe@plant.osakafu-u.ac.jp

* 2 〒583-0862 大阪府羽曳野市尺度442

* 3 〒470-1194 愛知県豊明市栄町南館 3-16

電解水と強酸性電解水)の葉面散布は生育を促進し⁴⁾、培養液管理によって生産物の硝酸イオン濃度を低下させることが可能であると報告⁵⁾してきた。このように食材の安定供給や化学成分的な安全面からの研究を行ってきたが、養液栽培を行っている栽培施設内は一定の温度が保たれており、湿度が高いために生産物における微生物密度が高い可能性がある。

一方、筆者らは、殺菌作用を有するものの、残留性がなく、安全性が高いことから、食品添加物としても認められている強酸性電解水(以下では、電解水と表記)による青果物の微生物制御に関する研究を行っている⁶⁾。研究成果として、ミツバと同様に利用される彩り野菜や装飾用植物器官ならびにエディブルフラワーにも多くの微生物が存在しているが⁷⁾、電解水処理によって微生物数を低下させることができることを報告^{7),8)}している。

カットキャベツの殺菌処理効果を高めるために、電解水と超高速振動を併用した処理⁹⁾あるいはカットキャベツ⁹⁾やカットニンジン¹⁰⁾の細胞間隙の気相を電解水に置換した処理の除菌効果を報告してきた。ミツバは葉肉が薄く、組織内の微生物より葉の表面・裏面に多くの微生物が存在する可能性が高いため、電解水と超高速振動による殺菌効果が高いと思われる。そこで、本研究では、電解水を用いたミツバの効率的な殺菌方法について検討を行った。

実験材料および実験方法

1. 実験材料

市販の養液栽培ミツバ(根部にスポンジが付いていることから判別)を供試材料とし、植物学的特性が大きく異なる根と葉柄ならびに葉身の3部位に分けて実験を行った。

部位別の微生物数を調べた実験では、各部位(根:20 g、葉柄:50 g、葉身:20 g)ごとに生菌数を測定した。

殺菌効果を調べる実験では、葉身のみを供試材料として以下の処理を行ない、生菌数を測定した。

2. 処理方法

調製した葉身の処理方法を以下に示した。

実験1:電解水ならびに超高速振動処理を行った葉身における生菌数

無処理区;調製した状態の葉身(以下では、無処理区)。

水処理区;調製した葉身1 gを純水500mlで、30秒間もしくは300秒間浸漬(水処理区)。

電解水処理区;調製した葉身1 gを電解水(ホシザキ電機製電解水生成装置ROX-20TA, pH2.7以下、有効塩素濃度30mg/kg)500mlで、30秒間もしくは300秒間浸漬(電解水区)。

水処理区と電解水区では、さらに超高速振動処理を施す区を設けた。

超高速振動処理(以下では、振動処理)は、ULTRA

SONIC Cleaner Vs-N300s(VELVO社製)の槽に純水あるいは電解水を満たし、それぞれに葉身を浸漬して、振動(30秒もしくは300秒)することによって施した。

処理後直ちに生菌数の測定を行った。

実験2:電解水ならびにアルコール処理した葉身における生菌数

実験1の無処理区と電解水区ならびに下記のエチルアルコール(以下では、エタノール)による殺菌処理区(以下では、エタノール区)を設けた。

エタノール区は、80%エタノール水溶液500mlに葉身1 gを浸漬(30秒, 60秒, 300秒)して、殺菌を行った。処理後直ちに生菌数の測定を行った。

実験3:電解水ならびにエタノール処理した葉身懸濁液における生菌数

純水(98ml)に葉身2 gを入れて、ブレンダーで破碎して、ミツバ葉身の懸濁液を調製した。懸濁液を濾過し、濾液1mlを所定の倍率になるように、電解水(10, 50, 100, 500倍希釈)あるいは99%エタノール(5, 10, 30倍希釈)に入れて、攪拌30秒後に生菌数の測定を行った。

実験4:電解水ならびに超高速振動処理直後ならびに貯蔵後の生菌数

実験1の無処理区ならびに水処理区と電解水区の葉身を調製し、調製直後ならびに24時間保持後(非密封ポリエチレン包装, 20℃)の生体重ならびに生菌数を測定した。

3. 測定方法

(1)クロロフィル含量の測定 各処理区の秤量した葉身1 gにアセトン40ml(80%)を加えて、冷却管を付けて10分間加熱(70℃)後にブレンダーで破碎して濾過した。濾液を50mlに定容後に、分光光度計でOD値を測定(645nmと663nm)し、測定値からクロロフィル含量を計算した。

各区とも3反復で測定を行ない、データは葉身の生体重100 gあたりに換算して平均値を示した。

(2)生菌数の測定 各部位を細断して、その中から供試材料1 gを滅菌したガラス板上でさらに細かく切り、それぞれを実験に用いた。

調製した試料をピンセットで滅菌済みのポリ袋に約1 g入れた。袋ごとに重量を正確に測定し、試料の9倍量の滅菌水を加えて、ストマッカー(オルガノ 80バイオマス)で60秒間破碎し、試料と滅菌水が均一に混ざるようにした。破碎後の混濁液を1 ml採り、滅菌水9 mlを加えて、試料を希釈した。この操作を連続的に行い、試料を段階希釈した。希釈後の試料を滅菌シャーレに1 mlずつ注ぎ、滅菌した標準寒天培地(ニッスイ)を流し込んで試料と培地がよく混ざるように穏やかに攪拌して、固化するまでクリーンベンチ内に静置した。培地が固まった後に、シャーレを反転して30℃で48時間培養した。その後、寒天培地内に出現した1平板あたりのコロニー

数を数えて生菌数とした。

なお、実験4では水分損失によって、処理直後より生体重は減少したが、24時間後の生体の秤量値を基準に生菌数を測定した。

生菌数の測定は各区とも3反復で行ない、データは生体重1 gあたりの生菌数を対数値で示した。

結果および考察

1. ミツバの各部位における生菌数の差異

養液栽培されたミツバを量販店10か所から購入して生菌数を測定し、平均値をFig.1に示した。ミツバ3部位の生菌数は、根： $6.8 \pm 0.4 \log \text{CFU/g}$ 、葉柄： $5.3 \pm 0.3 \log \text{CFU/g}$ 、葉身： $5.7 \pm 0.2 \log \text{CFU/g}$ であった。

ミツバの根部は養液栽培中に様々な微生物が存在する培養液に直接的に接しており、出荷時に洗浄しても、根部の微生物数が最も多くなるものと思われる。この結果は、根部の生菌数が最も多かったカイワレダイコンの結果¹⁾と同様であった。

ミツバの食用部位である葉柄と葉身の微生物数は、彩り野菜として日常的に利用されるシソ($6.5 \pm 0.2 \log \text{CFU/g}$)⁷⁾やカイワレダイコン($6.3 \pm 0.3 \log \text{CFU/g}$)¹⁾の生菌数よりは少なかった。

ミツバの葉身の葉肉は薄く、そのために単位重量あたりの葉面積が広く、大部分の微生物は葉の表裏面に存在している。しかも、葉身を調製した時には葉柄と切り離れた切断面しかなく、様々な殺菌処理を施す実験材料として適すると思われるので、以下の実験では、葉身を供試材料とした。

2. 電解水ならびに超高速振動処理を行った葉身における生菌数

上記の処理方法の実験1を供試材料として、殺菌効果を調べた。

純水あるいは電解水で殺菌処理あるいは振動処理(30秒間)を行っても、処理後の葉身の外観(色や形状)は、全く影響を受けなかった。

処理した葉身のクロロフィル含量をFig.2に示した。外観と同様に処理区間におけるクロロフィル含量には、顕著な差異が認められなかった。

殺菌処理を行った葉身の生菌数をFig.3に示した。

純水への浸漬(PW)だけでも生菌数は無処理区($5.8 \log \text{CFU/g}$)よりわずかではあるが減少して、振動処理(PW-V)によってさらに減少した。電解水への浸漬(EAW)によって生菌数は、水処理区より少なくなり、電解水と振動処理を併用した区(EAW-V)では、生菌数は $4.3 \log \text{CFU/g}$ となった。

殺菌処理における電解水と振動の併用処理が、供試材料の外観に影響を及ぼさず、除菌効果が最も高かった本研究結果は、カットキャベツを供試材料とした研究結果⁹⁾と同様であった。

ミツバの殺菌処理時に電解水と振動処理を併用するこ

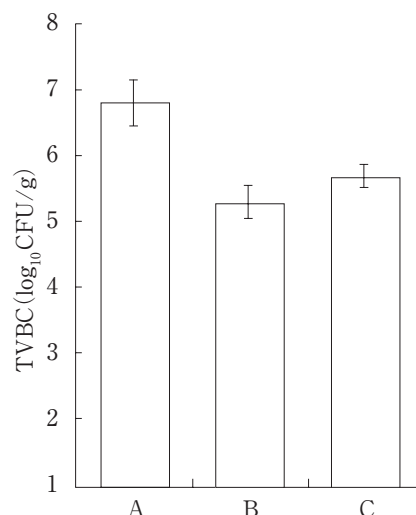


Fig. 1 Total viable bacterial counts (TVBC) for the Japanese hornwort

A: root, B: leaf stalk, C: leaf.

Values are means of 10 replicates, and the bars represent S.E.

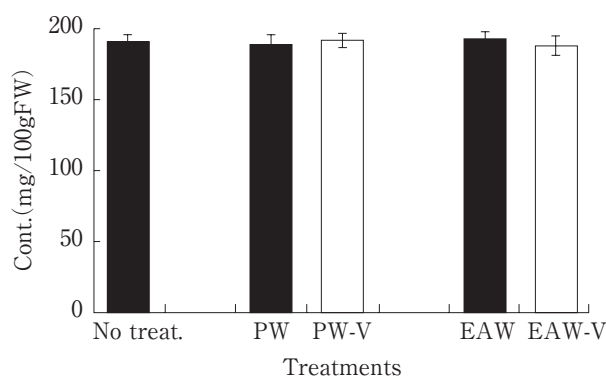


Fig. 2 Chlorophylls contents in the Japanese hornwort after dipping in purified water (PW) and electrolyzed acidic water (EAW) for 30 sec. with or without ultrasonic vibration (V)

Values are means of 3 replicates, and the bars represent S.E.

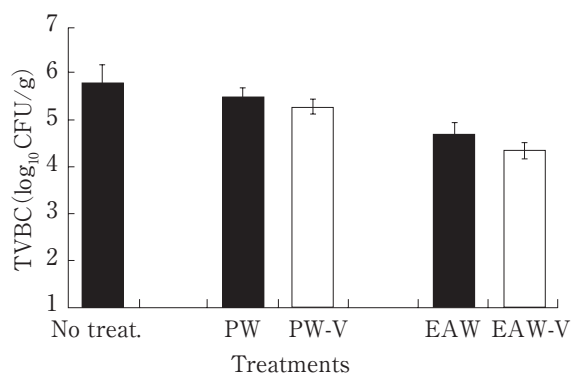


Fig. 3 Total viable bacterial counts (TVBC) for the Japanese hornwort after dipping in purified water (PW) and electrolyzed acidic water (EAW) for 30 sec. with or without ultrasonic vibration (V)

Values are means of 3 replicates, and the bars represent S.E.

とによって、除菌効果が高まることを明らかにしたので、電解水への浸漬 (EAW-300) あるいは電解水と振動処理を併用 (EAW-300-V) の処理時間を5分間にした場合の生菌数をFig. 4に示したが、処理時間を長くしても電解水と振動処理を30秒間併用した区 (EAW-30-V) の生菌数との顕著な差異はみられなかった。

電解水と振動の併用処理時間を長くしても除菌効果が上がらなかった理由としては、電解水の殺菌作用が葉身のクチクラ層表面に存在する微生物に対する効果であり、30秒間の併用処理で表面に存在する微生物の除菌が行われて、クチクラ層の間隙や絨毛間あるいは葉肉内部に存在する微生物には処理期間を長くしても殺菌効果が及び難いものと考えている。

3. 電解水ならびにアルコール処理した葉身における生菌数

電解水と振動の併用処理で除菌効果が上がることを明らかにしたので、殺菌効果が強いエタノールと比較するために、上記の処理方法の実験2を供試材料として、殺菌効果を調べた。

電解水と振動の併用処理ならびにエタノール浸漬処理 (30~300秒間) を行っても処理後のミツバ葉身の外観 (色や形状) には、ほとんど変化は生じなかった。

殺菌処理後のミツバの生菌数をFig. 5に示した。無処理区の生菌数は $5.6 \log \text{CFU/g}$ で、エタノール処理を30秒間行った区 (Et-30) では $4.8 \log \text{CFU/g}$ であり、除菌効果がみられ、処理時間を5分にした区 (Et-300) では $4.3 \log \text{CFU/g}$ であった。しかし、本実験の電解水と振動の併用処理区 (EAW-30-V) でも、 $4.3 \log \text{CFU/g}$ であり、Et-300と同じであった。

微生物の培養や同定ならびに菌数を測定するために使用する施設・機器・道具等をエタノールで消毒するが、これはエタノールが強い殺菌作用を有するからである。また、植物の組織培養の操作では、植物器官から無菌状態で組織を取り出すためにエタノールで器官の表面を殺菌する。しかし、Fig. 5に示したように、ミツバの葉身にエタノールで殺菌処理を行っても、葉身全体の完全な殺菌は不可能であり、電解水と振動の併用処理と同様にクチクラ層の表面に対する除菌効果しかないことを明らかにした。

4. 電解水ならびにエタノール処理した葉身懸濁液における生菌数

葉身に対する電解水と振動の併用処理あるいはエタノールによる殺菌処理を行っても、除菌効果に一定の限界があり、それは葉身の葉肉内部に存在する微生物が、殺菌作用を有する電解水やエタノールと直接的に接することがないためであるので、上記の処理方法の実験3を供試材料として、電解水とエタノールの殺菌効果を調べた。

懸濁液の処理前と攪拌後の生菌数をFig. 6に示した。本実験の供試材料である葉身の懸濁液の調製直後の生菌数は、 $6.8 \log \text{CFU/g}$ であった。電解水の10倍希釈区

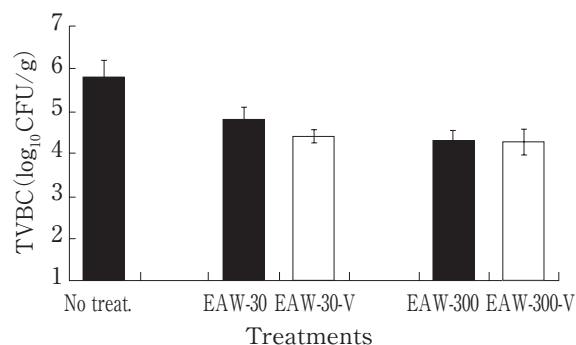


Fig. 4 Total viable bacterial counts (TVBC) for the Japanese hornwort after dipping in purified water (PW) and electrolyzed acidic water (EAW) for 30 or 300 sec. with or without ultrasonic vibration (V)

Values are means of 3 replicates, and the bars represent S.E.

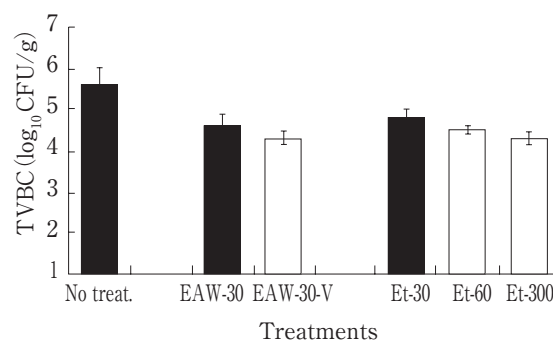


Fig. 5 Total viable bacterial counts (TVBC) for the Japanese hornwort after treatment with electrolyzed acidic water (EAW, EAW-30-V) for 30 sec. and ethanol (80%) for 30 (Et-30), 60 (Et-60), or 300 (Et-300) sec.

V: Ultrasonic vibration.

Values are means of 3 replicates, and the bars represent S.E.

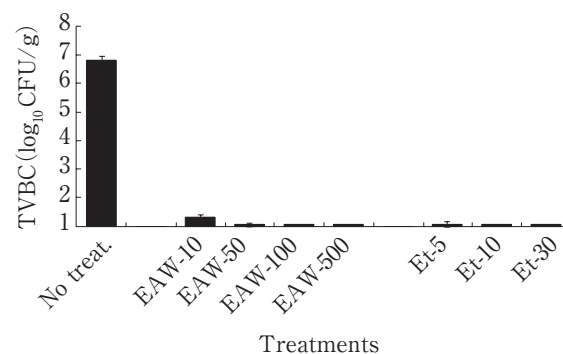


Fig. 6 Total viable bacterial counts (TVBC) in the suspension of Japanese hornwort leaf in water after 10 to 500 folds (EAW-10 to EAW-500) dilution with electrolyzed acidic water or 5 to 30 folds (Et-5 to Et-30) dilution with ethanol for 30 sec.

Values are means of 3 replicates, and the bars represent S.E.

(EAW-10) では、攪拌30秒後の生菌数は $1.3 \log \text{CFU/g}$ であったが、50倍以上の区では、ほとんどの微生物は殺菌された。エタノールの希釈区では、最も希釈倍率が低

い5倍希釈でも微生物はほとんど殺菌された。

本研究で使用した電解水あるいはエタノールが懸濁液中の微生物と直接的に接した場合には、殺菌が可能であることを明らかにした。

このように殺菌作用を有する電解水やエタノールによるミツバ葉身の除菌効果に、限界があるのは、電解水やエタノールが葉身の葉肉内部に存在する微生物に直接的に接することが出来ないためであることを本実験で明らかにした。

5. 電解水ならびに超高速振動処理直後ならびに24時間後の生菌数

電解水単独あるいは振動処理との併用で除菌効果がみられたが、その除菌効果の持続性を調べるために、実験4を供試材料として、生菌数と生体重を測定した。

処理直後のミツバ葉身の外観は、処理区間で全く差異はみられなかった。

処理直後ならびに24時間後のミツバ葉身の生菌数をFig. 7に示した。処理直後(■)の生菌数は、水処理区 > 電解水区であり、両区とも振動処理によって生菌数が減少し、処理効果の傾向はFig. 3と同じであった。

24時間後(□)には、5区とも処理直後より生菌数が増加したが、電解水区の生菌数は、最も少なかった。

エディブルフラワーを供試材料とした実験において、電解水処理によって微生物数を減少させることができるが、24時間後あるいは48時間後には生菌数が増加しており、これは電解水の残留性が低いことの証であると報告⁸⁾している。本研究でも24時間後に生菌数が増加しているのは、電解水に残留性がないからであるが、ミツバ葉身の初発菌数を減少させることで、24時間後の菌数も比較的低い値が維持された。

処理24時間後のミツバ葉身の萎凋状態が各処理区で異なっていたので、生体重を測定して、水分の損失割合をFig. 8に示した。

無処理区の水分損失は6.2%で、水処理区では、水浸漬(PW):4.7%と水浸漬と振動併用(PW-V):4.3%であり、電解水区では、電解水浸漬(EAW):2.8と電解水浸漬と振動併用(EAW-V):2.4%であった。すなわち、処理直後ならびに24時間後の生菌数が少ないほど、水分損失が少ない傾向であった。

その理由として、養液栽培ミツバの収穫調製・包装時あるいは箱詰めや流通過程において、ミツバの葉身が折れたり、擦れたりした時の物理的損傷箇所の微生物が純水や電解水によって除去あるいは除菌されて、損傷部位からの腐敗が遅くなり、その箇所からの水分損失が少なくなったためであると考えられる。

農業生産者への聞き取り調査でも、ミツバやネギ等の葉菜類の出荷調製時に電解水で洗浄すると萎凋が遅れることが明らかになっており¹²⁾、葉菜類に対する電解水処理は、殺菌効果があるのみならず、品質保持上の副次的な効果があることを本研究においても明らかにした。

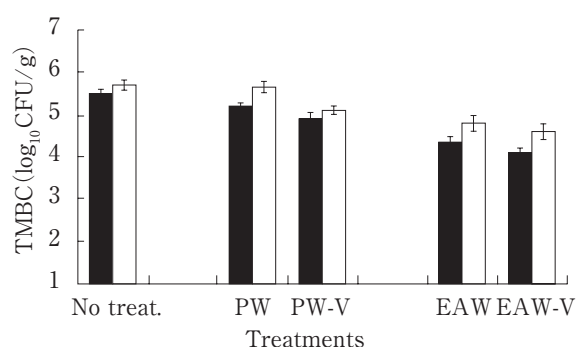


Fig. 7 Total viable bacterial counts (TVBC) for the Japanese hornwort after dipping in purified water (PW) and electrolyzed acidic water (EAW) for 30 sec. with or without ultrasonic vibration (V)

■: just after treatment, □: 24 hrs after treatment.

Values are means of 3 replicates, and the bars represent S.E.

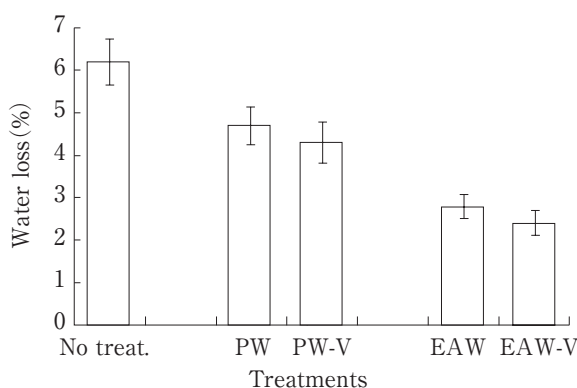


Fig. 8 Water loss in the Japanese hornwort dipped in purified water (PW) and electrolyzed acidic water (EAW) for 30 sec. with or without ultrasonic vibration (V), and stored for 24 hrs at 20°C

V: ultrasonic vibration

Values are means of 3 replicates, and the bars represent S.E.

要 約

本研究では、ミツバに対する強酸性電解水と超高速振動の併用処理あるいはアルコール処理による殺菌効果を調べた。

電解水単独あるいは振動処理との併用による殺菌処理をミツバの葉身に施しても、外観やクロロフィル含量には影響を及ぼさなかった。電解水単独でも殺菌効果はみられたが、振動処理との併用(30秒間)で効果は高まった。併用の処理時間を5分間にしても、30秒間処理における殺菌効果とほぼ同じであった。

80%エタノール溶液によるミツバ葉身の殺菌効果は、電解水と振動処理の併用による効果とほぼ同じであった。ミツバの葉身と純水との懸濁液に50倍以上の電解水あるいは5倍以上のエタノールを加えると滅菌が可能であ

たことから、電解水あるいはエタノールによって葉身を滅菌できなかったのは、これらの殺菌剤が葉身内部の微生物に直接的に接することができないためであることを明らかにした。

電解水処理は、殺菌効果があるばかりでなく、ミツバ葉身を貯蔵した時の水分損失を減少させる効果を有することを明らかにした。

謝 辞 本研究の遂行にあたり、多大な御協力を頂いた水上ゆかり氏（現在：大阪府警察官採用センター）に深甚の謝意を表します。

文 献

- 1) 阿部一博・塩崎修志・嘉悦佳子・島 昭二・木戸啓仁・下山亜美・岡井康二・阿知波信夫：農学を専攻した若年層が持つ彩り野菜に対する認識と摂食経験ならびに品質評価要因に関するアンケート調査結果，ベジタリアンリサーチ，**11**，11～14（2010）
- 2) 阿部一博・崎元道男・宮崎昭雄：養液栽培の培養液制御が生育・品質に及ぼす影響に関する研究（第2報）ミツバの香気の特性ならびに生成量に及ぼす栽培培地と品種の影響，園学雑，**62**，903～908（1994）
- 3) ABE, K., OKADA, C., IWADA, N., SHIMA, S., KUSAKARI, S. and ACHIWA, N. : Effects of solution concentration control on harvest volume, physiological and chemical properties, and quality characteristics of solution cultured mitsuba (Japanese hornwort, *Cryptotaenia japonica* Hassk), *Food Preser. Sci.*, **29**, 269～277（2003）
- 4) ACHIWA, N., YANO, Y. and ABE, K. : Spray application of electrolyzed water on leaf surface for growth promotion and quality improvement of mitsuba (Japanese hornwort, *Cryptotaenia japonica* Hassk), *Food Preser. Sci.*, **29**, 203～209（2003）
- 5) 嘉悦佳子・森川信也・磯部武志・中村謙治・阿部一博：水耕栽培における施肥管理および栽培時期がミツバ（*Cryptotaenia japonica* Hassk.）の収量および品質に及ぼす影響，日食保蔵誌，**37**，217～225（2011）
- 6) 阿知波信夫：電解水の利用による食品素材の品質向上と微生物的安全性確保に関する研究，日食保蔵誌，**32**，91～99（2006）
- 7) 阿部一博・山下祐加・小菅亜希子・芝原広恵・笹本真季子・塩崎修志・島 昭二・下山亜美・岡井康二・阿知波信夫：装飾・生食用のエディブルフラワーならびに葉物の微生物的安全性に関する研究，ベジタリアンリサーチ，**10**，45～49（2009）
- 8) 阿部一博・山下祐加・塩崎修志・嘉悦佳子・島 昭二・下山亜美・岡井康二・阿知波信夫：エディブルフラワーに対する強酸性電解水処理の除菌効果ならびに処理後における微生物の変化，日食保蔵誌，**37**，13～16（2011）
- 9) 阿部一博・嘉悦佳子・阿知波信夫：異なる形状のカットキャベツの微生物密度に対する強酸性電解水と超高速振動の併用処理効果，ベジタリアンリサーチ，**13**，（2012）（印刷中）
- 10) 阿部一博・永田裕理・土谷 洋・阿知波信夫：異なる電解水の処理方法がカットニンジンの微生物密度と生理的特性に及ぼす影響に関する研究，日本食品保蔵科大会（東京）発表要旨，p.47（2005）
- 11) 阿部一博・金谷和俊・塩崎修志・草刈眞一・岡井康二・島 昭二・片寄政彦・吉田恭一郎・阿知波信夫：強酸性電解水処理による生育期間中のカイワレダイコンの微生物制御に関する研究，日食保蔵誌，**35**，115～120（2009）
- 12) ACHIWA, N., TSUCHIYA, H., ISHIWATARI, Y., KAMITANI, Y., KATAYOSE, M., SAITO, Y., YSHIDA, K., ABA, K. and KUSAKARI, S. : Case study on application of electro-lyzed water in agricultural production (Productivity, quality improvement and microbial safety assurance), *Vegetarian Research*, **7**, 9～12（2006）

（平成24年 3 月26日受付，平成24年 6 月13日受理）

キヌア澱粉のミルクゼリーへの利用

大迫早苗^{*1§,*4}・永島伸浩^{*2}・石田 裕^{*3}・岡田早苗^{*4}

*1 相模女子大学短期大学部

*2 武蔵丘短期大学

*3 東京農業大学短期大学部

*4 東京農業大学大学院農学研究科

Use of Quinoa Starch in Milk Jelly

OOSAKO Sanae^{*1§,*4}, NAGASHIMA Nobuhiro^{*2}, ISHIDA Hiroshi^{*3} and OKADA Sanae^{*4}

*1 Sagami Women's University Junior College, 2-1-1 Bunkyou, Minami, Sagami-hara 252-0383

*2 Musashigaoka College, 111-1 Minamiyoshimi, Yoshimi, Hiki 355-0154

*3 Tokyo University of Agriculture Junior College, 1-1-1 Sakuragaoka, Setagaya 156-8502

*4 Department of Environmental Symbiotic Biological Science, Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture, 1-1-1 Sakuragaoka, Setagaya 156-8502

To investigate the use of quinoa starch in milk jelly, material and sensory evaluations were performed in 3 types of milk jellies prepared with quinoa starch as the test sample, and low methoxyl pectin (LMP) and agar as the controls. Static viscoelasticity measurements indicated that all 3 types of milk jellies could be represented by a six-element mechanical model. The instantaneous elastic modulus accounted for a large proportion in all 3 types of jellies. The values for quinoa and LMP jellies were lower than that of agar jelly. In terms of breaking properties, quinoa jelly, like LMP jelly, had low values for both for breaking stress and breaking energy. In sensory evaluation, quinoa jelly showed better results for the “shine” and “color” categories than did LMP and agar jellies.

(Received Sep. 8, 2011 ; Accepted May 28, 2012)

Key words : Quinoa, Starch, Milk Jelly, Low Methoxyl Pectin (LMP), Agar

キヌア, 澱粉, ミルクゼリー, 低メトキシルペクチン 寒天

キヌア (*Chenopodium quinoa*) はキノア, キノワと呼ばれているアカザ科の1年草で, 南アメリカのアンデス山脈に沿ったエクアドル, ペルー, ボリビアからチリ北部に至る高地で比較的降雨の少ない荒地, 塩害地で生育する雑穀である。近年の健康志向の高まりとともに, 雑穀の利用が見直され, その一つとして栄養価が高く^{1)~3)} アレルギー代替食材⁴⁾としてのキヌアが注目されている。筆者らは, キヌア全粒粉の利用として小麦粉や米の一部をキヌアに代替してスポンジケーキ, パンおよび餅の物性, 食味特性について検討した^{5), 6)}。また, キヌア粒からキヌア澱粉を抽出して澱粉の一般的な諸性質⁷⁾を明らかにし, キヌア澱粉糊液およびゲルのレオロジー的性

質⁸⁾についても検討した。今までの研究から透明度の低く, 柔らかいキヌア澱粉の特性を活かしたゼリーとして, 澱粉に牛乳, 砂糖を加えて加熱糊化させたのち冷却してつくられる澱粉ゲル, すなわち透明度に影響されないミルクゼリーに着目した。ミルクゼリーの利用については川端ら⁹⁾により寒天, ゼラチンおよびペクチンを用いて検討され, ミルクゼリーの物性と食味特性についての基礎研究はあるが^{10)~14)}, キヌア澱粉を用いたミルクゼリーについての物性や食味特性についての報告はない。

そこで本研究では, キヌア澱粉を用いたミルクゼリーを調製後, 物理的特性と食味特性を検討し, 若干の知見が得られたので報告する。

*1 〒252-0383 神奈川県相模原市南区文京2-1-1

§ Corresponding author, E-mail: s-oosako@star.sagami-wu.ac.jp

*2 〒355-0154 埼玉県比企郡吉見町南吉見111-1

*3 〒156-8502 東京都世田谷区桜丘1-1-1

*4 〒156-8502 東京都世田谷区桜丘1-1-1

試料および実験方法

1. 試料調製

試料のキヌア澱粉は、前報⁶⁾に準じてキヌア粒を粉碎し、これを水酸化ナトリウム溶液に懸濁後、遠心分離を行い上澄み液を除去し、蒸留水を加えアルカリの反応がなくなるまで洗浄した。その後、澱粉懸濁液を200マイクロンメッシュの篩を通して濾過し、アルコール、エーテルで洗浄し風乾したものをを用いた。対照には低メトキシルペクチン（愛国産業株式会社製LM-SN-325：以下LMPと略す）と粉末寒天（和光純薬株式会社製：以下寒天と略す）を用いた。

2. ミルクゼリーの調製

予備実験を行った結果、濃度はデザートゼリーとして最も好ましいと判断されたキヌア澱粉8% (w/w)、LMP1% (w/w)、寒天0.7% (w/w) とし、各ショ糖（和光純薬株式会社製）7% (w/w)、牛乳（よつ葉株式会社）30% (w/w)、残りを脱イオン水で調製した。

① キヌア澱粉ミルクゼリー（以下キヌアゼリーと略す）：キヌア澱粉8gにショ糖7g、牛乳30gおよび脱イオン水55g加えて攪拌し、70～75℃温浴中で10分間予備加熱を行った後重量を100gに調製し、円筒ガラス製リング（φ20mm×20mm）に注入し、スチームオーブン（SHARP AX-HC 4型）を用い、飽和水蒸気下で20分間加熱を行った後5℃で保存した。

② LMPミルクゼリー（以下LMPゼリーと略す）：1g/100gのLMPにショ糖を加えて混合した後、一定量の脱イオン水を加えて沸騰させ10分間加熱溶解し、牛乳を加えて攪拌後、脱イオン水で重量調製を行い、ガラスリングに注入し5℃で保存した。

③ 寒天ミルクゼリー（以下寒天ゼリーと略す）：0.7g/100gの粉末寒天に脱イオン水を加えて吸水膨潤させ、沸騰後10分間加熱溶解させた後、ショ糖を加えて混合溶解し、牛乳を加え、脱イオン水で重量調製を行い、②と同様に試料を注入し保存した。

以上のように調製したミルクゼリーを5℃の恒温器で24, 48, 72時間と保存し、離水率、静的粘弾性および破断特性の測定に供した。なお、官能評価用には、パイレックス製ゼリー型に試料50gずつを注入し物性測定と同様に調製したものを試料とした。

3. 離水率

ガラス製リングから取り外した試料（ゼリー）をステンレス製の網籠（φ36mm×96mm）に入れ、5℃で3日間密閉冷蔵し、その間の経時的な離水率の変化を測定した。離水率の算出は平尾ら¹⁵⁾の方法に準じて行った。

4. 静的粘弾性（クリープ特性）

静的粘弾性の測定にはレオナー（RE-33005S山電株式会社製）を用い、直径40mmのディスク型プランジャーを用い、5℃で荷重および徐重時間を各々60秒間とし、得られた歪-時間曲線より粘弾性定数を算出した。また、徐

重後の歪-時間曲線より回復歪、永久歪を求めた。測定は、それぞれキヌアゼリー10g、LMPゼリー10g、寒天ゼリー45gの荷重で加えた圧縮応力が線形性の範囲内である全歪が15%以内で行った。

5. 破断特性

破断特性の測定は静的粘弾性の測定と同機種で行った。くさび型プランジャー（接触面1mm）を用い、5℃で圧縮速度1mm/secで歪率90%まで圧縮し、得られた応力-歪曲線より、破断応力、破断エネルギーを算出した。

6. 官能評価

5℃で24時間保存した3種類の試料の寒天ゼリーを基準として、キヌアゼリー、LMPゼリーの官能評価を行った。官能評価は「分析型」および「嗜好型」について、両極5段階評点尺度法（-2から+2まで）を用いた。評価項目は、「分析型」で光沢、色、味、硬さ、弾力性、口当たりの6項目とし、「嗜好型」はこれに総合評価を加えた7項目とした。パネルはS女子大学の女子学生20名で行った。結果は一元配置分散分析法により有意差検定を行った。

結果および考察

1. 離水率

Fig. 1に各ミルクゼリーを5℃で3日間密閉冷蔵保存した離水率の変化を示した。キヌアゼリーとLMPゼリーおよび寒天ゼリーともに保存時間が長くなるにつれて離水率は高くなる傾向を示した。前報⁸⁾でのキヌア澱粉ゲルは高い離水率を示したが、牛乳を加えたキヌアゼリーはLMPゼリーの値により近い離水率を示し、寒天ゼリーは、キヌアゼリーの離水率の約3倍と高い値を示した。平尾¹³⁾、白木¹⁶⁾、蒲谷等¹⁷⁾の文献にみられるように牛乳を加えた澱粉ゲルは牛乳中の固形物量やカゼインによるたんぱく質凝集作用、その他イオンによる架橋構造等により網目構造が密になり、ゲル構造が補強されたために離水が抑えられキヌア澱粉についても同様の傾向が考えられた。

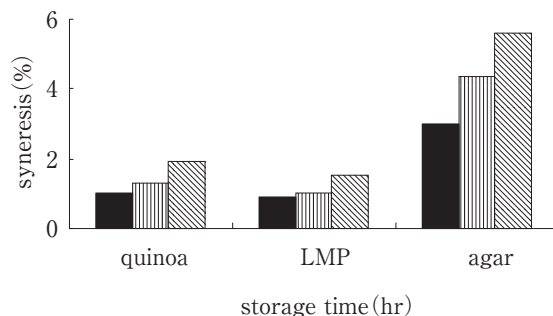


Fig. 1 Change in syneresis of quinoa, LMP, and agar milk Jellies held at 5°C

quinoa : 8%, LMP : 1%, agar : 0.7%
Storage time : ■24hr, ▨48hr, ▤72hr

2. クリープ特性

Fig. 2に保存24時間後のキヌア、LMPおよび寒天ゼリーのクリープの代表的な曲線を示した。得られたクリープ曲線は、瞬間変形部をフック弾性体、遅延変形部は2組のフォークト粘弾性体および定常変形部はニュートン粘性体の6要素模型に対応させて解析することができた。Table 1に保存時間別クリープ曲線より求めた粘弾性定数を示した。クリープ曲線における変形の大部分は瞬間弾性部が占めており、時間経過に伴う瞬間弾性部 ($\times 10^4$ N/m²) は、キヌアゼリーが、7.57, 7.66, 7.82, LMPゼリーが、5.04, 5.99, 6.31, 寒天ゼリーが、24.79, 27.91, 28.08と増加する傾向を示し、寒天ゼリーはキヌアゼリーとLMPゼリーの約4倍であった。時間経過に伴う変化の割合は、3種類のゼリーで1.0~1.20倍であった。フォークト体の粘弾性部 (E_1 , E_2 , η_1 , η_2) では、3種のゼリーは保存時間が長くなるに従い増加する傾向にあった。フォークト体弾性部 (E_1) ではキヌアゼ

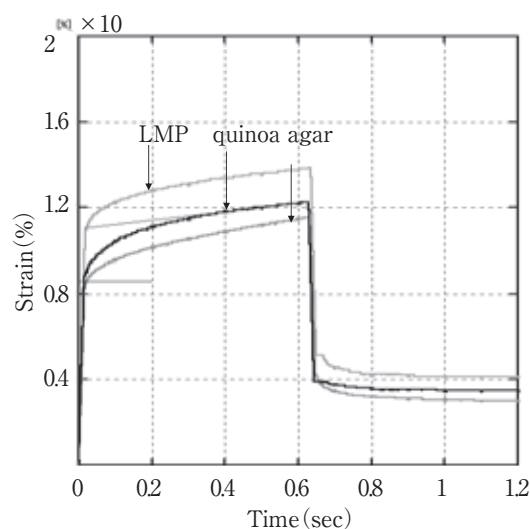


Fig. 2 Creep curve for 8% quinoa, 1% LMP, and 0.7% agar milk jellies held at 5°C for 24 hours

リー, LMPゼリーでは24時間から48時間の変化率が1.47, 1.33倍に増加したのに対して、寒天ゼリーは1.16倍と低い増加であった。定常粘性部 (η_N) の変化では、3種類のゼリーとも保存時間に従い増加を示しが、LMPゼリーは、24時間から72時間による変化の割合が、約1.66倍とキヌアゼリーおよび寒天ゼリーより高い値を示した。LMPゼリーは、キヌアゼリーと寒天ゼリーとは異なるゲルの結合状態の違いを示唆するものと考えられる。Fig. 3に徐重後の全歪に対する回復歪と永久歪の割合を示した。3種類のゼリーは、保存時間とともに回復歪が増加する傾向が認められたが、キヌアゼリーは24時間から72時間における回復歪の増加が1.4倍と高くなるのに対して、LMPゼリー、寒天ゼリーでは変化は小さかった。微小変形下で変化が小さく安定しているLMPゼリー、寒天ゼリーに対してキヌアゼリーは、保存時間が長くなるに従って回復歪の高くなることより、保存時間が長くなるに従って回復しやすいソフトなゼリーに変化したことが示唆された。

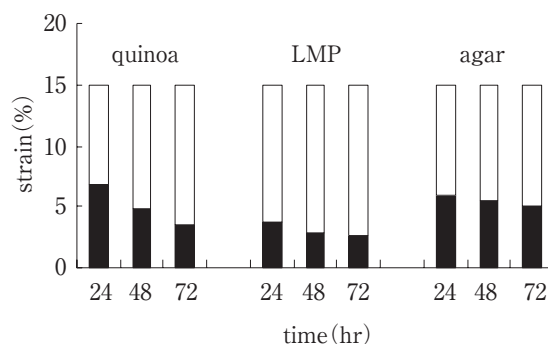


Fig. 3 Effect of storage duration at 5°C on the strain of quinoa, LMP, and milk jellies

quinoa : 8% milk jelly, LMP : 1% milk jelly, agar : 0.7% milk jelly

■ permanent strain □ recovery strain

Table 1 Mechanical properties of milk jellies storage for various times at 5°C

Sample	E_H ($\times 10^4$ N/m ²)	E_1 ($\times 10^5$ N/m ²)	η_1 ($\times 10^7$ Pa·sec)	τ_1 (sec)	E_2 ($\times 10^6$ N/m ²)	η_2 ($\times 10^6$ Pa·sec)	τ_2 (sec)	η_N ($\times 10^7$ Pa·sec)
quinoa	24hr 7.57 $\pm$ 0.56	4.39 $\pm$ 0.19	0.71 $\pm$ 0.01	10.87 $\pm$ 0.21	1.33 $\pm$ 0.24	2.42 $\pm$ 0.58	2.75 $\pm$ 0.47	2.63 $\pm$ 0.31
	48hr 7.66 $\pm$ 0.27	6.46 $\pm$ 0.55	0.89 $\pm$ 0.06	10.50 $\pm$ 0.34	2.06 $\pm$ 0.25	2.62 $\pm$ 0.33	2.43 $\pm$ 0.69	2.60 $\pm$ 0.71
	72hr 7.82 $\pm$ 0.35	6.66 $\pm$ 0.25	1.06 $\pm$ 0.30	9.03 $\pm$ 0.55	2.82 $\pm$ 0.21	3.23 $\pm$ 0.42	1.80 $\pm$ 0.68	3.25 $\pm$ 0.97
pectin	24hr 5.04 $\pm$ 0.65	4.41 $\pm$ 0.12	0.48 $\pm$ 0.01	10.65 $\pm$ 0.29	0.84 $\pm$ 0.12	1.15 $\pm$ 0.50	1.056 $\pm$ 0.34	2.53 $\pm$ 0.09
	48hr 5.99 $\pm$ 0.24	5.88 $\pm$ 1.35	0.57 $\pm$ 0.13	11.06 $\pm$ 0.34	1.05 $\pm$ 0.40	1.63 $\pm$ 0.66	1.12 $\pm$ 0.40	3.24 $\pm$ 0.55
	72hr 6.31 $\pm$ 0.55	6.26 $\pm$ 2.88	0.67 $\pm$ 0.28	11.43 $\pm$ 0.86	1.26 $\pm$ 0.98	2.02 $\pm$ 1.09	1.19 $\pm$ 0.33	4.21 $\pm$ 1.94
agar	24hr 24.79 $\pm$ 1.28	19.14 $\pm$ 5.46	2.05 $\pm$ 0.12	10.49 $\pm$ 0.22	3.97 $\pm$ 0.62	7.39 $\pm$ 0.27	1.25 $\pm$ 0.17	7.72 $\pm$ 0.26
	48hr 27.91 $\pm$ 2.46	22.24 $\pm$ 7.39	2.37 $\pm$ 0.19	10.68 $\pm$ 0.30	4.58 $\pm$ 0.73	7.57 $\pm$ 0.83	1.42 $\pm$ 0.08	7.97 $\pm$ 0.61
	72hr 28.08 $\pm$ 1.35	26.26 $\pm$ 2.55	2.88 $\pm$ 0.72	10.98 $\pm$ 0.92	4.67 $\pm$ 0.25	7.81 $\pm$ 1.08	1.55 $\pm$ 0.29	8.55 $\pm$ 1.98

Storage time : 24hr, 48hr, 72hr

E_H , instantaneous elastic modulus; E_1 , E_2 : retardation elastic modulus; η_1 , η_2 : retardation viscosity;

η_N : Newtonian viscosity; τ_1 , τ_2 : retardation time

3. 破断特性

測定温度 5℃における各ミルクゼリーの応力-歪曲線をFig. 4に示した。破断曲線を比較すると、いずれも脆性破壊を示した。LMPゼリーは、破断後応力が緩やかに減少し、寒天ゼリーは、破断後応力が急激に減少した。キヌアゼリーは、破断後LMPゼリーに似た緩やかな現象を示した。24~72時間で測定したミルクゼリーの最大応力を示した降伏点を破断点として、破断応力、破断エネルギーおよび初期弾性率を算出した。Table 2に破断応力値 ($\times 10^2$ N/m²) と破断エネルギー値 ($\times 10$ J/m²) を示した。破断応力値、破断エネルギー値ともに72時間保存後でキヌアゼリー (0.71×10^2 N/m²) およびLMPゼリー (0.64×10^2 N/m²) は、低い値を示し、寒天ゼリー (3.51×10^2 N/m²) は、約5倍高い値を示した。前報⁹⁾でキヌアゲルは、保存時間における依存性が低く破断応力、破断エネルギーは低値を示した。キヌアゼリ

ーは、LMPゼリーと各特性値が近似しており、LMPゼリーに似た柔らかいゼリーであることが示された。寒天ゼリーは、キヌア、LMPゼリーに比べ各特性値が大きく、寒天ゼリーの性状がキヌアおよびLMPゼリーとは異なることが認められた。キヌアゼリーは、経時変化による破断応力、破断エネルギー、初期弾性率の値が低いことから柔らかく、ソフトなゼリーで口の中ではわずかな力で脆く壊れていくミルクゼリーであることが明らかになった。寒天ゼリーは、口に入れたときは硬く感じるしっかりしたミルクゼリーであった。LMPゼリーは、牛乳が加わることで、牛乳中のCa²⁺がゲル化の架橋の役目を果たし、好ましい食感のゼリーとなるが、牛乳の代替に豆乳を用いたときにはゲル化しない。キヌアゼリーは、牛乳の代替に豆乳を用いてもゲル化し、澱粉であることから消化も良く、牛乳アレルギーなどの対応食としても活用できと考える。

4. 官能評価

3種類のミルクゼリーの評点法による官能評価を行った結果をFig. 5に示した。分析型では「光沢」、「色」、「味」、「弾力性」、「口当たり」の項目で危険率5%で有意な差がみられ、LMPゼリーでは茶色の色調が強く弾力性に高い評価がみられ、キヌアゼリーは白い色調がよく軟らかく弾力性がないゼリーと評価された。嗜好型では、「光沢」、「味」、「弾力性」、「口当たり」、「総合評価」に有意な差が認められた。LMPゼリーは、「味」、「弾力性」、「口当たり」、「総合評価」で嗜好性が他のミルクゼリーより高く、「色」では好まれない傾向を示した。キヌアゼリーは、分析型での評価と同じく「色」では3種類の中で嗜好性が高く、「硬さ」では3種類とも

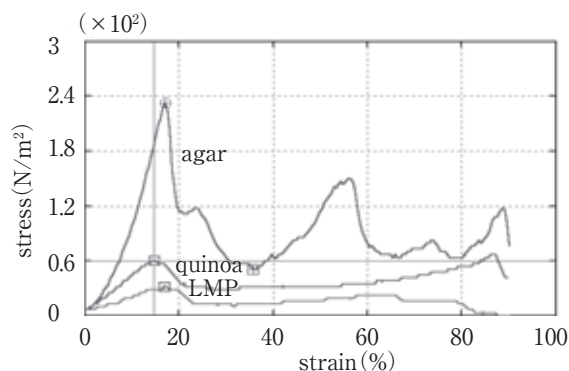


Fig. 4 Stress-strain curves for 8% quinoa, 1% LMP, and 0.7% agar milk jellies held at 5℃

O, Rupture point

Table 2 Effect of storage duration at 5℃ on rupture stress and energy for quinoa, LMP, and agar milk jellies

	rupture stress ($\times 10^2$ N/m ²)			rupture energy ($\times 10$ J/m ²)		
	8 % quinoa	1 % LMP	0.7% agar	8 % quinoa	1 % LMP	0.7% agar
24hr	0.48 ± 0.17	0.45 ± 0.04	3.12 ± 0.02	0.51 ± 0.11	0.48 ± 0.06	2.25 ± 0.11
48hr	0.61 ± 0.11	0.57 ± 0.07	3.31 ± 0.30	0.66 ± 0.12	0.57 ± 0.05	2.50 ± 0.59
72hr	0.71 ± 0.09	0.64 ± 0.12	3.51 ± 0.37	0.83 ± 0.11	0.70 ± 0.17	2.69 ± 0.34

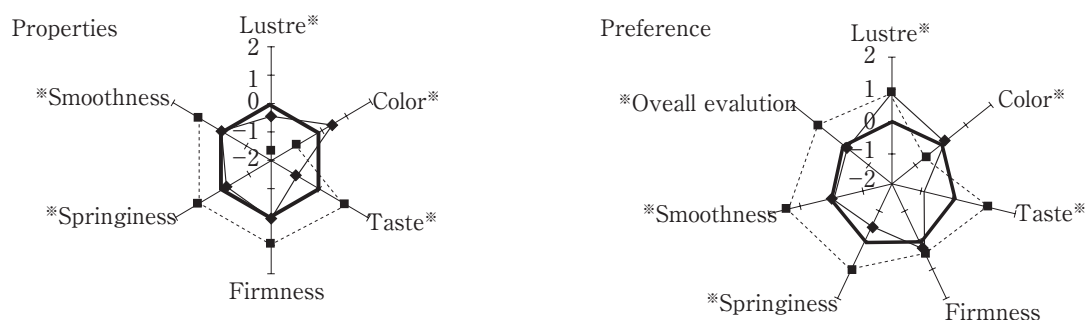


Fig. 5 Properties and preferences of quinoa, LMP, and agar milk jellies as determined by sensory evaluation (*p<0.05)

—◆— 8 %quinoa - - - ■ - - - 1 %LMP —●— 0.7%agar

違いはなく、「光沢」、「口当たり」、「総合評価」では寒天ゼリーと同様に好まれる傾向にあったが、「弾力性」では3種類のミルクゼリーの中では好ましい評価は得られなかった。官能評価を行ったパネラーが20代であったことより弾力性のないゼリーは好まれなかったと推察される。キヌアゼリーはLMPゼリーのように弾力性には欠けるが、「分析型」、「嗜好型」の評価より見た目の良い口当たりのソフトなミルクゼリーは新しい食感として有用な食品であると考ええる。

また、厚生労働省の特別用途食品制度のあり方に関する検討会の報告書¹⁸⁾で、「嚥下困難者用食品たる表示の許可基準の硬さ」が示されているように軟らかく形状を保った食品が求められている中でキヌアミルクゼリーは利用の高い食品を目指せると考える。

ミルクゼリーは多くの人に親しまれている食品であり、その特性は、栄養価・味・食べやすさが重要な知見となり、今後は高齢者を対象とした評価（試験）について検討したいと考える。

要 約

1. 離水率では、キヌアゼリーは、LMPゼリーと近似値を示した。寒天ゼリーの離水率が顕著に高い値を示した。
 2. クリープ特性では、3種類のゼリーとも瞬間弾性率が大部分を占め、キヌアゼリー、LMPゼリーは寒天ゼリーより小さい値を示した。経時変化では3種類のゼリーは漸増傾向を示した。また、全歪に対して永久歪と回復歪の割合では、永久歪の割合はLMPゼリー<キヌアゼリー<寒天ゼリーの順に高い値を示した。
 3. 破断特性値では、破断応力、破断エネルギーともにキヌアゼリーはLMPゼリーと同様に小さい値を示した。
 4. 寒天ゼリーは回復しにくいゼリーであることが認められた。
 5. 官能評価ではキヌアゼリーは「光沢」、「色」では、LMPゼリー、寒天ゼリーより好評価が得られたが、「弾力性」では「味」については「分析型」、「嗜好型」両方で好ましい評価は得られなかった。キヌアゼリーはLMPゼリーのような「弾力性」はないが、見た目のよい、ソフトなミルクゼリーであった。
- ランスとキヌア、食の科学, **253**, 30~36 (1999)
 - 4) 真鍋 久: 雑穀ブームの背景を探る, 日調科誌, **38**, 440~445 (2005)
 - 5) 大迫早苗: キヌア添加によるスポンジケーキの食味特性. 相模女子大学紀要, **70B**, 15~22 (2006)
 - 6) 大迫早苗・永島伸浩: キヌア添加が餅生地物性に及ぼす食味特性に及ぼす影響, 相模女子大学紀要, **71B**, 45~52 (2007)
 - 7) 大迫早苗・永島伸浩・石田 裕・岡田早苗: キヌア澱粉の諸性質と糊化特性, 日本食生活学会誌, **20**, 294~299 (2010)
 - 8) 大迫早苗・永島伸浩・石田 裕・岡田早苗: キヌア澱粉糊およびゲルのレオロジー的性質, 日調科誌, **44**, 169~173 (2011)
 - 9) 川端晶子・澤山 茂・永島伸浩・内村佳子: 低メトキシルバクチンのミルクゼリーへの利用, 日本家政学会誌, **33**, 13~23 (1982)
 - 10) 高橋節子・美川トク・福場博保: ブラマンジェのレオロジー的研究, 日本家政学会誌, **22**, 308~314 (1974)
 - 11) 高野美幸・赤羽ひろ・中浜信子: ブラマンジェの力学的性状, 日本家政学会誌, **36**, 861~866 (1985)
 - 12) 平尾和子・渡辺篤二・高橋節子: ブラマンジェ様澱粉ゲルの物性および官能評価に及ぼす大豆たんぱく質添加の影響 (第1報), 日本家政学会誌, **54**, 31~42 (2003)
 - 13) 平尾和子・渡辺篤二・高橋節子: ブラマンジェ様澱粉ゲルの物性および官能評価に及ぼす大豆たんぱく質添加の影響 (第2報), 日本家政学会誌, **54**, 43~50 (2003)
 - 14) 藤井恵子・赤堀博美・川辺知子・川畑章子・大越ひろ・中浜信子: ゲル化剤の異なるミルクゼリーの性状について, 日調科誌, **34**, 261~269 (2001)
 - 15) 平尾和子・武井婦貴恵・米山陽子・高橋節子: サゴ澱粉の物性に及ぼす卵黄粉末添加の影響, 日本家政学会誌, **56**, 49~54 (2005)
 - 16) 白木まさ子・貝沼やす子: 牛乳羹に及ぼす牛乳の影響について, 日本家政学会誌, **28**, 525~532 (1977)
 - 17) 蒲谷裕美・河村フジ子: 牛乳およびその分別成分を添加した米粉ゲルのレオロジー的特性, 日本家政学会誌, **48**, 783~788 (1997)
 - 18) 厚生労働省医薬食品局食品安全部長通知, 特別用途食品の表示許可等について, 平成21年2月12日, 食安発第0212001号 (2009)
(平成23年9月8日受付, 平成24年5月28日受理)

文 献

- 1) 平野 茂: *Food Style*, **21**, 66~69 (2002)
- 2) CHAUHAN, G.S., et al.: *Cereal Chem.*, **69**, 85~88 (1992)
- 3) 小西洋太郎・不破英次・森田尚文・高尾哲也: アマ

老鶏肉の特徴と付加価値食品素材としての利用性の検討

阿久澤さゆり^{*1§}・佐野 紘子^{*1}・石山 緑^{*1}
前橋 健二^{*1}・小山 洋一^{*2,*3}

^{*1} 東京農業大学応用生物科学部

^{*2} (株) ニッピバイオマトリックス研究所

^{*3} (一財) 日本皮革研究所

Physicochemical Properties and Utilization of Spent Laying Hen Muscle as a Functional Food

AKUZAWA Sayuri^{*1§}, SANO Hiroko^{*1}, ISHIYAMA Midori^{*1},
MAEHASHI Kenji^{*1} and KOYAMA Yoh-ichi^{*2,*3}

^{*1} Faculty of Applied Bioscience, Tokyo University of Agriculture,
1-1-1, Sakuragaoka, Setagaya-ku, Tokyo 156-8502

^{*2} Nippi Research Institute of Biomatrix, 520-11, Kuwabara, Toride-shi, Ibaraki 302-0017

^{*3} Japan Institute of Leather Research, 520-11, Kuwabara, Toride-shi, Ibaraki 302-0017

The general composition, collagen and sensory profiles were compared between spent laying hen muscle and broiler muscle to determine the best function as a food material. The moisture and fat contents were lower and protein content was higher in spent laying hen muscle than in broiler muscle. The total free amino acid content was lower in spent laying hen muscle than in broiler muscle; however, the collagen content was comparatively higher in spent laying hen muscle. Breast and thigh muscles from spent laying hens had higher mean values of toughness than those from broilers and the mean values of tenderness and juiciness were lower in spent hen muscle than broiler muscle. Our results suggest that spent laying hen muscle would be more suitable for utilization as processed minced meat because it is a collagen-rich food material.

(Received Mar. 8, 2012; Accepted May 21, 2012)

Key words: spent laying hen muscle, free amino acid content, the collagen content, hot water extraction, sensory evaluation

老鶏肉, 遊離アミノ酸含量, コラーゲン量, 熱水抽出, 官能評価

鶏は、食用の鶏卵の採取を目的とした採卵鶏と、食肉の採取を目的とした肉用鶏（ブロイラー等）、卵肉兼用、愛玩用が飼育されており、肉用鶏のうち、ブロイラーはふ化後約3か月未満で出荷され、一般に「肉用若鶏」とも呼ばれている。一方、採卵用の鶏は、孵化後約5か月で卵を産み始めてから、養鶏場で約1年6か月間採卵する。採卵養鶏場では、採卵期間が長くなると、採卵率や卵の品質の低下、卵の大きさも規格外になってしまうため、鶏卵の生産量を維持するために、鶏舎単位で採卵鶏を一括導入し、産卵率が低下した時期に一括放出する

「オールイン・オールアウト」というシステムで鶏舎を管理している。このように採卵用の鶏は養鶏場で約2年間飼育され、養鶏場を出た鶏は、おもに老鶏や廃鶏と呼ばれ処理場に運ばれる。年間の老鶏出荷羽数は9,108万羽で、処理重量（肉用目的で処理された食鳥の重量）は15万8,660tである。それに対し、ブロイラーの全国処理羽数は6億3,380万羽で処理重量は183万5,091tである¹⁾。大部分の老鶏の肉は、硬いために一般流通は難しいとして廃棄される場合や、ペットフードや加工品用として練り製品などの業務用に出荷されているのが現状で

^{*1} 〒156-8502 東京都世田谷区桜ヶ丘1-1-1

§ Corresponding author, E-mail: akuzawa@nodai.ac.jp

^{*2} 〒302-0017 茨城県取手市桑原520-11

^{*3} 〒302-0017 茨城県取手市桑原520-11

ある。十分に食用が可能な動物性タンパク源であるにもかかわらず、食品素材としての利用は低く、さらに、このような老鶏や廃鶏と呼ばれる鶏肉の特徴およびその利用性に関する研究報告は、枝肉歩留まりと原価²⁾や練り肉の製造法の検討³⁾、保水性と抽出蛋白質量の測定⁴⁾などの数報のみである。

そこで本研究では、ブロイラーと老鶏を試料として、その鶏肉と調製スープの一般成分およびコラーゲン量の違いを求めた。さらに、加熱鶏肉の官能評価を行い、動物性タンパク源である老鶏肉の付加価値食材としての可能性を検討することを目的とした。

試料および実験方法

1. 試料肉の調製

老鶏は鹿児島県内の(株)霧島エッグで約690日飼育されたメスと、肉用鶏として鹿児島県内の三宅農場で50～60日飼育されたブロイラーのメスについて、鶏の提供とその解体処理を依頼し、解体処理された老鶏およびブロイラーの腿肉および胸肉を測定用試料として用いた。各試料は、解体処理後直ちに皮および肉を分離して、-20℃で凍結し保存した。

2. 試料肉によるスープ（熱水抽出成分）の調製

老鶏およびブロイラーの胸肉と腿肉の、肉と皮を分離し、その肉を用いてスープ（熱水抽出成分）を調製して成分測定を行った。スープの調製方法は、複数枚の胸または腿肉を用い、それらを2 cm角に切り出してランダムに混合し、1羽の個体による肉質のバラツキと、1枚の胸または腿肉内の部位により生じるバラツキを避けるように配慮した。肉重量に対して5倍量の水が沸騰後肉を入れ、肉が対流で移動しない程度（水温約99℃）の火力を保持し、15分間加熱を継続し、肉を取り出して遠心分離（13,000rpm, 15min, 5℃）して浮遊物を除去したものを調製スープとした。

3. 一般成分分析

老鶏およびブロイラーの皮を除去した胸肉と腿肉の一般成分分析は、水分が常圧加熱乾燥法⁵⁾、タンパク質はケルダール法⁵⁾、脂質はソックスレー脂質抽出法⁵⁾、灰分は直接灰化法⁵⁾を用いて行った。

4. 遊離アミノ酸分析

老鶏およびブロイラーの皮を除去した胸肉と腿肉の遊離アミノ酸分析は、アミノ酸分析システム（L7000型、(株)日立ハイテクノロジーズ）を用いて行った。まず、包丁で細かく刻んだ試料肉50gは0.1M NaCl-10mM Tris-HCl (pH7.5) 150mlとともに電動ミキサーで30秒間ホモジナイズした。つぎに、遠心分離（13,000rpm, 15min, 5℃）し、得られた上清表面の油塊をガーゼで除いた。この上清1 mlに対して0.02N-HCl 4 mlを混合し、遠心分離（13,000rpm, 15min, 5℃）した。得られた上清を0.45μmのフィルターでろ過した溶液をHPLC測定試料とした。なお、測定条件は、カラム：4.0mmID.×150

mm #2619PH, 溶出液：クエン酸緩衝液、反応試薬：アミノ酸キットニンヒドリン試液ワコー、流速：0.4ml/min, カラム温度：57℃, 反応槽温度：130℃, 検出：570nmで測定を行い、味の素アミノ酸自動分析用アミノ酸混合標準溶液H型を標準品として用いた。

5. 調製スープ（熱水抽出成分）の成分分析

調製スープの成分分析は、タンパク量をLowry法⁶⁾で、L-グルタミン酸量をヤマサL-グルタミン酸測定キットIIを用いて定量し有意差検定（t-検定）を行った。

6. 老鶏およびブロイラーの胸肉と腿肉の皮、および調製スープに含まれるヒドロキシプロリン（Hyp）の定量とコラーゲン量の推定

老鶏およびブロイラーの胸肉、腿肉、各部位の皮、および上記2の方法で調製したスープについて、それぞれの試料中に含まれるコラーゲンに特徴的なアミノ酸であるヒドロキシプロリンを、ジメチルアミノベンズアルデヒド比色法^{7),8)}にて測定した。また、コラーゲン量の算出に必要なヒドロキシプロリン係数（ヒドロキシプロリンに対するコラーゲンの重量比）は、鶏のアミノ酸組成データを用いて算出した⁹⁾。

7. 加熱した老鶏およびブロイラーの腿肉と胸肉の官能評価

老鶏およびブロイラーの皮を除いた胸肉と腿肉を、それぞれ約150～250 gのブロックを用いた。肉重量の5倍量の水を沸騰させた後に肉を入れ、継続して気泡が生成する程度（水温約99℃）の緩やかな火力を保持して30分間加熱した。その後、火を止めて30分間放冷し、水中から肉を取り出して1片を15～20 gに調製した。老鶏とブロイラーの胸肉、老鶏とブロイラーの腿肉を一对として評価試料を2組とした。胸および腿肉ともにブロイラーを基準として、一对比較法で「匂い」、「味」、「軟らかさ」、「歯ごたえ」、「多汁性・ジューシーさ」、「総合評価」の6項目の分析型官能評価と、好き・嫌いの嗜好型について両極7点方式で評価した。本学栄養科学科の学生男女12人（女10人・男2人）を対象として行い、評価項目ごとに有意差検定（t-検定）を行った。

結果および考察

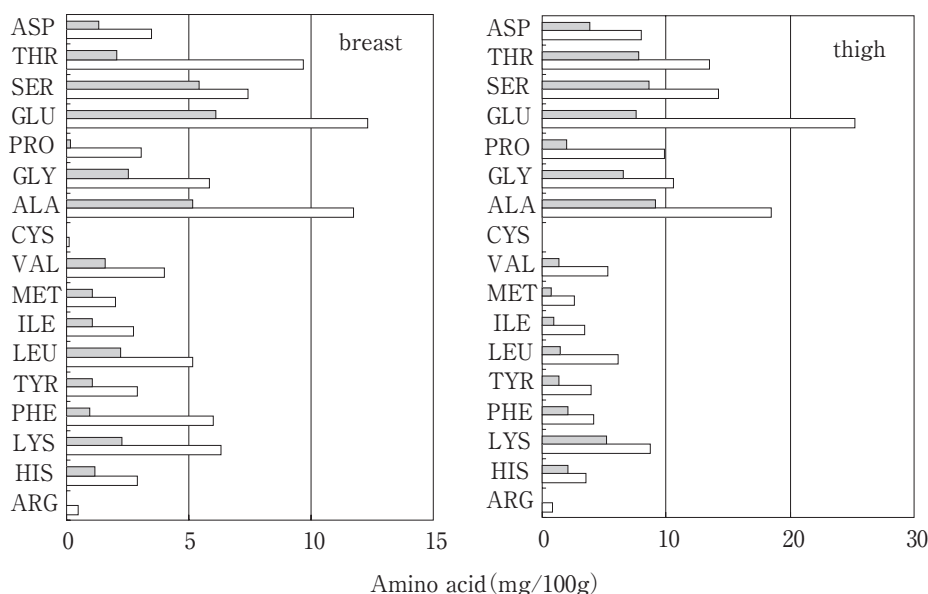
1. 老鶏およびブロイラーの胸肉と腿肉の成分分析とスープ（熱水抽出液）中のタンパク質量

Table 1 に水分、タンパク質、脂質および灰分の分析結果を示した。皮を去除した後の腿および胸肉の水分量は、胸肉では老鶏72.9 g/100 g、ブロイラー74.1 g/100 g、腿肉は、老鶏74.9 g/100 g、ブロイラー76.9 g/100 gで、老鶏のほうが低値であった。タンパク質は老鶏胸肉24.8 g/100 g、ブロイラー22.8 g/100 gで、腿肉は老鶏22.3 g/100 g、ブロイラー18.4 g/100 gであった。また、脂質では老鶏胸肉2.0 g/100 g、ブロイラー胸肉1.3 g/100 gで、腿肉は老鶏3.2 g/100 g、ブロイラー5.0 g/100 gであった。この結果は、一般的に腿肉の「老鶏や

Table 1 Protein and L-glutamic acid contents in soup made from spent laying hen and broiler muscles

	(g/100g)			
sample	Moisture	Protein	Fat	Ash
breast				
spentlayinghen	72.9±0.2	24.8±0.4	2.0±0.8	1.1±0.0
broiler	74.1±0.6	22.8±0.5	1.3±1.1	1.1±0.0
thigh				
spentlayinghen	74.9±1.4	22.3±1.4	3.2±0.4	0.8±0.2
broiler	76.9±0.3	18.4±0.7	5.0±1.9	0.9±0.1

n≥2 ; Ave. ±SD

**Fig. 1** Free amino acid content of spent laying hen and broiler muscles

■ : spent laying hen ; □ ; broiler

地鶏などは水分や脂肪が少なく引き締まっている」,「ブロイラーは水っぽくて脂質がある」といわれている評価を裏づけるものであったと考えられる。

また, 老鶏およびブロイラーの各部位の肉を, 3 倍量のバッファー中でホモジナイズして得られた溶液中の遊離アミノ酸量の測定結果をFig. 1に示した。総アミノ酸量は, 老鶏胸肉113.7mg/L, ブロイラー胸肉286.6mg/L, 老鶏腿肉202.3mg/L, ブロイラー腿肉461.4mg/Lであり, 物理的に肉を破壊するホモジナイズによって溶液中に遊離したアミノ酸量は, 老鶏よりブロイラーのほうが多かった。

さらに, 肉を5倍量の熱水で加熱して得られたスープ(熱水抽出液)中の遊離タンパク質量とL-グルタミン酸量を測定した結果をTable 2に示した。熱水抽出による水溶性タンパク質量は, 老鶏とブロイラーでは有意な差は認められなかった。しかし, L-グルタミン酸量は, 老鶏胸肉は19.4mg/L, ブロイラー胸肉30.51mg/L, 老鶏腿肉28.37mg/L, ブロイラー腿肉73.63mg/Lで, 胸肉お

Table 2 Amount of protein and L-glutamic acid in soup for spent laying hen and broiler muscles

	(mg/L)	
sample	Protein	L-glutamic acid
breast		
spentlayinghen	855.0±33.0	19.40±1.51
broiler	764.7±104.2	30.51±0.25
thigh		
spentlayinghen	931.0±131.9	28.37±2.31
broiler	1016.0±79.2	73.63±0.42

n=3 ; Ave. ±SD

*p<0.05

び腿肉ともにブロイラーのほうが多く溶出していた。これは, スープ料理などの大量の水を用いて抽出液の利用を目的とした調理では, 老鶏は同じ重量の肉を用いた場合はスープの味の強度が弱いことが予測できる結果であった。また, 胸肉由来のスープは腿肉由来のスープよ

りさっぱりしているという一般的な評価は、うま味成分であるL-グルタミン酸の溶出量の違いではないかと考えられた。

2. 老鶏およびブロイラーの胸肉と腿肉、皮、および調製スープ（熱水抽出液）に含まれるコラーゲン量の比較

Table 3 に調製スープおよび胸肉、腿肉、皮に含まれるヒドロキシプロリン量の測定値に換算係数を用いて算出したコラーゲン量を示した。スープ（熱水抽出液）に含まれるコラーゲン量は0.12～0.45mg/gであった。しかし、各肉を塩酸加水分解した後のコラーゲン量は、老鶏胸肉20.41mg/g、ブロイラー胸肉6.53mg/g、老鶏腿肉は29.91mg/g、ブロイラー腿肉15.81mg/gであった。スープ残査（熱水抽出後の肉）中のコラーゲン量を測定していないため、明確な結果は示されないが、スープ中のコラーゲン量の違いは、老鶏とブロイラーの筋肉からの溶出の違いが影響しているのではないかと考えられた。これらの結果より、老鶏肉の成分組成を有効に摂取するには、調製スープ（熱水抽出液）よりも肉を利用する方法を検討することにより、コラーゲンの供給源として付加価値をもつ食品として特徴づけられると考えられた。

3. 加熱調理操作（ゆで）後の老鶏およびブロイラーの胸肉と腿肉の官能評価

熱水中で加熱する調理操作の「ゆでる」または「煮る」は、食材の成分が溶出した場合でも、ゆで汁や煮汁を活用し摂取することで、栄養成分の損失を最小限に留めることができる利点がある。そこで、「ゆでる」または「煮る」という調理操作の後に、料理として供する場合を想定して、「ゆでる」調理操作を加えた後の老鶏およびブロイラーの胸肉と腿肉について、ブロイラーに対する老鶏肉の評価項目の強弱の程度を-3から+3の評点で評価し、その平均評点をFig. 2に示した。「匂い」と「味」の評価は、老鶏とブロイラーの間では有意な差はみられなかったが、胸肉では「歯ごたえ」で、腿肉では「軟らかさ」と「歯ごたえ」の評価項目で、老鶏とブロイラーの評価に有意に差がみられ、老鶏肉はブロイラー肉に比べて、「軟らかさ」の強度は弱く、「歯ごたえ」の強度は強く、その評価の傾向は腿肉のほうが顕著であった。このことは、Table 3に示したコラーゲン量の傾向を反映しており、食肉の硬さと総コラーゲン量の関係を検討した報告^{10), 11)}と同様な傾向が示された。加齢によってコラーゲンの抽出量が減少し、この要因としてコラーゲン分子間の架橋形成の違いが影響しているという報告¹²⁾があり、このことから、ブロイラーは、溶出しやすい構造のコラーゲンが多いため軟らかく、しかし、老鶏は溶出しにくい構造のコラーゲンが多いため硬いという特徴が現れたのではないかと考えられた。また、肉の「多汁性」を評価する「ジューシーさ」は、有意差は認められなかったが、老鶏肉のほうがやや弱い評価であった。「総合評価」では、老鶏肉がやや低い評価であり、

Table 3 Comparison of the amount of collagen in each soup and meat for spent laying hen and broiler (mg/g)

sample	collagen		
	soup	muscle	skin
breast			
spentlayinghen	0.12	20.41	95.20
broiler	0.15	6.53	51.03
thigh			
spentlayinghen	0.45	29.91	45.15
broiler	0.15	15.81	64.95

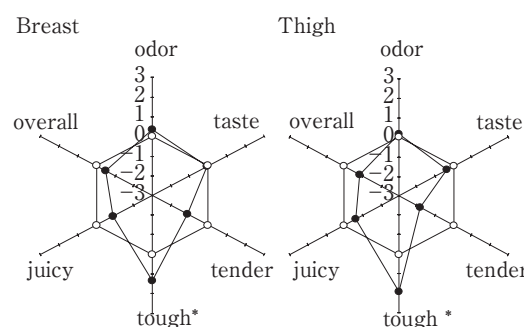


Fig. 2 Sensory profiles of spent laying hen and broiler muscles

● : spent laying hen ; ○ : broiler

* : $p < 0.05$

軟らかい肉を食べ慣れており、それをよいと感じる年齢層が被験者であったことも影響していると考えられるが、「好き-嫌い」の嗜好評価では、25%の被験者は「好ましい」という評価をしており、自由記述でも「歯ごたえがあって、肉らしい食感」という評価もみられた。しかし、老鶏肉を「好ましい」と評価した被験者は少なかったことから、「多汁性・ジューシーさ」と「軟らかさ」の評価を補える調理加工法として、物理的な破壊である「ひき肉」として成形し、この特徴を利用して、粘った水っぽい肉の食感ではなく、粗挽きのように肉の塊としての食感を残し、かつ、ブロイラーより多くのコラーゲンを摂取できる食材として有用ではないかと考えられた。

文 献

- 1) 農林水産統計（農林水産省大臣官房統計部・平成23年7月13日公表）：平成22年食鳥流通統計調査結果の概要
http://www.maff.go.jp/j/tokei/pdf/shoku_tori_10.pdf#search
- 2) 石井邦彦：廃鶏肉の高付加価値化技術の開発（第1報、廃鶏肉の特性と加工適性）、大分県農水産物加工総合指導センター研究報告、1、92～96（1990）
- 3) 石井邦彦：廃鶏肉の高付加価値化技術の開発（第2

- 報, 練り肉の製造方法の検討), 大分県農水産物加工
総合指導センター研究報告, **1**, 97~101 (1990)
- 4) 鈴木敦士・佐東賢司・林 均・小杉 豊・野並慶
宜: プロイラーおよび廃鶏肉貯蔵中の肉の硬さ, 保水
性, ならびにたん白質の抽出性の変化, 栄養と食
糧, **28**, 509~511 (1975)
- 5) 財団法人日本食品分析センター編集: 五訂 日本食
品標準成分表分析マニュアルの解説 (中央法規, 東
京), p.10, p.29, p.40, p.86 (2001)
- 6) LOWRY, O. H., ROSEBROUGH, N. J., FARR, A. L. and
RANDALL, R. J.: Protein measurement with the
folin phenol reagent, *J. Biol. Chem.*, **193**, 265~275
(1951)
- 7) KIVIRIKO, K.I., LAITINEN, O. and PROCKOP, D.J.:
Modification of a soecific assay for hydroxyproline
in urine, *Analytical Biochemistry*, **19**, 249 ~ 255
(1967)
- 8) INAYAMA, S., SHIBATA, T., OHTSUKI, J. and SAITO, S.
: A new microanalytical method for determination
of hydroxyproline in connective tissues, *Keio J.
Med.*, **27**, 43~46 (1978)
- 9) 野口千里・小林身哉・小山洋一: 20代から50代日本
人女性における食事由来コラーゲン推定摂取量の特徴,
栄養学雑誌, **70** (2012) 印刷中
- 10) 阿部 申・平田明弘・木村貞司・山内邦男: 廃鶏肉
の硬さに及ぼすコラーゲンの影響, 日食工誌, **43**, 831
~834 (1996)
- 11) LIGHT, N., CHAMPION, A. E., VOYLE, C. and BAILEY,
A. J.: The rôle of epimysial, perimysial and
endomysial collagen in determining texture in six
bovine muscles, *Meat Sci.*, **13**, 137~149 (1985)
- 12) 蛭原哲也・飯島克昌・佐藤かおり・染木衣応里・桑
葉くみ子・服部俊治・入江伸吉: 加齢に伴う牛皮組織
コラーゲンの抽出性の変化と得られた標品の生化学的
特性, *Connective Tissue*, **31**, 17~23 (1999)
(平成24年 3 月 8 日受付, 平成24年 5 月21日受理)

ヨーグルトのテクスチャーに与える脱脂乳の加熱処理の影響と要因

岡 大 貴^{*1}・笠井亮吾^{*2}・野口智弘^{*1§}・高野克己^{*2}

^{*1} 東京農業大学応用生物科学部食品加工技術センター

^{*2} 東京農業大学応用生物科学部生物応用化学科

Effects of Heat-treated Skim Milk on the Texture of Yogurt Curd

OKA Daiki^{*1}, KASAI Ryogo^{*2}, NOGUCHI Tomohiro^{*1§} and TAKANO Katsumi^{*1}

^{*1} Food Processing technology Center, Department of Applied Biology and Chemistry, Tokyo University of Agriculture, 1-1-1 Sakuragaoka, Setagaya-ku, Tokyo 156-8502

^{*2} Faculty of Applied Bioscience, Department of Applied Biology and Chemistry, Tokyo University of Agriculture, 1-1-1 Sakuragaoka, Setagaya-ku, Tokyo 156-8502

The effects of heated skim milk on the physical properties of yogurt curd were determined. The gel strength and water-holding capacity (WHC) of yogurt curds prepared from heated (80°C and 90°C for 30 min) skim milk increased significantly relative to that of the yogurt prepared from unheated skim milk. The effects of sodium thiocyanate on the physical properties of yogurt curd were also determined, and the gel strength and WHC decreased as the concentration of sodium thiocyanate increased. These results indicate that the addition of sodium thiocyanate decreased the intermolecular forces between the proteins in yogurt curd, thereby inhibiting the hydrophobic interactions between the proteins. Further, the results suggest that the hydrophobic interactions between proteins and between casein molecules contributed to the increase in the gel strength and WHC of yogurt curds prepared from the heated skim milk.

(Received Mar. 5, 2012 ; Accepted Jun. 25, 2012)

Key words : skim milk, heat denaturation, hydrophobic interaction, β -Lactoglobulin, κ -Casein

脱脂乳, 熱変性, 疎水性相互作用, β -ラクトグロブリン, κ -カゼイン

ヨーグルトカードの凝固特性およびテクスチャーについて、脱脂乳の成分の差異^{1)~3)}やトランスグルタミナーゼ⁴⁾、乳酸菌^{5),6)}などのほか、脱脂乳中の乳タンパク質の熱変性の観点から研究が行われている^{7)~9)}。

高度の加熱処理を施した脱脂乳はカード形成が良好で強固なカードとなるが、低度加熱では軟弱なカードとなる。両者のこのような違いは、乳タンパク質の熱変性の状態の差異に由来するとされている¹⁰⁾。

乳タンパク質は熱感受性の高いホエーと熱感受性が低いカゼインに大別され、熱処理によってホエー成分の β -ラクトグロブリン (β -Lg) は κ -カゼイン (κ -CN) とジスルフィド結合を介して複合体を形成する^{11),12)}。しかし、その複合体がカードの凝固特性にどのような影響を及ぼしているのか、詳細な機構は明らかになっていない。

そこで本研究では、乳タンパク質の熱変性がヨーグルトカードの凝固特性およびテクスチャーに与える影響とその要因について検討を行った。

試料および実験方法

1. 試 料

東京農業大学富士農場で飼育されているホルスタイン牛より搾乳した生乳を40°Cに加温し、クリームセパレーターにて乳脂肪を分離除去し、脱脂乳を調製した。

2. 加熱脱脂乳の調製

脱脂乳を60~90°Cの各温度にて30分間加熱処理を行い、加熱脱脂乳を調製し、以下の実験に供した。

3. ヨーグルトの調製

脱脂乳150gにスターター (*L. bulgaricus* 4.5×10^7 cfu

^{*1} 〒156-8502 東京都世田谷区桜丘 1-1-1

§ Corresponding author, E-mail: tomo@nodai.ac.jp

^{*2} 〒156-8502 東京都世田谷区桜丘 1-1-1

以上, *S. thermophiles* 4.5×10^8 cfu以上)を添加し,十分に混合後,培養瓶に30 g ずつ分取し, 37℃にて24時間発酵させ調製した。

4. ヨーグルトカードの物性および離水率の測定

ヨーグルトカードの強度は, 直径 ϕ 7 mmのプランジャーを用いて, 圧縮時の破断強度 (N) を物性測定機 (5564型, インストロン社製) にて測定した。粘度はSV型粘度測定機 (SV-10, A&D社製) にて測定した。すなわち, ホモジナイザーにて破碎したヨーグルトカードを口径0.9mmのシリンジに通し均質化後, 専用の容器に45mlを入れ, 10秒間隔で20分測定を行った。なお, 数値が一定になった時点の応力を粘度 (mPa・s) とした。

離水率は, HASSANら¹³⁾の方法に従い, 120メッシュ (細孔サイズ125 μ m) にヨーグルト30 gを取り, 4℃で2時間静置後, 離水量 (g) を測定した。ヨーグルトの重量 (g) に対する離水量 (g) の割合を離水率 (%) とした。

5. SDS-PAGE

ホエーを除去したヨーグルトカードに10mM HEPES緩衝液 (pH7.4) を加えよく攪拌した後, 遠心分離 (5,000 $\times$ g, 4℃, 10分) にて水溶性および塩可溶性タンパク質を除いた。沈殿物に1%SDS溶液および5mM2-メルカプトエタノール (Me) 溶液を含む1%SDS溶液を加え, それぞれSDS可溶性およびMe・SDS可溶性画分を得た。両画分のタンパク質をLeammli法に基づきSDS-PAGE (Me-) に供した。泳動ゲルは12.5%アクリルアミドゲルを用い, 染色にはCoomassie Brilliant Blue R250を, 脱色には7%酢酸・25%メタノール溶液を用いた。

6. 表面疎水性度の測定

表面疎水性度は, NAKAI^{14), 15)}らの方法に従い測定した。

実験結果および考察

1. 脱脂乳の加熱処理がヨーグルトカード物性に与える影響について

加熱処理 (60~90℃) した脱脂乳を用いてヨーグルトを調製し, 物性を測定した。Table 1 に示したように, 非加熱脱脂乳, 60および70℃処理脱脂乳のヨーグルトではゲル強度 ($\times 10^{-2}$ N) および粘度 (mPa・s) に大きな差異はみられなかった。一方, 80および90℃処理脱脂

乳を用いて調製したヨーグルトカードのゲル強度および粘度は, 非加熱脱脂乳に比べ, ゲル強度は約1.6~2倍, 粘度は約2.5~3.5倍に増加した。離水率は, 非加熱脱脂乳では $56.9 \pm 0.7\%$ であったが, 加熱温度上昇に従い小さくなり, 90℃処理脱脂乳では $46.7 \pm 1.7\%$ を示した。ヨーグルトは乳酸によるpH低下によってカゼインの電荷が減少し, そのためカゼイン粒子が親水性の低下により凝集しペースト状のカードとなる。加熱処理した脱脂乳でヨーグルトを調製するとカードが強固になるのは, 非加熱脱脂乳に比べカードの構造が緻密になるためといわれている^{16), 17)}。加熱処理した脱脂乳で調製したヨーグルトの離水率の減少は, カードを形成するカゼイン粒子の粒子間力が強く, カードの構造が緻密になることで, その隙間に水分を保持し, より保水しやすくなったためと考えられた。

非加熱脱脂乳のヨーグルトに比べ, 80℃以上で加熱処理した脱脂乳のヨーグルトは硬く, 流動性が小さく, 保水性が高かった。このような違いは, 加熱処理脱脂乳のヨーグルトではカゼイン粒子が凝集し, さらに何らかの分子間力によりゲル状に構造が変化したためと推察した。

2. 加熱処理によるヨーグルトカード中の乳タンパク質の挙動について

脱脂乳の加熱処理によってヨーグルトカードが硬くなる要因を探るため, 同カードの主体であるタンパク質の加熱による変化について検討を行った。Fig. 1 に示したように, SDS可溶性画分では加熱による大きな変化はみられず, カゼインが主体でほかに血清アルブミン (BSA), β -ラクトグロブリン (β -Lg) のバンドが僅かに検出された。

一方, Me・SDS可溶性画分では, カゼインのほかBSAおよび β -Lgのバンドが明瞭に検出された。また, 15kDa付近には α -ラクトアルブミン (α -La) のスミアバンドが検出された。いずれのバンドも処理温度の上昇に従い, 強く検出された。

BSA, α -Laおよび β -Lgは水溶性であり, 本来ホエー分離および緩衝液による洗浄によって大半は除去されるが, Me・SDS可溶性画分においてこれらタンパク質の存在が確認されたことは, 脱脂乳の加熱処理によってこれらの水溶性タンパク質がそれぞれの分子間, 三者間およびカゼインとジスルフィド結合を形成し不溶化したことが

Table 1 The effects of heated skim milk on the physical properties of yogurt curd

	Heated temperature (°C)				
	Unheated	60	70	80	90
Strength ($\times 10^{-2}$ N)	3.13 ± 0.13	3.04 ± 0.09	$2.22 \pm 0.09^*$	$4.96 \pm 0.64^*$	$5.85 \pm 0.22^*$
Viscosity (mPa・s)	14.8 ± 0.4	14.8 ± 0.7	15.1 ± 0.5	$37.7 \pm 2.0^*$	$52.0 \pm 2.2^*$
Syneresis (%)	56.9 ± 0.7	56.2 ± 0.7	56.7 ± 0.2	$49.5 \pm 1.0^*$	$46.7 \pm 1.7^*$

The physical properties of yogurt curd made from skim milk that was heated for 30 min at 60℃, 70℃, 80℃ and 90℃. Experiments were repeated 5 times, and each value is represented as mean $\pm$ SD. Asterisks indicate significant difference between heated and unheated samples ($p < 0.05$).

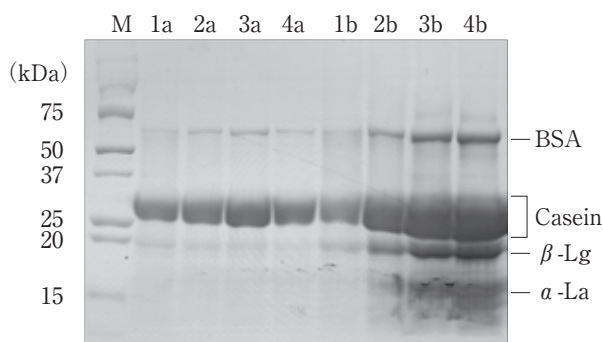


Fig. 1 SDS-PAGE analysis of insoluble proteins on yogurt curd

Lane M represents protein standard markers (Bio-Rad ; Precision Plus Protein Standards, unstained). Lanes 1-4 correspond to temperatures 60°C, 70°C, 80°C and 90°C respectively; a and b represent SDS soluble proteins and 2-mercaptoethanol-soluble proteins.

ヨーグルト調製時における脱脂乳の凝固およびカードの物性に影響を与える要因のひとつと推察した。

3. 加熱処理による脱脂乳の表面疎水性の変化

加熱処理による脱脂乳中のホエータンパク質が変性・不溶化することから、加熱脱脂乳における硬いヨーグルトカードの形成に乳タンパク質の疎水性相互作用が大きく関与していることが考えられた。そこで、加熱温度の異なる脱脂乳のタンパク質表面疎水性度 (F.I./mg) を測定した。その結果、60°Cで 298.5 ± 8.3 ($\pm$ SD), 70°Cで 298.8 ± 0.2 , 80°Cで 356.4 ± 23.2 , 90°Cで 359.0 ± 22.0 を示し、非加熱脱脂乳に対して80および90°C処理した脱脂乳のタンパク質は有意 ($p < 0.05$) に高い表面疎水性度であった (Fig. 2)。

本結果から、80°C以上の加熱では乳タンパク質の表面疎水性度の上昇に伴い、乳タンパク質すなわちカゼイン粒子間の疎水性相互作用が強まり、このため非加熱脱脂乳に比べヨーグルトが緻密なネットワーク構造が形成されるものと推察された。

4. ヨーグルトカードの物性に対する疎水性相互作用の影響について

カゼイン粒子間の疎水性相互作用がヨーグルトカードの物性に影響することが示唆された。これを確認するため、80°C、30分間処理した脱脂乳 1 g に対しタンパク質

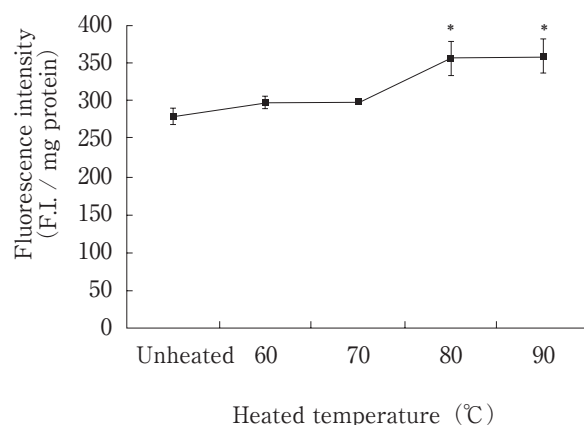


Fig. 2 Changes in the surface hydrophobicity of the proteins in heated skim milk

Skim milk was heated for 30 min. Experiments were repeated 3 times, and error bars represent the standard deviation of the mean. Asterisks indicate significant difference between heated and unheated samples ($p < 0.05$).

の疎水性を低下させるチオシアン酸ナトリウムを10~90 μ mol添加してヨーグルトを調製した。

チオシアン酸ナトリウムの添加量が増加するに従い、Table 2 に示したようにゲル強度および粘度は低下し、チオシアン酸ナトリウム60および90 μ mol添加によって無添加に比べそれぞれ1/3の値に低下し、非加熱脱脂乳のヨーグルトカードと同様であった。また、離水率は無添加で $48.2 \pm 0.7\%$ であったが、チオシアン酸ナトリウムの添加量が増加するに従い大きくなり、90 μ molでは $54.3 \pm 1.0\%$ を示した。なお、ヨーグルトの乳酸菌数、酸度およびpHは、チオシアン酸ナトリウム添加の影響はみられなかった。

以上の結果から、脱脂乳を加熱処理することによって、硬く、保水性が高いヨーグルトカードの形成は、乳酸生成でのpH低下によるカゼイン粒子の凝集作用に加え、加熱処理でホエータンパク質が変性・不溶化し、乳タンパク質の表面疎水性度が大きくなり、これによりカゼイン粒子間の疎水性相互作用が強くなり働くことによって惹起されることを明らかにした。

なお、加熱によってホエータンパク質の β -ラクトグリンは κ -カゼインを介してカゼイン粒子とジスルフィド結合する。脱脂乳の加熱による乳タンパク質表面疎水

Table 2 The effect of sodium thiocyanate on the physical properties of yogurt curd

	Concentration of sodium thiocyanate (μ mol/g skim milk)				
	0	10	30	60	90
Strength ($\times 10^{-2}$ N)	6.51 ± 0.23	6.01 ± 0.14	4.89 ± 0.07	2.56 ± 0.05	2.44 ± 0.01
Viscosity (mPa · s)	37.7 ± 0.2	33.3 ± 0.2	18.2 ± 0.3	12.9 ± 0.2	12.2 ± 0.6
Syneresis (%)	48.2 ± 0.7	49.5 ± 1.0	49.9 ± 0.5	51.9 ± 0.4	52.8 ± 1.4

The physical properties of yogurt curd made from heated skim milk (80°C, 30min) containing sodium thiocyanate 10~90 μ mol/g skim milk. Experiments were repeated 5 times and each value is represented as mean $\pm$ SD. Asterisks indicate significant difference between heated and unheated sample ($p < 0.05$).

性度の増大が、同作用あるいは水溶性のホエータンパク質の不溶化によるものか、今後両者の影響について検討を進めたい。

要 約

本研究では、乳タンパク質の熱変性がヨーグルトカードの凝固特性およびテクスチャーに及ぼす影響と要因について検討を行った。80および90℃処理した脱脂乳は非加熱脱脂乳に比べ有意に硬く、流動性が小さく、保水性が高いヨーグルトカードを形成した。タンパク質の疎水性を低下させるチオシアン酸ナトリウムを80℃処理脱脂乳に添加しヨーグルトを調製したところ、添加濃度依存的にカード物性および保水性が低下した。

以上、脱脂乳を加熱処理することによって形成される、硬く、保水性が高いヨーグルトカードの形成は、加熱による乳タンパク質の変性によって、その表面疎水性度が上昇し、乳タンパク質すなわちカゼイン粒子間の疎水性相互作用が強く働くことによって惹起されることを明らかにした。

文 献

- 1) BECKER, T. and PUHAN, Z.: Effect of different processes to increase the milk solids non fat content on the rheological properties of yogurt, *Milchwissenschaft*, **44**, 626~629 (1981)
- 2) CHENG, L.J., AUGUSTIN, M.A. and CLARKE, P.T.: Yogurts from skim milk-whey protein concentrate blends, *Australian J. Dairy Technol.*, **55**, 110 (2000)
- 3) LANKES, H., OZER, H.B. and ROBINSON, R.K.: The effect of elevated milk solids and incubation temperature on the physical properties of natural yogurt, *Milchwissenschaft*, **53**, 510~513 (1998)
- 4) CHR, L.P., NEVE, H., MAUTNER, A. and SCHLIMME, E.: Effect of enzymatic cross-linking of milk proteins on functional properties of set-style yogurt, *Int. J. Dairy Technol.*, **55**, 152~157 (2002)
- 5) FABER, E., ZON, P., KAMERLING, J.P. and Vliegenthart, J. F. G.: The exopolysaccharides produced by *Streptococcus Thermophilus* RS and Sts have the same repeating unit but differ in viscosity of their milk culture, *Carbohydr. Res.*, **310**, 269~276 (1998)
- 6) LEMOINE, J.C.F., WIERUSZESKI, J.M., STRECHER, G., FAVRE, N. and NEESER, J. R.: Structural characterization of the exocellular polysaccharides produced by *Streptococcus Thermophilus* SFi 39 and SFi 12, *Appl. Environ. Microbiol.*, **63**, 3512~3518 (1997)
- 7) COBOS, A., HORNE, D.S. and MUIR, D.D.: Rheological properties of acid milk gels. 1. Effect of composition, process and acidification conditions on products from recombined milks, *Milchwissenschaft*, **50**, 444~447 (1995)
- 8) LUCEY, J.A., MUNRO, P.A. and SINGH, H.: Rheological properties and microstructure of acid milk gels as affected by fat content and heat treatment, *J. Food Sci.*, **63**, 660~664 (1998)
- 9) LUCEY, J.A. and SINGH, H.: Formation and physical properties of acid skim milk gels, *Food Res. Int.*, **30**, 529~542 (1998)
- 10) LABROPOULOS, A.E., PALMER, J.K. and LOPEZ, A.: Whey protein denaturation of UHT processed milk its effect on rheology of yogurt, *J. Texture Stud.*, **12**, 365~374 (1981)
- 11) ZITTLE, C.A., THOMPSON, M.P., CUSTER, J.H. and CERBULIS, J.: κ -casein- β -lactoglobulin interaction in solution when heated, *J. Dairy Sci.*, **46**, 807~810 (1962)
- 12) SAWYER, W.H., COULTER, S.T. and JENNESS, R.: Role of sulfhydryl groups in the interaction of κ -casein and β -lactoglobulin, *J. Dairy Sci.*, **46**, 564~565 (1963)
- 13) HASSAN, A.N., FRANK, J.F., SCHMIDT, K.A. and SHALABI, S.I.: Textural properties of yogurt made with encapsulated noncropy lactic cultures, *J. Dairy Sci.*, **79**, 2098~2103 (1996)
- 14) HAYAKAWA, S. and NAKAI, S.: Relationships of hydrophobicity and net charge to the solubility of milk and soy proteins, *J. Food Sci.*, **50**, 486~491 (1985)
- 15) BONOMI, F., MORA, G., PAGANI, M.A. and IAMETTI, S.: Probing structural features of water-insoluble proteins by front-face fluorescence, *Anal. Biochem.*, **199**, 223~231 (1991)
- 16) PARNELL-CLUNIES, E., KAKUDA, Y. and SMITH, A.K.: Microstructure of yogurt as affected by heat treatment of milk, *Milchwissenschaft*, **42**, 413~417 (1987)
- 17) LUCEY, J. A., MUNRO, P.A. and SINGH, H.: Effect of heat treatment and whey protein addition on the rheological properties and structure of acid skim milk gels, *Int. Dairy J.*, **9**, 275~279 (1999)

(平成24年3月5日受付, 平成24年6月25日受理)