

ウメ凍結果実の加熱解凍による褐変抑制技術とその応用

Browning Control Technology by the Heating and Thawing of the Japanese Apricot Frozen Fruit and the Application

松本通夫・小谷幸敏・秋田幸一・清家 裕*・加藤 愛・景山拓一**

Michio Matsumoto, Yukitoshi Kodani, Koichi Akita, Yutaka Seike*, Ai Kato and Takuichi Kageyama**

* 元 鳥取県産業技術センター（現 鳥取県総務部関西本部）、** 元 鳥取県産業技術センター

追熟して凍結したウメ果実は、解凍すると褐変し、本来の色鮮やかな色合いが失われる。そこで凍結ウメ果実を加熱解凍することにより、果皮に局在するポリフェノールオキシダーゼ活性を抑制したところ、ウメピューレの褐変が防止出来た。また、このウメピューレを原料として試作したウメジャムは明るい色合いで高い評価が得られた。

Japanese apricot fruit that is thawed after it has been stored in a frozen condition has a brown color and tone of which the vivid original color has been lost. It was possible to prevent the browning of Japanese apricot puree by controlling polyphenol oxidase activity, which existed in the pericarp locally, by the heating and thawing. The Japanese apricot jam produced experimentally using this Japanese apricot puree was bright, and the evaluation was high.

1. はじめに

平成10年当時、在来品種の野花豊後が主に栽培されていたが、核が大きいことから品種の更新が検討されていた。また、生産者の高齢化に伴って梨園の廃園化が進んでいることから、より栽培がやさしいウメの植栽が検討されていた。また、芝畑からの転換も検討されていた。これらの切り札として、梅酒ブームでウメの価格が良好なこともあり、新たに紅サシの植栽が掲げられた。これに合わせてウメ加工について、梅干しやその他の加工品について検討されたところである。

当所では、青ウメではなく完熟して美味しくなったウメが望ましいこと、また、地域に結びついた物語性をアピールしないと土産物にしたとき売りにくいとの声が企業からあり、在来品種の野花豊後を用いて、収穫後期の完熟したウメを追熟させて、風味が豊かな、かつ、色調が黄色ないし赤味を帯びたものを用いることとした。これらを加工原料として凍結保存しておき、解凍すると褐変が進むところから、窒素雰囲気にして密封し、凍結しておく、解凍時の褐変はみられなかった¹⁾。しかし、開封し、直ちに裏ごし機にかけたところ、ピューレが観ている間に褐変した。そこで、この褐変を加熱解凍することにより抑制することを明らかにしたので報告する。なお、この技術は特許登録された²⁾。

2. 実験方法

2.1 ウメ果実の加熱解凍

ウメ凍結果実を沸騰水浴中、及び水蒸気中（蒸し器）で加熱解凍して果皮の色調及び果皮の強度を調査するとともに、褐変の原因と考えられるポリフェノールオキシダーゼ活性について、果実の部位別に調査し、加熱解凍の意義を明らかにした。また、加熱解凍による殺菌効果についても検討した。

2.1.1 供試試料

鳥取県東伯郡東郷町（現、湯梨浜町）東郷選果場より購入した野花豊後（L）を25、4日間追熟処理した後、-20で凍結貯蔵したものを使用した¹⁾。

2.1.2 ウメ果実の色調評価

ウメ果実の果皮、及び2重ガーゼで裏ごししたピューレについて色差計（日本電色工業（株）製、SZ-80）を用いて測定した。

2.1.3 ウメ果実の果皮の引っ張り強度測定

ウメ凍結果実を加熱解凍して4時間放置後の試料について行った。ウメ果実の果皮を縦に5 mm幅で切り取り、引っ張り試験用の治具に取り付け、レオメーター（不動工業（株）製、NRM-2010J-CW）にて引っ張り試験を行った。なお、検出器200 g、テスト速度は6 cm/min、チャック間は5 mmとした。

2.1.4 加熱解凍したウメ果実の果皮及びピューレの微生物測定

加熱解凍し無菌的に2重ガーゼで果皮及び核と果肉とに分離したものについて微生物（生菌数、大腸菌群数、真菌数）を調査した。大腸菌群数はデソキシコレート寒天培地を用いて35℃で20時間培養し計数した。生菌数は標準寒天培地を用いて35℃で48時間培養し計数した。真菌数はポテトデキストロース寒天培地を用いて25℃で5日間培養して計数した。

2.1.5 ポリフェノールオキシダーゼ活性の測定

1) . 試料の調製

対照の果皮部試料は、-20℃の低温下で包丁によりウメ凍結果実の果皮部を1 mm以内の厚みにはく皮することにより採取した。果肉部試料は、果皮部を採取した試料をさらに厚さ1~2 mm程度取り除いて除去した後、残った果肉部分から採取した。加熱解凍試料は凍結品を沸騰水浴中にて2ないし3分間浸漬し、水切りしたものを再度1晩凍結し、対照と同様に果皮部、果肉部に分けて試料を採取した。

2) . 粗酵素液の調製

イボ付ホモジナイザーに試料3 gを採取し、30 mlの冷0.1Mリン酸緩衝液（pH6.0）、試料重量の10%量のポリクラールSB-100を加え、氷水中にホモジナイザーを浸してホモジナイズした。遠心分離（12000 rpm、15分間）した後、上澄み液を50 ml定容し、粗酵素液とした^{3）、4）}。

3) . 酵素活性測定法

試験管に0.1Mリン酸緩衝液（pH6.0）2.6 mlと0.1Mクロロゲン酸0.3 mlをとり、30℃の恒温槽で温度を平衡させた後、0.1Mリン酸緩衝液（pH6.0）で抽出した粗酵素液0.1 mlを加え、正確に10分後420 nmにおける吸光度を測定した。ブランクはクロロゲン酸を除いたものを用いた。酵素活性は試料1 g当たり、1分間で吸光度を0.1変化させる酵素量を1 O.D.Unitsとした。なお、カテコールを基質としたときも同様に行った^{3）、4）}。

2.2 加熱解凍原料から調製したウメピューレを用いて試作したウメジャムの評価

2.2.1 ウメピューレの調製

試料は二重ガーゼにより裏ごしして調製した。

2.2.2 ウメジャムの調製

ピューレー 400、上白糖 400、水 160、ペクチン（LM-102AS）8の配合で試作した^{1）}。

2.2.3 官能評価

5段階絶対評価法により行った。

3. 結果および考察

3.1 ウメ果実の加熱解凍

ウメピューレは裏ごし機からこされて出た段階から褐変が進むため、凍結ウメ果実を沸騰水浴中、あるいは水蒸気中（蒸し器）で加熱することにより、果実の解凍とともに、褐変を引き起こすポリフェノールオキシダーゼ活性を抑制し色合いを保持することについて検討した。ここでは、加熱に伴って果皮が軟らかくなり、切れて果肉が失われやすくなることから、まず、解凍状況と果皮の引っ張り強度から加熱の条件を求め、色調の保持について調査した。また、結果的に加熱による殺菌効果も想定されたことから、微生物数も測定した。さらに、ポリフェノールオキシダーゼ活性についてウメ果実の部位別に検討し、褐変抑制の係わりについて検討した。

3.1.1 加熱解凍による色合いの保持

蒸気中での加熱解凍は、2分間、4分間、6分間、10分間、沸騰水浴中での加熱解凍は、1分間、2分間、3分間、5分間で行い、その結果を図1に示した。

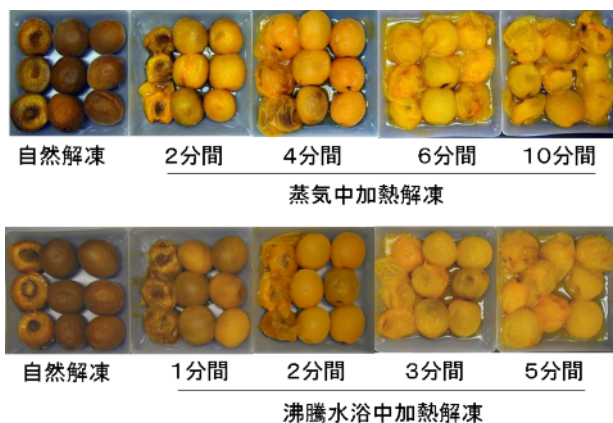


図1 凍結貯蔵ウメ果実の加熱解凍4時間後の色調

蒸気中の加熱解凍では、加熱時間が2分間では処理直後に果実を切ってみたところ、わずかに氷が核近くに観察されたが、4分では観察されなかった。また、解凍して4時間放置後の色合いは2分間加熱では若干やや褐変がみられたが、4分間加熱では良好であった。

沸騰水浴中の加熱解凍では、1分間加熱したものはウメ果実の核の近くに厚さで2 mm前後の氷が観察されたのに対して、2分間加熱では完全に解凍していた。また、解凍して4時間後の色合いは1分間加熱では褐変がみられたのに対して、2分間加熱では若干褐変がみられる程度でほぼ褐変は抑制されていた。

3.1.2 加熱解凍によるウメ果実等の色調保持

加熱解凍による果実部位別の色調について、沸騰水浴中でのみ調査した。

試料は、沸騰水浴中で加熱解凍し、4時間室温に放置したときの果実表面と、このウメ果実を2重ガーゼにより裏ごしして得られた果肉ピューレをさらに4時間放置したときの色調を色差計により測定した。

沸騰水浴中で加熱解凍したものは、自然解凍したものに比べて、果実表面のL値が大きくなり、a値は小さく、b値は大きく、褐変が進まなかった。果肉ピューレも同様であった(表1)。

これらの結果は、肉眼による観察(図1)と一致していた。

表1 凍結ウメ果実の加熱解凍による果実部位別の色調

	果実表面			果肉ピューレ		
	L	a	b	L	a	b
無加熱	32.6	7.4	13.0	29.1	5.4	16.9
沸騰、2分間加熱	41.2	1.5	19.1	32.5	2.4	19.6
沸騰、3分間加熱	42.1	0.8	19.9	35.4	2.3	21.6

試料は加熱解凍後、4時間室温放置後の果実表面及びこの果実から調製したピューレをさらに4時間放置したもの

3.1.3 加熱解凍に伴う果皮の引っ張り強度の低下と果皮の裂け

ウメ凍結果実の加熱解凍に伴う、果皮の引っ張り

試験における破断応力は、加熱が進むに従い低下した(図2)。概ね、破断応力が30 gを以下になると果皮が裂け易くなることがわかった。沸騰水浴中では3分間まで、蒸気中では5分間程度までの加熱条件が許容出来る範囲であった。

なお、加熱解凍及びその解凍4時間後の色合いから、沸騰中加熱では2分間以上、蒸気中加熱では3分間以上の加熱が必要であったことを考慮すると、沸騰水浴中の加熱解凍時間は2~3分間、蒸気中での加熱解凍時間は3~5分間が妥当と判断された。

沸騰水浴中で2分間の加熱解凍において、若干ながら果皮が裂ける場合も観察されたところから、果実成分流出も危惧されたので、酸含量の変化から果実成分の流出程度を調査した。その結果、沸騰水浴中2分間加熱による酸の流出は果肉の酸含量が3.85%のとき、約0.017%(全体の0.44%)相当であり、少量であると判断された。

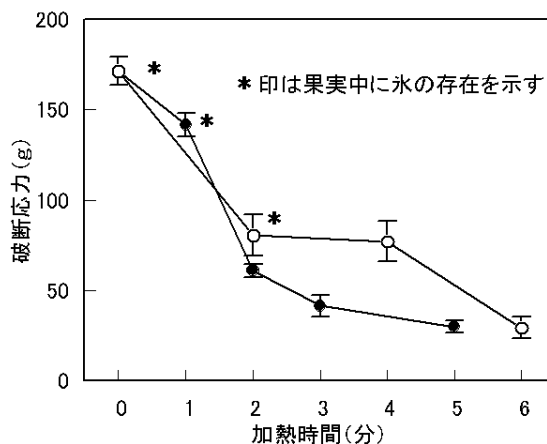


図2 凍結ウメ果実の加熱解凍における果皮の引っ張り試験 ●、沸騰水浴中○、蒸気中(蒸し器) 値は平均値±標準誤差

3.1.4 加熱解凍によるウメピューレの殺菌効果

凍結ウメ果実の加熱解凍による殺菌効果について調査した。

加熱解凍することにより、果皮では生菌数、真菌数とも低減し、当初、それぞれ 2.6×10^3 個/g、 4.9×10^3 個/gであったものが、3分間加熱ではいずれも10~20 個/gにまで低減できた。また、果肉ピューレでは果皮に比べて生菌数 7×10 個/g、真菌数 3.4×10^2

個/gとも少なかったが、2~3分間加熱解凍することにより、ゼロないし20 個/gまで低減できた。いずれも、商業的に殺菌されたものと見なされた(表2)。

以上の結果より、加熱解凍することにより、果実表面に付着していた微生物、特に真菌等による果肉ピューレの汚染を効果的に抑制出来ることがわかった。

表2 凍結ウメ果実の加熱解凍による殺菌効果

	果皮		果肉ピューレ	
	生菌数	真菌数	生菌数	真菌数
無加熱	2.6×10^3	4.9×10^3	7×10	3.4×10^2
沸騰水浴中、2分間加熱	1.3×10^2	1.4×10^2	1×10	2.0×10
沸騰水浴中、3分間加熱	2.0×10	2.0×10	0	1.0×10

注、表中の数値は微生物検査におけるコロニー数に希釈倍率を乗じたものである。

3.1.5 加熱解凍によるウメ果実中のポリフェノールオキシダーゼ活性の抑制

加熱解凍することにより褐変が抑制されたところからポリフェノールオキシダーゼ活性を果皮部と果肉部の部位別に調査した。

その結果、カテコールを基質に用いたポリフェノールオキシダーゼ活性は果皮部に局在し、果肉部では果皮部の5分の1程度であった。沸騰水浴中で加熱解凍することにより、果肉部についてははっきりしなかったが、果皮部での活性は20分の1以下に失活した。クロロゲン酸を基質に用いたポリフェノールオキシダーゼ活性は果皮部に多いものの、果肉部も果

皮部の6割程度の活性を有していた。沸騰水浴中で加熱解凍することにより、果皮部では半分程度にまで活性が低下したが、果肉部でははっきりしなかった(図3)。

このように加熱解凍することによって、果皮部に多く局在しているポリフェノールオキシダーゼ活性を選択的、かつ効果的に抑制することが明らかになった。

なお、ウメ果実の果皮部にポリフェノールオキシダーゼ活性が局在していることについては、洋ナシのル・レクチュと同様であった⁵⁾。

3.2.1 加熱解凍ウメ果実を裏ごしして調製したウメピューレを用いたウメジャムの色調

凍結ウメ果実を加熱解凍して調製したウメピューレを用い、概ね、糖度や硬さをそろえたウメジャムを試作し、その色調を検討した。

黄化指標として用いられる $L^*b/|a|$ 値についてみると、加熱解凍したもののほうが、加熱解凍時間が長いほど、また、加熱解凍して直ちに裏ごしたもののほうが増大した。特に、3分間加熱解凍して直ちに裏ごしすることにより、その効果は著しく高められた。このような傾向は肉眼による観察ともよく一致していた(表3)。

3.2.2 加熱解凍ウメ果実を裏ごしして調製したウメピューレを用いたウメジャムの官能評価

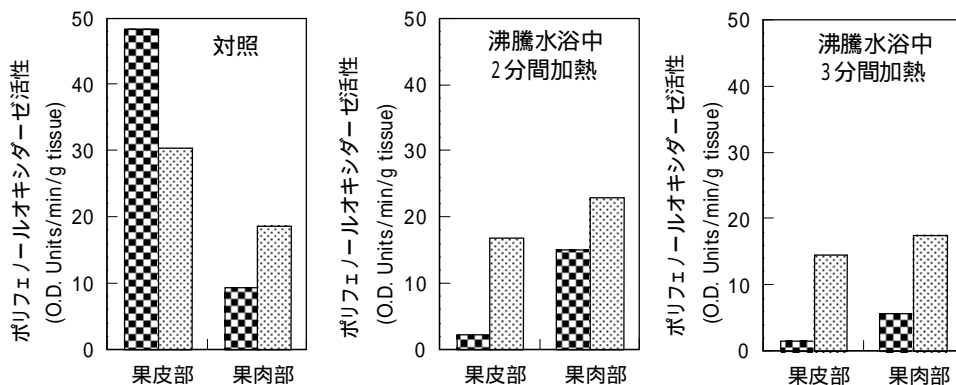


図3 追熟ウメ果実凍結品の加熱解凍における部位別ポリフェノールオキシダーゼ活性
, 基質はカテコール; , 基質はクロロゲン酸

表3 凍結ウメ果実を加熱解凍し裏ごしして得られたピューレを用いて調製したウメジャムの色調

加熱解凍条件他	糖度	硬さ	色調 ²⁾			Lb/lal
	Brix. %	(g)	L	a	b	
無加熱*1	50.4	169	19.2	3.6	10.4	54.8
無加熱 (4時間放置後、裏ごし)	50.8	172	17.4	2.7	9.1	59.9
沸騰水浴中加熱解凍						
2分間、直ちに裏ごし	52.0	147	18.7	2.3	10.2	84.3
3分間、直ちに裏ごし	51.0	165	19.1	1.8	10.1	108.1
2分間、4時間後裏ごし	50.0	156	18.7	2.8	10.0	66.1
3分間、4時間後裏ごし	51.1	151	19.8	2.7	11.0	81.7

*1 窒素置換包装したウメを凍結保存しておき、包装状態のまま流水解凍してパルパーフィニッシャーにかけて裏ごししたもの。

*2 色調は30mmφ、100mmHのペースト容器に採取し色差計で測定。

加熱解凍した原料から調製したウメピューレ（袋詰めし、さらに沸騰水浴中で10分間加熱殺菌したもの）を使用したジャムは、無加熱の原料から調製したピューレを使用したジャムに比べて、色合いが極めて良好で、官能評価の結果、0.1%の有意水準で違いがみられた。また、総合評価も高い評価を得た（表4）。

表4 試作ウメジャムの官能評価

	A	B	有意差の検定
香り	3.04	3.38	ns
色合い	2.88	4.56	***
味	3.32	3.52	ns
歯ごたえ	3.29	3.60	ns
総合評価	3.20	3.74	*

注、***,0.1%有意; **,1%有意; *,5%有意(n=25)

評点、悪い(1)、やや悪い(2)、普通(3)、やや良い(4)、良い(5)

A. 窒素置換包装して凍結保管したウメを包装状態のまま流水解凍してパルパーフィニッシャーにより果肉分離したピューレを使用。

B. そのまま凍結保管したものを2分間沸騰水浴中にて解凍して直ちに二重ガーゼにより果肉分離したピューレを使用。

4. まとめ

- (1) 加熱解凍時間は色合いの保持と果皮の裂けとを考慮して、沸騰水浴中で2~3分間、蒸気中で3~5分間が適当であった。
- (2) 加熱解凍により、果実表面及びピューレの褐変が抑

制された。

- (3) 加熱解凍したウメから調製したピューレは生菌数が0~10個/g、真菌数が10~20個/gであった。
- (4) 果皮部のカテコールを基質としたポリフェノールオキシダーゼ活性は加熱解凍により20分の1以下に激減した。
- (5) 加熱解凍したウメから調製したピューレを用いて試作したウメジャムは色合いが著しく明るく、高い評価が得られた。

文献

- 1) 松本通夫, 秋田幸一, 景山拓一, 小谷幸敏, 清家裕; 完熟ウメを用いた低糖度ジャムの加工, 鳥取県産業技術センター研究報告, No.6, p.95-98 (2003).
- 2) 特許第4389068号
- 3) 大阪府立大学農学部園芸学教室編; 園芸学実験・実習(養賢堂、東京), p.201-205(1983).
- 4) 農林水産技術会議事務局編; 48年度食品分析研究会報告書, p.275-284(1974).
- 5) 古田道夫, 浅野 聡, 今井誠一; フィルム包装による西洋ナシの表皮褐変防止, 包装研究, 11(1), p.1-9(1990).