

重点共同研究（フードバレーとちぎ）

干し芋製造残渣の食品素材化に関する研究

金井 悠輔* 益子 朱音* 岸 辰典** 中村 亮**

Research on Converting Dried Sweet Potato Production Residues into Food Ingredients
KANAI Yusuke, MASHIKO Akane, KISHI Tatsunori and NAKAMURA Ryo

干し芋製造残渣を安全な食品素材として活用することを目的に、表面殺菌、冷却、保存の各条件を評価した。アクアガス処理はサツマイモ表面付着菌を低減し、残渣ペーストの初発菌数を低減した。ペーストの冷却は未包装では真空冷却、包装下では冷水またはブラインによる冷却が有効であった。フィチン酸による pH 調整と包装後加熱を併用すると一定の一般生菌数低減効果が見られ、エタノールを補助的に併用すると殺菌効果が大幅に向上した。フィチン酸の添加は黒変を抑制し色調改善にも寄与した。5℃での保存では、pH 調整+加熱を基本とする多重バリア設計が有効と考えられた。

Key words: 干し芋製造残渣、アクアガス、殺菌、食品素材化

1 はじめに

干し芋は、素朴な甘味と食べやすさから安定した需要があり、加えて健康機能性が広く認知されるにつれ、近年人気が高まっている。一方、干し芋製造では皮むき工程で外皮周辺の果肉を除去する工程が一般的であり、相当量の残渣が発生する。本残渣は澱粉や食物繊維、ポリフェノール類などの成分を含むにも関わらず、微生物汚染リスクや色調（黒変）・保存性の課題から、十分に食品用途へ活用されていないのが現状である。食品ロス削減や資源循環の観点から、製造現場で運用可能かつ安全な素材化プロセスを確立し、高付加価値の用途へ展開することが求められている。また、栃木県では食品ロス削減推進計画に基づき未利用食品の活用が求められており、本残渣の食品素材化は地域産業の振興にも寄与すると考えられる。

本研究は、干し芋製造残渣を安全な食品素材として有効活用することを目的とし、表面付着菌の殺菌方法、迅速な冷却手法、保存性向上のための多重バリア設計を検討し、現場導入を見据えた実用的な素材化工程の確立に取り組んだ。

2 研究の方法

2.1 原料及びサツマイモ表面の殺菌処理

原料のサツマイモは、令和6年産または令和7年産栃木県産紅はるかを使用した。収穫後は貯蔵庫にて保管し、使用する前日に水洗いしたものを試験に供した。

* 栃木県産業技術センター 食品技術部

** 株式会社壮閑

アクアガス処理はアクアクッカー（㈱タイヨー製作所、AQ-25G-SD5-0H）を使用し、庫内温度：115℃、ポンプストローク：200、ファン回転速度：20 Hz の条件で1分間または5分間加熱した。次亜塩素酸ナトリウム処理は、サラヤ㈱製「ジアノック」の300倍希釈液（次亜塩素酸ナトリウム濃度：200ppm）に原料を10分間浸漬した。過酢酸処理は、保土谷化学工業㈱製「オキシアタック」の1,750倍希釈液（過酢酸濃度：80ppm）に原料を10分間浸漬した。サツマイモ表面の微生物検査は、スタンプ培地法（島津ダイアグノスティクス㈱、フードスタンプ）により一般生菌及び大腸菌群を評価した。

2.2 干し芋製造残渣ペーストの調製・加熱処理

水洗後または表面の殺菌処理を施したサツマイモをセイロで約1時間蒸煮後、皮むきを行い、その際に外皮とともに除去される果肉を残渣として収集した。当該残渣を後述の方法で10℃以下まで真空冷却し、刃径φ5 mmのプレートを着着したミンサーで裏漉しすることで干し芋製造残渣ペーストを調製した。

エタノール添加ペーストは、添加後のエタノール濃度が3%(w/w)となるよう、サラヤ㈱製「アルペット LN」をペーストに適量加えることで調製した。pH調整ペーストは、築野食品工業㈱「フィチン酸」をペーストに適量加え、pH4.3に調整することで調製した。

ペーストの加熱処理は、各ペースト100 gをポリ袋に真空包装し、レトルト殺菌機（㈱サムソン、SGC60/10D-S）により、槽内温度82℃にてペースト中心温度が80℃に到達してから10分間保持することで加熱を行った。

2.3 ペーストの冷却処理

ペースト 500 g をポリ袋に真空包装し厚さ約 12 mm に広げ、50℃に保温したものについて以下の各方式で冷却試験を行った。①冷風冷却：5℃に設定した恒温槽により冷却、②冷水冷却：5℃に設定した水槽内に浸漬して冷却、③真空冷却：包装の一部を開封し、減圧乾燥機（ヤマト科学㈱、DP410）内で真空環境に曝すことで冷却、④ブライン凍結：-30℃に設定したブライン凍結機（米田工機㈱、RF-2）に浸漬して凍結した。熱電対により冷却時のペースト中心温度の推移を計測することで冷却特性を評価した。

2. 4 保存試験

各ペーストを冷蔵（5℃）で保存し、経時的に一般生菌数、大腸菌群、pH、色調を測定した。冷凍（-18℃）での保存試験も併せて実施した。

2. 5 ペーストの評価

一般生菌数は、乾式簡易培地（島津ダイアグノスティクス㈱、コンパクトドライ TCR）により測定した。大腸菌群は、BGLB 培地を用いた発酵管法で評価した。pH は、pH 電極（㈱堀場製作所、9611-10D）を装着した pH メーター（㈱堀場製作所、F-15）によりペーストの pH を直接測定した。色調は、分光測色計（コニカミノルタジャパン㈱、CM-5）によりペーストの L^* （明度）、 a^* （赤方向の色度）、 b^* （黄方向の色度）を測定した。保存試験中の色差は、製造 3 日目の色調を基準色として算出した。

2. 6 ペーストの成分分析

ペーストの一般成分のうち水分は常圧加熱乾燥法（乾燥助剤添加法）、たんぱく質は燃烧法（改良デュマ法）、脂質は酸分解法、炭水化物は差し引き法、灰分は直接灰化法により求めた。総ポリフェノール量は、フォーリン-チオカルト法により没食子酸相当量として求めた。

3 結果及び考察

3. 1 表面付着菌に対する殺菌効果

原料のサツマイモは水洗いされているものの、土壌由来の微生物が表面に多く付着していることが予想され、残渣を安全性の高い食品素材とするためには表面付着菌をいかに殺菌するかが重要と考えられる。そこで、各方式による殺菌処理を行い、表面付着菌の残存をスタンプ培地法により評価した（図 1）。その結果、アクアガス試験区では大腸菌群が陰性となり、5 分間のアクアガス処理では一般生菌数が明確に低減した。次亜塩素酸ナトリウム処理や過酢酸製剤においても一定の殺菌効果は見られたが、5 分間のアクアガス処理が総合的に最も高い表面殺菌効果であると考えられた。

アクアガス処理の有効性を検証するため、実際の干し芋製造工程を再現し、発生した残渣をペーストに加工し

て微生物検査を行った。その結果、アクアガス処理を行わない場合の一般生菌数 2.2×10^3 cfu/g に対し、5 分間のアクアガス処理を行ったものは <300 (130) cfu/g まで低減した。このことから、アクアガス処理はサツマイモ表面付着菌を効果的に殺菌でき、残渣から加工したペーストの初発菌数低減のために有効な手段であることが明らかとなった。なお、本研究におけるペーストの微生物検査では大腸菌群はいずれも陰性であった。一般的に大腸菌群は耐熱性が低いとされるため、アクアガス処理の有無にかかわらず蒸煮工程において殺菌された結果と考えられた。

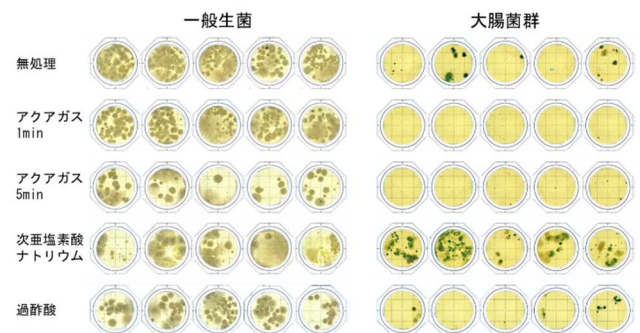


図 1 スタンプ培地法による表面付着菌の評価結果

3. 2 冷却方法の比較

干し芋残渣ペースト（初期温度 50℃）を中心温度 10℃まで冷却する条件を比較し、各方式の到達時間を評価した（図 2）。その結果、冷水冷却、真空冷却、ブライン凍結はいずれも 30 分以内に中心 10℃へ到達し、特に真空冷却およびブラインは短時間での冷却が可能であった。真空冷却は未包装条件（包装開封後）で実施しており、蒸散潜熱を利用した効率的な温度降下を確認できた。大量調理の衛生管理で一般的な「60 分以内に中心温度を 10℃付近まで低下」¹⁾という目安に照らしても、未包装では真空冷却、包装下では冷水又はブラインによる冷却

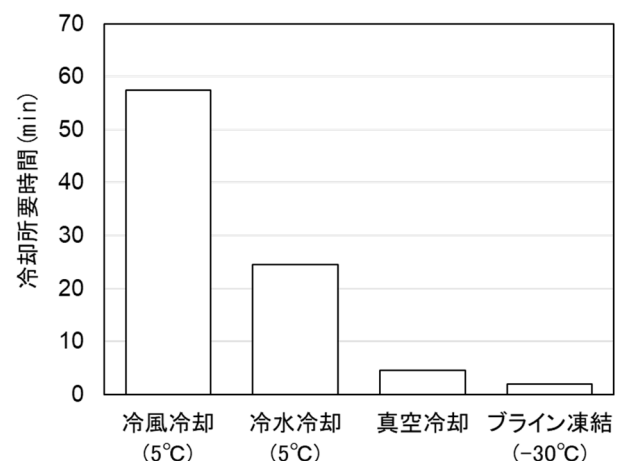


図 2 冷却到達時間の比較（中心温度 50→10℃）

が適当であると判断された。実際の干し芋製造工場では、残渣が断続的に発生し一時保管を要する場面が想定され、その際には未包装で迅速に冷却する必要があるため、この点で真空冷却が最適な冷却手法と言える。他方、残渣を即時にペースト化及び真空包装まで一連で処理できる環境がある場合には、冷水冷却またはブライン凍結が短時間かつ衛生的な選択肢となるものと考えられた。

3. 3 pH 調整・エタノール添加・加熱処理の相乗効果

裏ごし後の残渣ペーストに対し、無添加、エタノール添加、pH 調整、エタノール+pH 調整の4区を設定し、真空包装後に加熱処理を施して一般生菌数を評価した(図3)。なお、この検討では設備投資を抑えた運用ケースを想定し、アクアガス処理を併用しないで実施した。その結果、pH 調整区では調整直後から一般生菌数の低下が認められ、加熱後には無添加と比べて約1桁の低減が認められた。一般に、細菌孢子の死滅時間はpHにより大きく異なることが知られており、酸性条件での加熱殺菌により死滅しやすい傾向を示す²⁾。今回の結果は、そうしたpH依存的な熱的不活化が促進された結果と考えられた。一方、エタノール単独は添加による低減効果が限定的であったが、エタノール+pH調整では最も強い低減効果を示した。これは、エタノールが細胞膜のバリア機能を弱めたことで低pH・加熱の殺菌作用を補強した結果と考えられる。以上により、pH調整と加熱処理を併用することが初発菌数の低減に有効であり、エタノールは補助的に相乗効果を与えることが明らかとなった。実際は、添加物を最低限に抑えつつ安全マージンを確保する観点から、pH調整+加熱処理を基本とし、製品規格や初発菌数が高い原料ロットではエタノールの補助使用を選択的に組み合わせるのが合理的であると考えられた。

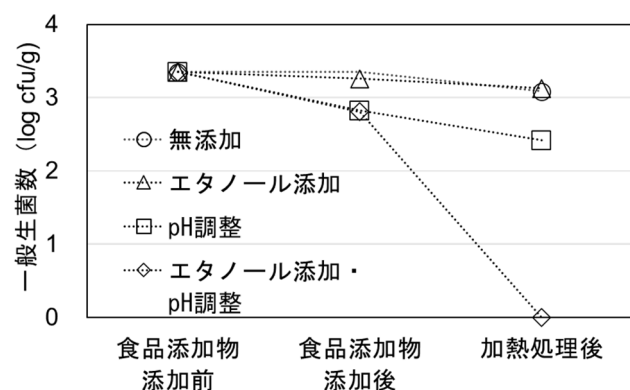


図3 pH調整・エタノール添加・加熱処理の相乗効果

3. 4 pH 調整によるペースト色調への影響

pH調整によるペースト色調への影響を L^* a^* b^* 値で評価したところ(表1)、無添加に対しpH調整では L^* が40.2→51.0へ大きく上昇し、 a^* は-1.5→+2.5へ正方向に転

じ、 b^* も15.1→25.3へ増加した。エタノール単独の明度上昇は限定的($L^*=41.7$)であった一方、エタノール+pH調整の併用で L^* は51.3と高値となり、外観は明るく鮮やかな黄～赤方向へシフトした。この要因として、サツマイモ調理時の黒変原因の一つである鉄-クロロゲン酸錯体の形成に対し、フィチン酸の鉄キレート効果が関与して錯体形成を抑制あるいは解消した可能性が考えられた。したがって、微生物制御のためのフィチン酸の添加は、外観品質(黒変抑制)の改善という副次的効果も同時に得られる操作であり、特に外観品質を重視する生地や生菓子系原料用途として使用する場合に有効であると考えられた。

表1 pH調整・エタノール添加の色調への影響

	L^*	a^*	b^*
無添加	40.2	-1.5	15.1
エタノール添加	41.7	-1.1	15.4
pH調整	51.0	2.5	25.3
エタノール添加・pH調整	51.3	3.0	24.8

3. 5 保存性

保存性の評価として、各ペーストを真空包装し5℃で90日保存したところ、無添加、エタノール添加、pH調整、エタノール+pH調整の各区、さらに加熱処理の有無に関わらず一般生菌数の大幅な増加は認められず、全期間を通じて 1.0×10^4 cfu/g以下を維持した(図4)。特にpH調整(+エタノール)+加熱区は初発菌数が低く、その後の保存中も低水準を維持したことから、多重バリアとしての有効性が示された。また、アクアガス処理+無添加+非加熱区においても増加は見られず、調製直後の低水準を維持した。一方、無添加+非加熱区では、アクアガス処理の有無に関わらず保存62日時点でpHの低下と色差の上昇が認められ、これらの検体では包装内ガスの発生が確認された。pH調整+非加熱区でも同様にガス発生が確認され、これらの現象は、ペースト中に残存していた微生物(ヘテロ発酵型乳酸菌など)が保存中に炭酸ガスを生成するとともに有機酸を産生し、pHを低下させた可能性を示唆する。一方、エタノール添加または加熱処理のいずれかを適用した試験区ではガス発生が認められず、これらの操作により代謝が抑制され、品質が安定したものと推察された。以上により、5℃での長期保存を前提とする場合、少なくともエタノール添加または加熱処理のどちらかを適用する必要があるが、初発菌数低減や色調改善の観点も踏まえると、pH調整+加熱を基本とする多重バリア設計を採用することが、微生物

物学的安全性と外観品質の両立に最も有効であると結論づけられた。

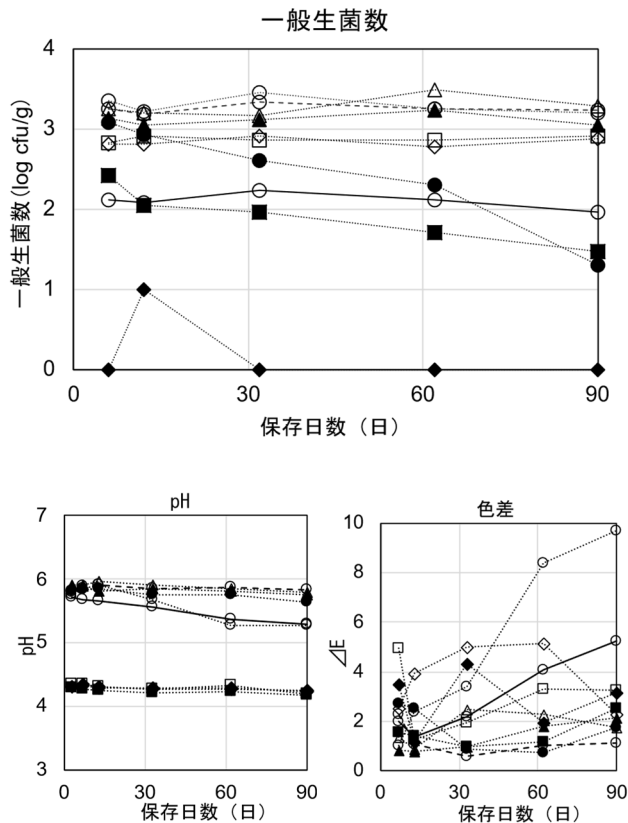


図4 保存日数と一般生菌数、pH、色差の推移

○：無添加、△：エタノール添加、
□：pH調整、◇：エタノール添加・pH調整
白抜きマーカー：非加熱、塗りつぶしマーカー：加熱
点線：5℃保存、破線：-18℃保存
実線：アクアガス処理、5℃保存

3. 6 ペースト成分分析

無添加＋非加熱ペーストの一般成分量の測定結果を表2に示す。サツマイモ（塊根、皮つき、蒸し）文献値³⁾と比較すると、本ペーストは相対的に水分が低く炭水化物が高いという特徴が確認された。同ペーストの総ポリフェノール量を測定したところ、107 mg-GAE/100gFWであった。既報⁴⁾において、浜松市産紅はるかの総ポリフェノール量の例として237 mg-GAE/100gFWと報告されており、これと比較すると本ペーストの総ポリフェノール量は低い水準であった。

4 おわりに

本研究では、干し芋製造過程で発生する外皮周辺の果肉残渣を食品素材として有効活用することを目的として、表面付着菌の殺菌手法、安全性及び保存性を高める製造プロセスについて検討し、以下の知見を得た。

表2 ペーストの一般成分

	一般成分 (g/100g)				
	水分	たんぱく質	脂質	炭水化物	灰分
試作ペースト	58.4	1.1	0.3	39.3	0.9
サツマイモ塊根 (文献値)	64.2	0.7	0.2	33.7	1.0

これらの成果に基づき残渣の食品素材化と販売が実現すれば、干し芋製造業者の収益性向上に寄与するとともに、食品ロス削減・資源循環の観点からSDGsへの具体的な貢献を示すことができ、企業イメージの向上が見込まれる。さらに、干し芋残渣ペーストを活用することで、環境配慮型の付加価値を備えた製品として市場訴求力の高い新商品の創出につながり、本県食品産業の振興に寄与するものと考えられる。

- (1) 5分間のアクアガス処理は、サツマイモ表面の微生物を低減し、干し芋製造残渣ペーストの初発菌数を低減させる有効な手段であると考えられた。
- (2) 干し芋残渣ペーストの冷却では、未包装では真空冷却、包装下では冷水又はブラインにより、いずれも速やかな冷却が可能であった。実際の干し芋製造工場で残渣の一時保管を目的とする場合には、真空冷却が適すると考えられた。
- (3) フィチン酸によるpH調整と包装後加熱の併用により、ペースト中の一般生菌数を効果的に低減できた。さらにエタノールを補助的に併用すると殺菌効果は一段と高まり、初発菌数の抑制に有効であった。加えて、フィチン酸の添加は黒変を抑制し色調改善にも寄与した。製品規格や原料品質に応じて処理を選択することで高品質なペースト素材を製造できるものと考えられた。
- (4) 5℃で3ヶ月間の保存試験では、全試験区で一般生菌数 1.0×10^4 cfu/g 以下を維持した。一方、一部の試験区ではガス発生が確認された。エタノール添加または加熱によりガス発生は抑制できたため、長期保存では少なくともいずれかを適用する必要がある、初発菌数低減の観点を踏まえるとpH調整＋加熱を基本とする多重バリア設計が最も有効であると判断された。

参考文献

- 1) 厚生労働省：“大量調理施設衛生管理マニュアル（平成9年3月24日付け衛食第85号別添；最終改正：平成29年6月16日 生食発0616第1号）”，厚生労働省，(2017)

- 2) 藤井建夫：“微生物制御の基礎知識－食品衛生のための90のポイント－”, 中央法規出版株式会社, 121, (1997)
 - 3) 文部科学省科学技術・学術政策局政策課資源室：“日本食品標準成分表（八訂）増補 2023 年”, 文部科学省,
 - 4) 小杉徹：“あたらしい農業技術”, 静岡県経済産業部, 683, 5, (2022)
- https://www.mext.go.jp/a_menu/syokuhinseibun/mext_00001.html, (参照 2026-02-27)