

消費者嗜好を考慮した富有柿ドライフルーツの製造手法検討と その食感形成メカニズム解明

岐阜大学 応用生物科学部
今泉 鉄平

1. 研究の目的と背景

柿の加工品というと干し柿が有名であり、世界最古の農業技術書とされる“齊民要術”にも製造法が記載されるほど歴史が古い。また、干し柿には地域性が認められ、岐阜県では美濃地方で生産されている堂上蜂屋柿が有名である。この堂上蜂屋柿は地理的表示保護制度（GI）に2017年に登録され、隣県の長野県においても市田柿が2016年にGIの認証を取得した。その一方で、干し柿は高齢層を主とした一部の層からの需要で成り立っていると考えられ、柿の需要拡大のためには、伝統的な加工技術の継承・発展とともに新規の乾燥加工品の研究・開発が必要である。国内に数ある品種のうち富有柿は岐阜県においても多く生産されているが、流通のほとんどを生鮮品が占めている。生物資源の有効利用や地域ブランド強化の観点からも、新規の乾燥加工品の原料として富有柿は有用である。渋柿を原料とする天日による干し柿とは異なり、完全甘柿である富有柿では乾燥機を用いた多様な条件設定が可能であり、新規食感形成による需要創出が大いに期待できる。本研究では、品種や乾燥方法が富有柿の品質およびペクチンの状態に及ぼす影響を明らかにすることで消費者嗜好に合わせた食感制御への指針を立てることを目的とする。

2. 研究の方法

本研究では、【実験1】富有柿から作製した干し柿の品質評価、および【実験2】熱湯浸漬および熱風乾燥が富有柿ドライフルーツの品質へ及ぼす影響を調査した。それぞれの実験において、含水率、色彩、硬さの変化を測定した。また、食感に強く関与する成分としてペクチンに焦点を当て、化学分析および原子間力顕微鏡を用いたナノ構造解析によって、その状態変化を調査した。

3. 研究内容

【実験1】富有柿に従来の干し柿製造工程を適用した場合の、他品種との差異を調査した。比較対象には、市田柿および堂上蜂屋柿、さらに海外品種である Triumph を用いた。いずれの果実も枝つきの状態で収穫し、萼と果皮は除去した。果実は麻紐にくくりつけ、果実全体に70%エタノールを霧吹きにより噴霧し、乾燥前の準備とした。乾燥開始後、2日間は表面を乾燥させるために25℃のプレハ

ブ式通風乾燥機内で乾燥させた。その後は26日間に渡り室温での乾燥を行なった。また、乾燥を開始して1週間目からは2、3日に一度の手揉みを行なった。手揉みとは果実全体を揉む作業であり、果実内部の水分を除去する効果やタンニンの不溶化を促す効果を有し一般的な干し柿製造の工程に含まれる。乾燥後の柿果実は、表面の色彩を色彩色差計（CR-13, MINOLTA CO., LTD.）で、果肉の硬さを直径40 mmの円盤形プランジャを取り付けた卓上物性試験機（TPU-2D, 山電株式会社）によって測定した。また、各試料を破碎後、70%アルコールでの洗浄・ろ過を繰り返し、アルコール不溶性固形物（AIS）を調整した。得られたAIS 0.1 gを精秤し、蒸留水、0.05 M CDTA 溶液、0.05 M NaCO₃ + 20 mM Na₂BH₄で順次抽出し、水溶性ペクチン画分（WSP）、キレート可溶性画分（CSP）、希アルカリ可溶性画分（DASP）をそれぞれ得た。各抽出液中のガラクトuron酸量はカルバゾール硫酸法により定量した。

【実験2】熱湯による前処理と熱風乾燥処理が富有柿の品質に及ぼす影響について調査を行なった。実験に用いた富有柿は果肉部分を直径20.5 mmのコルクボーラーでくり抜き、ナイフにより高さ10 mmの円柱形に成形した。95℃に制御した蒸留水中に、ネットに入れた富有柿の円柱型試料を2 min 浸漬し、その後氷水に2 min 浸漬して水冷することで熱湯加熱処理を行った。試料の乾燥は熱風乾燥によって行い、送風定温恒温器（DKM300, ヤマト科学）を使用した。熱湯加熱処理をした試料および無処理の試料を一定間隔に保ち恒温器内に静置し、40, 50, 60, 70℃の各温度で重量が変化しなくなる時点まで乾燥させた。乾燥過程における含水率変化を経時的に記録し、乾燥特性の解析を行なった。また、実験1と同様に、色彩を色彩色差計、硬さを直径5 mmの円柱形プランジャを取り付けた卓上物性試験機により測定し、AISの調整とガラクトuron酸量の定量を行なった。さらに、AISからの抽出によって得られた各画分を適宜希釈後、Mica基盤上に滴下し、原子間力顕微鏡（AFM）により観察した。

4. 研究の実施経過

富有柿を含め、柿は収穫時期（9月末～12月）に限られている。そのため、研究開始当初（H31年4月～）は柿以外の果実やニュージーランド産の富有柿を用い、乾燥条件、各種分析条件を検討した。R1年の主に10～11

月に岐阜県農業技術センターにおいて収穫された果実を用い、実験1および実験2を並行して進めた。12月以降はAISの状態では保存していた試料を用い、ガラクトツロン酸含量とAFMによる観察を行なった。

5. 研究から得た結論・考察

5-1. 富有柿から作製した干し柿の品質評価

干し柿加工後の富有柿は全体的にくすんだ色を有する様子やTriumphが全体的に鮮やかな色彩を保持している様子が確認できた。また、色彩測定により、Triumphと市田柿の彩度が他品種と比べて大きい値である傾向が示された。一方、富有柿の彩度は他品種よりも有意に小さい値をとった。硬さは、乾燥前の段階で、富有柿が最も硬く市田が最も柔らかかった。乾燥中期では品種間で様々な硬さの値を有していたが、最終乾燥後試料では各品種で13.9～25.4Nに収束した。乾燥後試料の中では富有柿が最も柔らかい傾向が見られた。農産物の硬さに影響を与える因子としてペクチンに注目し果肉中のペクチン組成の調査を行なった。ほとんどの品種において乾燥によるCSPやDASPの減少やWSPの増加が確認できた。特に最も柔らかい果肉を有するとされる乾燥後富有柿は他品種よりもWSPを多く含むことが確認でき、ペクチンの可溶化が干し柿の軟化に関与していることが示唆された。

5-2. 熱湯浸漬および熱風乾燥が富有柿ドライフルーツの品質へ及ぼす影響

富有柿の熱風乾燥において、熱湯加熱処理が乾燥特性に及ぼす影響を明らかにするため、含水率変化と乾燥速度変化を求めた。40～70℃の熱風乾燥過程における乾燥速度は熱湯加熱した試料では無処理試料より常に高く、熱湯加熱処理による乾燥速度の低下を抑制する効果が示された。また、いずれの乾燥条件においても乾燥期間を通して減率乾燥の挙動が示され、指数モデルにより表すことができた。富有柿の熱風乾燥においては酵素的褐変の色彩への影響はほとんど見られなかった。乾燥前後の硬さの測定結果から、乾燥が進行するほど試料は硬くなり、また、熱湯加熱処理により硬化が抑制される傾向が確認された。熱湯加熱処理を行った試料は、無処理の試料と比較してWSPの割合は低く、CSPの割合は高くなった。また、熱湯加熱処理を行った試料と無処理の試料のいずれにおいても、乾燥に伴ってWSPは増加し、DASPは減少していく傾向が見られた。加えて、CSPは無処理の試料では減少したが、熱湯加熱処理を行った試料では変化が見られなかった。

原子間力顕微鏡による観察では、WSPでは小形の粒子形状、CSPおよびDASPではネットワーク構造が確認された。ブランチング処理を行っても、CSPのネットワーク構造形成能力は保たれていたが、その様式が未処理試料とは異なるため、CSPの構造に何らかの変化を生じたことが考えられる。また、乾燥処理を行うと、CSPは低分子化され、ネットワーク構造は形成されなかった。一方で、

乾燥前にブランチング処理を行うことで、乾燥によるネットワーク構造形成能力の低下を抑制できることが示唆された。また、ブランチングと乾燥のいずれの処理によってもDASPは低分子化し、ネットワーク構造は形成されなかった。

6. 残された問題、今後の課題

本研究において、富有柿を干し柿加工した際の品質変化を調査した。食感やそれに関与するペクチンの組成に関して、他品種とは異なる特徴が明らかとなった。したがって、富有柿を用いることで、干し柿の品質における多様性を拡大できると考えられる。一方で、実際の製品品質は呈味成分、香気成分についても考慮する必要がある。また、柿果実の品質は収穫時期、熟度など様々な要因によって大きく変化するため、今後はこれらの要因も踏まえた調査も必要となる。また、加工工程の違いによってもペクチンの性状が変化し、食感にも寄与すると考えられる。ドライフルーツに含まれるペクチンのナノ構造解析は前例が無く、さらなる調査により食感形成との関連性を明らかとすることが望まれる。