

氏 名 : 久松 裕子
学位の種類 : 博士 (学術)
学位記番号 : 博甲第9号
学位授与の日付 : 平成29年3月18日
学位授与の要件 : 東京家政大学学位規程第3条第2項該当
人間生活学総合研究科
学位論文題目 : 半乾燥野菜の構造の解明と調理特性の追究
論文審査委員 : (主査) 准教授 小林 理恵
教授 井上 俊哉
教授 藤森 文啓
教授 宮尾 茂雄
客員教授 飯塚 堯介

論文内容の要旨

生活習慣病の予防には、野菜摂取量の増加があげられている。そのために、野菜に90%近く含まれる水分を適度に減らした半乾燥野菜を利用することの有効性を追究してきた。既報では、乾燥処理法として用いた天日乾燥処理(平均気温23℃, 平均湿度20%, 平均風速2 m/s)と恒温庫乾燥処理(60℃, 無風)において、調製後の半乾燥野菜の基礎特性が異なっており、天日乾燥処理により野菜の重量を30%減少させた「半乾燥野菜」において他にはない良好な品質が生ずることを明らかにしてきた。その要因を解明することは、より具体的な半乾燥野菜の調製条件の提案を可能とし、食生活における効果的な野菜の利用方法を提案することに繋がる。

そこで本論文では、天日乾燥野菜の基礎特性が良好となるのは特異的な組織変化が生ずることが要因と仮説を立て、これを解明するために、ダイコンを用いて半乾燥野菜の組織、物性および機能性評価から探求した。また、カボチャや野菜以外の植物性食品であるキノコ、果物においても、ダイコンと同様の組織構造、及びそれに伴う基礎特性の変化が発現するかを検討した。さらに家庭における調理で利用することを想定して、天日乾燥処理した半乾燥野菜の調理特性について追究した。

第1部第1章では、ダイコンの生及び各半乾燥試料の組織構造を走査型電子顕微鏡(SEM)にて微視的に観察すると共に、これらの物性値から組織構造の相違を推測可能であるか検討した。SEM像で観察すると、恒温庫乾燥試料では細胞が均一に萎れていたが、天日乾燥試料の表面には細胞が平らに潰れた膜状組織が形成され、その内部に生試料と同様に張りのある細胞組織が認められた。また、組織構造の相違は物性値に反映され、天日を遮断した風乾燥で処理した試料の破断応力値は天日乾燥試料以上に高く、硬く強靱な膜状組織の存在が推察された。すなわち、この膜状組織の形成には、試料内部の水分の拡散を助長しない温度管理とともに、表面のみ乾燥を促す程度の風が必要条件となると考える。

第1部第2章では、半乾燥処理による野菜の抗酸化能の変化と組織構造との関係について追究した。茹で加熱前の生及び天日乾燥試料について化学発光(ケミルミネッセンス)法によるペルオキシラジカル捕捉活性測定により抗酸化能を比較すると、天日乾燥試料の抗酸化能は生試料より低下していた。一方、既報から、茹で加熱後では天日乾燥試料が生試料よりも抗酸化能を高く保持でき、天日乾燥野

菜で形成された膜状組織が茹で加熱時の溶出抑制に関与することが推察される。

第1部第3章では、1章及び2章の結果を踏まえて、ダイコンとは性質の異なりデンプン含量の多いカボチャ試料の破断特性値から組織構造の変化について検討した。カボチャ試料においても、生試料よりも天日乾燥試料の破断応力値が高く、煮崩れが起りにくいことから、ダイコンと同様に膜状組織の形成が示唆された。デンプン質の多い野菜において、煮崩れは外観を悪くする他、摂取量の低下にも繋がるため、これを抑制する手法としても天日乾燥処理は有効である。

第2部第1章では、乾燥方法の異なる半乾燥キノコを調製し、その品質及び抗酸化能から構造変化を推察するとともに最適な半乾燥条件を追究した。マイタケ試料について、茹で加熱した天日乾燥試料は生試料と比較すると、抗酸化能が高かった。各試料の茹で汁の抗酸化能についても比較すると、天日乾燥試料では抗酸化能が有意に低く、色素の溶出も抑制されていたことから、抗酸化成分の溶出抑制が示唆された。すなわち、ダイコンと同様に、キノコにおいても天日乾燥処理による膜状組織の形成が推察された。これに加えて天日乾燥試料では、生試料と比較してビタミンD₂量が増加することも確認されたことから、半乾燥キノコ試料の調製条件は、天日乾燥により重量を50%減少させる条件が最適であると判断した。

第2部第2章では、果物をフルーツソースとして用いることを想定し、半乾燥処理したキウイ試料を調製し、その基礎特性から実用の可能性を検討した。併せて、半乾燥野菜で生ずる組織構造の変化が半乾燥キウイ試料にも認められるかを推察した。天日乾燥キウイは生に近い色を呈し、抗酸化能の有意な低下は認められなかった。また、調理品となじみやすい適度な粘稠性を有していたことから、健康機能性の高いフルーツソースとして実用可能な性状であった。この品質変化は、生と同様の組織が保持されていたことを示唆しており、半乾燥野菜と同様の構造が形成されたものと推察した。

第3部では、家庭において半乾燥野菜を調理に利用することを想定して、茹で調理による重量変化と、砂糖及び食塩による調味特性について検討した。天日乾燥野菜を茹で加熱することは、重量や嵩を減らすことに繋がるということが明らかになり、野菜摂取量を増加させる方法として有効であることが認められた。そして、純水のみで茹でた天日乾燥試料は糖度が高く、その値は5%砂糖溶液で茹でた生試料と同程度であった。この結果は天日乾燥野菜の利用時には砂糖の使用量と摂取量を減らすことができることを意味する。一方、食塩で調味すると、生試料と天日乾燥試料で同程度の塩分濃度となった。しかし、茹で加熱による重量の相違を考慮すると、仕上がり量の少ない天日乾燥試料では食塩摂取量を減らすことができる。

本研究では、半乾燥野菜の野菜摂取量増加のための優れた特性を引き出すには、天日乾燥による組織変化が重要であり、それは内部の水分拡散を抑制しながら食品表面を風乾させることで形成される膜状組織であることを明らかにした。また、萌芽的な成果として、キノコや果物においても一部の半乾燥野菜と同様の基礎特性が生ずることが示唆された。

さらに、実際の調理を想定して、天日乾燥野菜の調理方法について検討し、出来上がりの嵩を減らせるだけでなく、野菜自体の甘味を生かし調味料の使用量を減らせることがわかった。これらのことから、半乾燥野菜の利用は、野菜本来の良好な嗜好性を損なわず、生活習慣病予防として高い健康機能性を保持しながら、野菜摂取量増加に寄与し、調理の簡便化も図ることが可能であり、日々の食生活に有効活用できることが考えられる。

論文審査の結果の要旨

わが国では生活習慣病の予防に有効とされることから、野菜摂取量の増加が推進されている。しかし現在の摂取量は、いずれの年代においても厚生労働省が示す推奨量（350 g）には達しておらず、野菜摂取量を増加させるための有効な手法の開発に期待が寄せられている。

このような現状に鑑み、申請者は、修士課程において野菜に90%近く含まれる水分を適度に減らした半乾燥野菜を利用することの有効性を追究してきた。研究に用いた乾燥処理法は、古来より用いられてきた天日乾燥処理と、近年における工業的な乾燥処理法に準じた恒温庫乾燥処理であるが、これらを比較すると調製後の半乾燥野菜の基礎特性が異なり、天日乾燥処理では他にはない良好な品質の半乾燥野菜となることを見出した。

これを踏まえて本論文では、天日乾燥野菜の基礎特性が良好となるのは、特異的な組織構造変化が要因であるとの仮説を設定し、走査型電子顕微鏡（SEM）による構造観察と共に物性挙動及び抗酸化能の変動からその解明を目指した。また、その構造の相違から生ずる天日乾燥野菜の調理特性上の優位性を明らかにすることにより、家庭における半乾燥野菜の調製条件と具体的な利用方法を提案することを目的としている。

本論文の内容は、わが国の野菜摂取の現状と、これまでに明らかにしてきた半乾燥野菜の基礎特性をふまえた仮説を示した序論に始まり、その仮説を検証し、天日乾燥処理で良好な基礎特性が得られた要因が組織構造の変化にあることを論じた第1部、続く第2部では、特性の異なる数種の植物性食品においても同様の構造変化が生じ、天日乾燥法に優位性が認められるかを検討した。さらに、半乾燥野菜の調味特性の視点から具体的な利用方法を提案する第3部で構成されている。

第1部第1章では、ダイコンの生及び各半乾燥試料の組織構造の相違を、SEM像にて観察するとともに、圧縮破断時の物性挙動及び抗酸化能評価から組織構造の推察を試みている。SEM像からは、恒温庫乾燥試料では細胞が均一に萎れている一方で、天日乾燥試料の表面には細胞が平らに潰れた膜状組織と、その内部に生試料と同様に張りのある細胞組織が形成されていることが観察された。しかし、これは微視的な観察に留まる。そこで、組織構造全体を推察する手法として半乾燥野菜の物性を測定すると、破断応力値は膜状組織の存在を、初期弾性率及び破断歪率は細胞の張りの状態を反映しており、物性値から試料全体の組織構造の相違が推測可能であることを明らかにした。さらに、この物性評価により、天日乾燥試料に特異的に膜状組織が形成される主要因を探求し、天日乾燥試料と風乾燥試料の物性値が類似することを見出した。すなわち、高温環境下を避けることで試料内部の水分の拡散を抑制し、表面のみ乾燥を促す程度の風が、良質な半乾燥野菜を調製するための必要条件となることを導出した。

第2章では、生活習慣病予防で期待される野菜の機能性に焦点をあて、天日乾燥処理により形成された膜状組織が、調理過程における抗酸化能の変動に及ぼす影響を追究している。化学発光（ケミルミネッセンス）法によるペルオキシラジカル捕捉活性測定を用いて抗酸化能を評価すると、生野菜の抗酸化能は乾燥処理により有意に減少するが、これを茹で処理すると、生野菜より天日乾燥野菜において抗酸化能を高く保持していたことから、天日乾燥野菜で形成された膜状組織は茹で加熱時における抗酸化成分の溶出抑制に関与すると推察した。

第3章においては、単一の野菜での評価にとどまらず、デンプン質の多い野菜であるカボチャ試料においても物性値を解析した結果、カボチャ試料においてもダイコンと同様の膜状組織の形成が推察された。これを裏付けるものとして、煮崩れが起りにくい現象が目視観察されたが、これは、デンプ

ン質の野菜の調理損失を抑制する上でも、天日乾燥処理が有効であることを示唆している。

第2部においては、野菜と同等の生活習慣病予防効果が期待できるキノコ、果物においても、ダイコンと同様の組織構造、及びそれに伴う基礎特性の変化が発現するかを検討し、半乾燥処理法が適用可能か考察した。第1章では、乾燥方法の異なる半乾燥キノコを調製し、その品質及び抗酸化能から構造変化を推察するとともに最適な半乾燥条件を追究した。マイタケの半乾燥試料では、第1部第2章に示したダイコン試料と同様に、重量減少率が高くなるほど茹で加熱後の抗酸化能が高く保持されることを確認し、これは膜状組織による抗酸化成分の溶出抑制によるものであると考察している。これに加えて天日乾燥試料では、生試料と比較してビタミンD₂量が増加することから、良質な半乾燥キノコの調製には、天日乾燥により重量を50%減少させる条件が最適であるとの提案に至っている。

第2章では、果物をフルーツソースとして用いることを想定し、半乾燥キウイの調製を試みている。抗酸化能は、ペルオキシラジカル捕捉活性、スーパーオキシドアニオンラジカル消去能(SOD様活性)と2種のラジカルに対する評価を行ったが、いずれも半乾燥処理による有意な低下は認められず、高い機能性を保持できることを明らかにしている。また、天日乾燥キウイソースは、調理品となじみやすい適度な粘稠性を有し、色が生に近かった。このことは、構造中に生に近い組織が保持されていたことを示唆するものであり、半乾燥野菜と同様の構造が形成されたものと推察している。

第3部では、さらに日常調理での利用を想定して、天日乾燥処理した半乾燥野菜の調味特性を追究している。天日乾燥野菜を茹で加熱しても、完全に生の状態に戻ることなく、重量や嵩が減ることを示し、野菜摂取量を増加させる方法として有効であることを確認している。また、天日乾燥野菜においては糖が濃縮され、茹で調理時には膜状組織による糖の溶出が抑制される変化が認められたことから、砂糖の使用量と摂取量を減らすことが可能となる。半乾燥処理しても、食塩の浸透に生試料との差異は生じないものの、茹で後重量が軽いため実際の食塩摂取量は減少させることができる。これらの天日乾燥野菜の調味特性は、糖及び塩の過剰摂取を抑制する手法としても有用であると考えられる。

生活習慣病予防を推進するために、野菜の摂取量を増加させることはわが国の大きな課題であるが、その改善には苦慮しているのが現状である。その背景において、本論文は、嵩を減らすことで摂取を容易にすることができる半乾燥野菜の利用普及を目指して、多様な解析を踏まえて栄養性、嗜好性、及び機能性が優れた高品質の半乾燥野菜とするための調製条件を見出し、実用可能な提案へと結びつけている。キノコや果物においても野菜と同様の調製条件が適用可能であることを明らかにしたことは、その他の植物性食品への適用範囲を広げ得ることを期待させる萌芽的知見であり、本論文で確立した解析手法は、半乾燥野菜に関する残された諸問題の科学的解明につながるものと評価される。また、これらの研究成果は、4報の原著論文として報告され、高い評価を得ており、今後の発展が期待できる。

以上より、審査員一同は本論文を博士(学術)の学位論文として十分な価値を有するものと認める。