2023,24 年度 一般財団法人杉山産業化学研究所研究助成報告書

研究テーマ（　調理加工処理における澱粉質野菜の機能性変動に関する研究　）
所属機関名・部署名（　日本獣医生命科学大学・農産食品学教室　）
職名（　　講師　　）　　助成者名（　　松田　寛子　　）

■緒言

肥満は，身長あたりの体重指数；BMI（Body Mass Index）が 25kg/m^2 以上と定義されている。厚生労働省の国民健康・栄養調査（2017 年）の結果として，日本人における 20 歳以上肥満者の割合は，男性で 31.1%，女性で 20.6%となり，男女ともに過去 10 年間横ばいで推移している。肥満と生活習慣病は関連が深く，肥満を放置しておくと最悪の場合には死に至る。肥満の予防・改善策としては食事療法などがあげられ，現代では食後の血糖値を急激に上昇させる炭水化物源の摂取は忌避傾向にある。しかし，日本人の主な炭水化物源となる穀類や澱粉質野菜には，レジスタントスターチ（RS）と呼ばれる難消化性澱粉が存在する。RS の機能性としては，食後の血糖値や中性脂肪値の上昇抑制効果や，排便促進効果さらには腸内細菌叢改善効果がある。そこで，本研究では，あらゆる工程により調理・加工される澱粉質野菜のうち，国民の年間消費量が比較的多いカボチャに着目している。既往の研究により，加熱冷却条件および食用油 A の添加タイミングにおいて RS 生成量の変動を明らかとしており，本研究では RS のタイプについてフーリエ変換赤外分光法（FT-IR）により解析した。さらに、ラットを用いた検討により，経口脂質負荷試験により摂食後の中性脂肪値の上昇抑制効果を検討した。本報告書では，FT-IR による澱粉の分析結果について記載する。

■方法

1）精製カボチャ澱粉パウダーの作製

鹿児島県産の味平カボチャを、1～2cm 角ほどの大きさに切り、0.2%に調整した NaOH 水溶液に 12 時間ほど浸漬させ、組織を柔らかくした。前処理した試料を家庭用ミキサー（ツインバード製 KC-D824）に短時間かけ、その液体をガーゼ（イワツキ 002-020110）で濾過した。ミキサーに残った試料は蒸留水で共洗いした。濾液は室温で 20～30 分静置した。濾液中に沈殿が得られた後に上清を除去し、残渣を 1500×g で 15 分間遠心分離した。その後上清を捨て、得られた沈殿に 99.5%エタノールを加えよく攪拌した。これを再び同じ条件で遠心分離し、再度上清を除去してエタノールで洗浄した。この作業を、上清の色が透明になるまで繰り返した。洗浄した沈殿を風乾させ、得られたものをカボチャの精製澱粉とした。

2）カボチャ原体パウダーの作製

鹿児島県産の味平カボチャは、サナス社への委託によって作製された（非加熱処理下で乾燥させパウダー化）。

３）温度処理および調味料 A 添加タイミング

１）および 2）で作製したパウダーと蒸留水を１：４の割合で混合した。これを温度帯ごとにパウチに入れ、真空包装した。このパウチを表 1 のようにそれぞれ温度処理した。6℃冷却は家庭用冷蔵庫（TOSHIBA 製 GR-F62FX）を用いた。温度処理した試料をそれぞれ 25mL チューブに移し、凍結乾燥させ再度パウダー化した。

精製カボチャ澱粉は、表 1 中に示した処理を全て施し、さらに調味料 A を添加した。添加タイミングは、100℃または 120℃での加熱前もしくは加熱後とした。添加後は調味料 A の濃度分布がないよう攪拌した。また、調味料 A は脂肪酸を多く含む調味料であるため、脂肪酸濃度が 0.5mmol/g-starch となるよう添加した。

カボチャ原体パウダーについては、表 1 中の非加熱および 100℃/ 6℃ 0h のみとし、精製澱粉との RS 含有量変動の違いを検証した。

表 1 温度処理

	処理条件
① control (oil free) 100℃	非加熱
② 100℃ → 6℃ 0h	100℃加熱 20 分間→氷上冷却 10 分間
③ 100℃ → 6℃ 24h	100℃加熱 20 分間→氷上冷却 10 分間→6℃冷却 24 時間
④ 100℃ → 6℃ 48h	100℃加熱 20 分間→氷上冷却 10 分間→6℃冷却 48 時間
⑤ 120℃ → 6℃ 0h	120℃加熱 20 分間→氷上冷却 10 分間
⑥ 120℃ → 6℃ 24h	120℃加熱 20 分間→氷上冷却 10 分間→6℃冷却 24 時間
⑦ 120℃ → 6℃ 48h	120℃加熱 20 分間→氷上冷却 10 分間→6℃冷却 48 時間

４）FT−I /ATR スペクトルの測定

試料の FTIR スペクトルは、全反射吸収（ATR）法により得た。測定機器は、FT/IR-4X に ATR PRO 4X を装備し（いずれも日本分光）、500 cm^{-1}～4000 cm^{-1} のスペクトル範囲で 4cm^{-1} の分解能で 16 回スキャンして取得した。

■結果および考察

※論文投稿および特許出願準備中のため、大変恐縮ながら一部の結果のみ報告いたします。

既往の研究結果から、RS 含有量に変化があった温度処理サンプルについて FT−I /ATR スペクトルの測定をしたところ、精製澱粉パウダーと原体パウダーについてそれぞれ図 1,2 の結果を得た。RS には 5 タイプが存在しており、調理加工過程では RS3（老化澱粉）や RS5（アミロースと脂肪酸の複合体）の形成が期待できる。調味料 A は、精製澱粉では加熱後に添加することで、RS5 の構造を特徴付けるピークが確認されたため、RS5 の形成促進が示唆された。一方、原体パウダーでは、調味料 A を添加しなくても加熱処理によって内在性の脂溶性物質との RS5 形成が確認された。

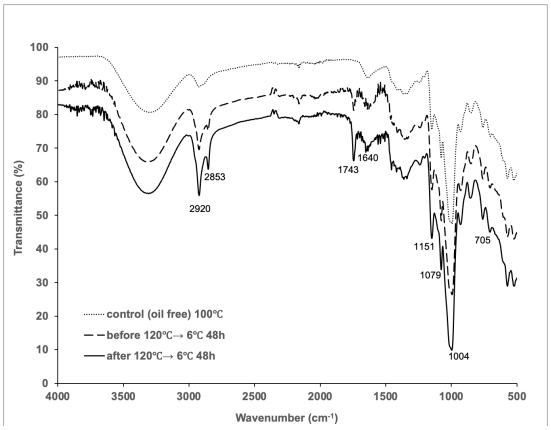


図 1 調味料 A の添加タイミングの違いによる精製澱粉中の RS 形成パターン
（before →加熱前, after→加熱後）

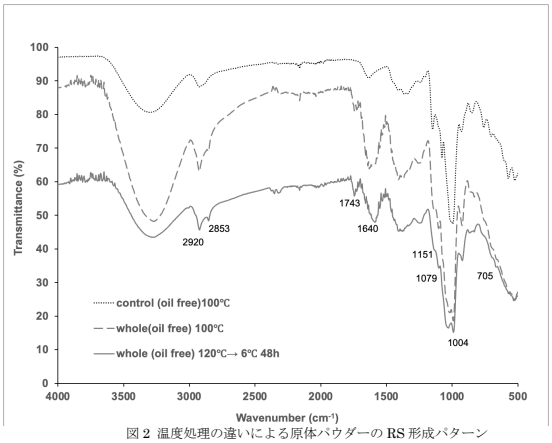


図 2 温度処理の違いによる原体パウダーの RS 形成パターン
（調味料 A は添加なし）

以上の結果から、調理加工工程での調味料の添加タイミングや温度処理の制御によって、RS5 は簡易的に形成可能であることが示唆された。また、調味料の加熱後添加は、結晶構造が緩んでいる澱粉の螺旋構造に、調味料が入り込みやすくなったと考えられる。

■今後の展望

本研究により、澱粉質野菜の機能性変動について、調理加工工程における RS 含有量と形成される RS タイプとして一部見出した。興味深いことに、これらの変動には調味料の添加タイミングや温度が深く関わっており、カボチャ中の機能性成分の富化が容易であったことから、今後はカボチャ原体を実際に用いた検討をする予定である。

■謝辞

この度は、2024 年度まで本研究に対する助成を賜り、心よりお礼申し上げます。今後は論文投稿や特許申請に向けて、引き続き研究の発展に尽力いたします。

本研究成果の一部は、2025 年度 日本農芸化学会にて発表いたしました。