

コーヒー滓ペレットの成型特性に関する実験的解析

知名 孝明 (201721153) 修士論文指導教員：北村 豊、粉川 美踏

はじめに

身近な嗜好品の一つであるコーヒーは、抽出した後にはコーヒー滓が残る。コーヒー滓は含水率が高く、その取り扱いにくさからそのまま廃棄されるのが現状である。しかし、種子由来の油脂分が約15%と多く残るコーヒー滓は、単位重量あたりの発熱量が高いと考えられ、エネルギー資源として十分期待できる。そこで本研究では、コーヒー滓の再利用方法としてペレット燃料化を提案し、コーヒー滓をペレットにするための最適な成型条件を模索することを目的に行った。

材料と方法

材料はコーヒー滓、副資材としてスギオガ粉とシルバースキン（コーヒー豆薄皮）およびシュレッダーごみである。また、使用したペレタイザー（新興工機株式会社、S-5型）は、6mm孔のダイスを有し、ダイス温度50°C、ローラ回転数50rpm、材料投入回数2回1バッチで操作した。

コーヒー滓のみを材料とする場合は、コーヒー滓を所定の含水率に調整し成型を行った。

スギオガ粉混合ペレットの成型の場合では、スギオガ粉とシルバースキンの混合副資材を湿潤状態のコーヒー滓に添加した。

シュレッダーごみ混合ペレットの成型の場合では、シュレッダーごみを湿潤状態のコーヒー滓に添加した。

成型したペレットの評価は木質ペレット品質規格値との比較により行った。

結果と考察

表1に各種ペレットの成型特性と木質ペレット品質規格値の比較を示す。

コーヒー滓単一ペレットでは、最も低い粉化率でも32.4%と木質ペレット品質規格値の約10倍の値であった。このことから、コーヒー滓のみでのペレット成型は難しいと考えられる。

副資材としてスギオガ粉とシルバースキンを混合した場合、コーヒー滓単一ペレットと比較して成型率、粉化率ともに改善された。加えて、副資材混合量が最も多い調整目標含水率20%のペレットは、含水率を大きく低減できた。これは、副資材がダイス孔に滞留することで摩擦力が増加し、それによる摩擦熱で材料の水分が蒸発したからだと考えられる。しかし、含水率調整のために副資材を重量比で最大7.3倍添加する必要があった。

副資材としてシュレッダーごみを添加した場合は、上記の両方の場合と比較して成型率、粉化率がともに改善された。また、添加した副資材の量もスギオガ粉混合ペレットの場合の半分以下で含水率の調整ができた。

以上より、コーヒー滓ペレットを成型するためには副資材が必要で、最適な副資材はシュレッダーごみであると結論付ける。

表1 各種ペレットの成型特性と木質ペレット品質規格値の比較

ペレットの種類	コーヒー滓単一ペレット			スギオガ粉混合ペレット			シュレッダーごみ混合ペレット			木質ペレット	
	調整目標含水率 (%)	20	25	30	20	25	30	20	25		30
成型率 (%)		87.3	90.6	53.8	98.3	98.0	97.7	<u>99.6</u>	<u>99.6</u>	98.6	99.0以上
粉化率 (%)		38.1	32.4	76.4	<u>0.3</u>	<u>0.4</u>	<u>0.8</u>	<u>0.1</u>	<u>0.3</u>	<u>0.7</u>	3.5以下
成型後含水率 (%)		17.9	22.3	25.5	<u>7.9</u>	15.2	19.4	11.5	17.5	24.5	10以下

※木質ペレット品質規格を満たしたものに下線を付す。

伊東茉奈美 (201510636)

1. 背景と目的

当研究室の先行研究が対象としてきた水挽玄米（ライスミルク等原料）とは、玄米を生のまま水とともに磨砕して得られるペースト状の食素材であり、コメの消費拡大につながる様々な加工用途が期待されている。一方、玄米の表面には多数の菌類が付着しているため、食品として安全に利用するためにはその殺菌が必要である。しかし、一般的な加熱殺菌法では、水挽玄米中のデンプンを糊化させ、その流動性を著しく低下させる欠点がある。そこで本研究では、カット野菜の洗浄や医療器具の消毒に使用されている微酸性電解水（以下、電解水）に着目した。電解水に含まれる次亜塩素酸は、約 10~30ppm の低濃度でも殺菌効果が高く、使用後の残留塩素が少ないため安全性も高いとされている。ここでは、電解水による殺菌を水挽玄米の製造過程に適用するための基礎資料を得るために、玄米に対する殺菌特性を明らかにすることを目的とした。

2. 材料と方法

2.1 材料と装置

- ・玄米（平成 30 年産コシヒカリ・アキタコマチ，茨城県稲敷市）

- ・電解水生成装置（ミュークリーンⅡ，森永乳業）：有効塩素濃度（以下，塩素濃度）が約 30±2ppm，pH が約 6.0 となるように電流値を約 1.8 A に設定した。

2.3 方法

(1) **浸漬による殺菌**：玄米を電解水の入ったタンクに浸漬して殺菌する方法をベンチスケールで再現した。キャップ付き広口 PP 容器（250 mL）に水洗浄した玄米（玄米 50 g に水道水を適量加え，振とう 20 回×5 反復）を入れ，玄米：浸漬水の割合が 1：1，1：2，1：3（重量比）となるように電解水を加えた後，約 3℃ に調節した恒温器内に設置し 5 時間保持した。なお浸漬は，①攪拌なし，②攪拌ありの 2 条件とし，②はマグネチックスターラーを用いて行った。

(2) **洗浄による殺菌**：玄米を電解水で研ぎながら殺菌する方法をベンチスケールで再現した。未洗浄の玄米 300 g を容器（3.5 L）に入れ，電解水を 80 mL/s で流加・漏洩させながら 180 rpm で，殺菌を行った。

生菌数測定：殺菌後の玄米を stomacher で処理して得た

懸濁液を 0.9% 滅菌食塩水で連続希釈させ，ペトリフィルム（住友 3M）に接種した。その後 35℃ の恒温器中で 48 時間培養して得たコロニー数を計測した。

3. 結果

3.1 浸漬殺菌の特性

電解水は蒸留水（対照区）に比べ，玄米に対する殺菌力があることを確認した。また浸漬する玄米の量に対して，浸漬水の割合を増やす，さらには攪拌を行うことで殺菌効果の高まることが示された（図 1）。

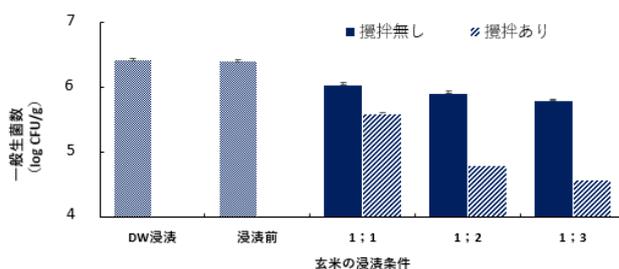


図 1. 浸漬殺菌の特性

3.2 洗浄殺菌の特性

洗浄開始直後（10 s）から生菌数の著しい低下が見られた。その後，時間の経過とともに指数関数的に減少し，180 s 後には検出限界以下まで殺菌された（図 2）。

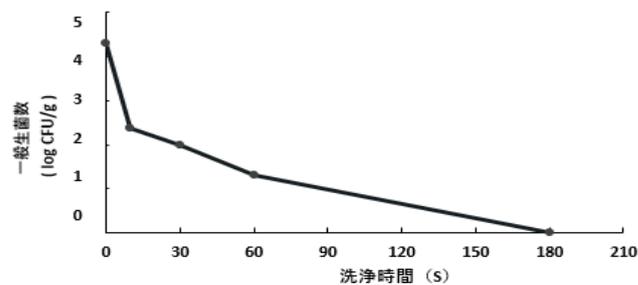


図 2. 洗浄時間ごとの生菌数の推移

4. 考察

両方の殺菌操作において，電解水による生菌の効果的な殺菌効果が示された。浸漬殺菌は時間経過や攪拌とともに有効塩素が消費され殺菌活性が落ちるが，省エネ的な操作と言える。一方，洗浄殺菌では有効塩素を高濃度に保ちつつ，攪拌により試料と接触効率を高めることができるため殺菌活性を維持できるが，コスト高となる可能性がある。電解水を用いた玄米の殺菌は，水挽玄米加工の経済性を考慮しながらの導入が望ましいと考えられる。

米ゲルと豆乳を用いた嚥下食品向け素材開発

指導教員 粉川 美踏
副指導教員 北村 豊

梶山 梨帆 (201510651)

1. 背景と目的

近年日本では、高齢化に伴い、飲み込みや咀嚼に障害がある嚥下困難者が増加している。嚥下困難者向けに形態やとろみ、食塊のまとまりやすさを調節した嚥下食品も販売されているが、物性の制御が難しいという問題点がある。そこで、本研究では米ゲルに注目した。米ゲルとは、高アミロース米を粒のまま炊飯、糊化させ高速せん断加工することにより出来るゲル状の素材である。米ゲルは水分量によって様々な硬さに調節することが出来、まとまりやすく加工しやすい性質を持っている。米ゲルを用いることで嚥下困難者でも摂食しやすい食品素材の開発が出来ないか、と考えた。また、この米ゲルに豆乳を加えることで、少量でも栄養価の高い食品素材を開発することを目指した。本研究では、豆乳で炊いた米ゲル（以下、豆乳米ゲルと呼ぶ）の、豆乳含有量と豆乳の種類が硬さに及ぼす影響、また栄養成分量について検討した。

2. 方法

2.1 材料

米ゲルの米は高アミロース米であるモミロマン（白米）、豆乳は無調整豆乳、低脂肪豆乳、豆乳クリームの3種類を使用した。豆乳の量は洗米時の吸水重量と豆乳の重量の和が、米の重量(200g)の2倍、3倍、4倍となるように調整した。

2.2 豆乳米ゲル調製

米を豆乳にそれぞれ2時間浸漬後、炊飯器（NP-ZB10 象印）のおかゆモードで炊飯し、出来た米を高速カッター（BLIXER-5Plus robot coupe）を用い、3000rpmで3分間攪拌した。

2.3 硬さ測定

調製した豆乳米ゲルを、直径24mm、高さ15mmのステンレスパイプに充填後、室温で一時間放冷し、テクスチャーアナライザーにて硬さ測定を行った。得られた測定値を日本介護食品協議会の定めるUDF（ユニバーサルフードデザイン）自主規格に沿って評価した。

表2 日本介護食品協議会のUDF自主規格

	区分1	区分2	区分3	区分4
区分形状	容易にかめる	歯ぐきでつぶせる	舌でつぶせる	かまなくてよい
硬さ上限値 (N/m ²)	5×10 ⁵	5×10 ⁴	2×10 ⁴	5×10 ³

2.4 栄養成分量の算出

全ての条件の豆乳米ゲルについて、100g当たりの固形分、エネルギー、たんぱく質、脂質、炭水化物量を算出し、同程度の固形分を含む市販介護食品の栄養成分量と比較した。

3. 結果と考察

3.1 硬さ

各試料の硬さを図1に示した。

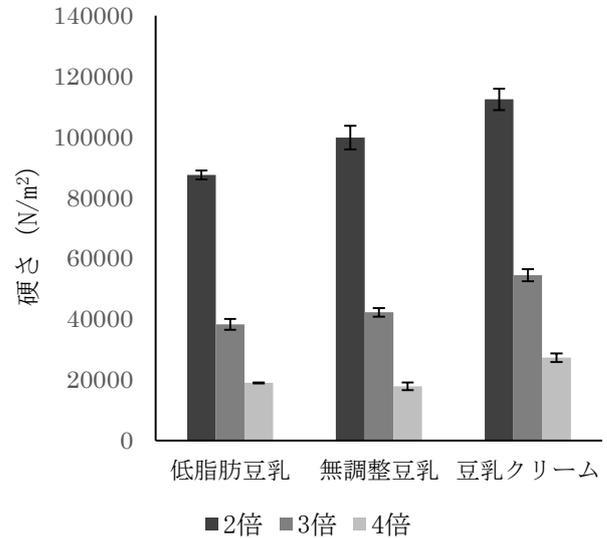


図1 豆乳米ゲルの硬さ

どの豆乳米ゲルにおいても豆乳の量が多くなるほどやわらかくなる傾向がみられた。また豆乳の量に関わらず、豆乳クリームで炊いた米ゲルが最も硬くなった。これは、豆乳クリームには低脂肪豆乳や無調整豆乳に比べて多くの脂質が含まれており、脂質が米ゲルの構造を保つためであると考えられる。

3.2 硬さの評価

2倍の時には、豆乳の種類に関わらずUDF規格の区分1の上限値を下回る数値を得た。3倍の時には、豆乳クリームで区分1、無調整豆乳と低脂肪豆乳で区分2の上限値を下回る数値を得た。4倍の時には、豆乳クリームで区分2、無調整豆乳と低脂肪豆乳では区分3の上限値を下回る数値を得た。これらの結果より、豆乳米ゲルは嚥下食品としての条件を満たしていると言える。

3.3 栄養成分量

豆乳を添加することで、米のみでは少量しか摂取できない、たんぱく質や脂質を添加することが出来た。特に、豆乳クリームを使用した豆乳米ゲルでは、脂質とエネルギーに関して、市販の介護食品と同程度の値を得ることが出来た。

4. まとめと今後の課題

豆乳の量が多いほどやわらかい米ゲルが得られるという結果は予想通りであったが、一方で、脂質の割合が高いほど硬くなる傾向が見られた。栄養成分量については、豆乳米ゲルへと加工することで、米のみでは十分に摂取することのできない栄養成分を添加し、栄養バランスの良い食素材を開発することが出来た。

本実験では硬さを基準に物性評価を行ったが、実際に市場に出すには、粘度・付着性・凝集性など他のパラメーターでの測定も必要だと考える。また、物性測定の結果が嚥下のしやすさと正確な相関関係があるのか、官能試験を行い明らかにする必要があると考える。

米ゲルと米粉によるグルテンフリーパンの開発及び特性解明

中野 明日香 (201721160)

修士論文指導教員：粉川 美踏、北村 豊

【諸言】

小麦やグルテンを使わずに新規需要米からパンを作ること、米の消費拡大につながり、かつグルテンアレルギーの人も食べることが可能になるというメリットがある。一方で、米粉パンには膨らみ、日持ち、価格などの問題があるため、新しい製パン方法の導入が必要であると考えた。そこで、本研究では米ゲルに着目した。米ゲルとは、高アミロース米を粒のまま炊飯、糊化させ高速せん断攪拌することによりできるゲル状の食素材である。小麦粉パンでは、小麦特有のタンパク質、グルテンがパンの膨化機構の要であるが、米のみから製造されるパンは、グルテン形成を伴わない。そのため、グルテンの代わりに米ゲルを使用した。本研究では、米ゲルと製パン時に添加する水分量を変えながら、異なる物性のパン生地を作製し、配合条件と米ゲル・生地の物性及び製パン特性との関係性を明らかにし評価することを目的とした。

【方法】

材料

米ゲルの米は高アミロース米であるモミロマン、米粉はこめの香福盛シトギ2号（グリコ栄養食品）を使用した。また、副材料として砂糖、塩、オリーブオイル、ドライイーストを用いた。加水量は全体の水分配合割合が80%、90%、100%となるパンを作製した。

表1 材料の配合割合

試料名	Hard(H)	Soft(S)
材料	配合割合(%)	
共通：米粉(70)・米ゲル中の米(30)		
米ゲル中の水	36	60
加水(80%)	44	20
加水(90%)	54	30
加水(100%)	64	40

米ゲル及びパン調製

米ゲルは浸漬したモミロマン（白米、玄米）を炊飯器(NP-ZB10 象印)で炊飯後、高速カッター(BLIXER-5Plus robot coupe)で攪拌して得た。作製した米ゲルと副材料を、ホームベーカリー(SD-BMT1001 Panasonic)を用いて「米粉パン（小麦なし）」モードで混合、焼成した。

物理特性の測定

焼成後、室温で一時間放冷し、菜種置換法により比容積を算出した。翌日に断面写真の撮影と硬さ測定をし、断面写真を用いて気泡

の解析も行った。また、製パン試験とは別に、米ゲルと生地の動的粘弾性も測定・評価した。

【結果と考察】

各パンの硬さと比容積を図1, 2に示した。

(異なるアルファベット間には有意差があることを示す。)

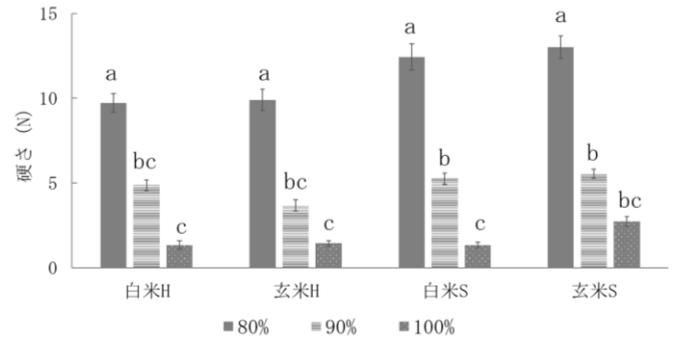


図1 各パンの硬さ

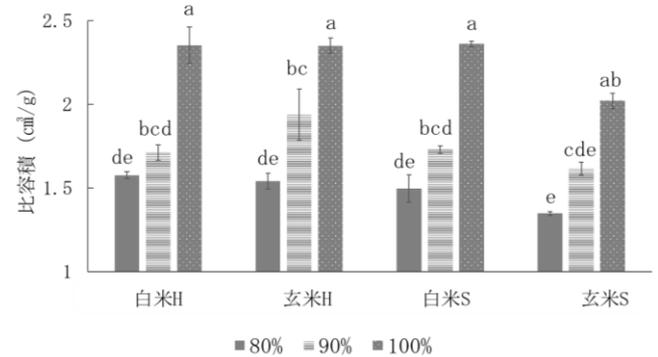


図2 各パンの比容積

米ゲルの物性は、調製時の水分量の違いと白米・玄米の違いによる影響がみられた。生地の動的粘弾性は発酵・焼成を想定した温度で測定したところ、白米ゲル添加生地と玄米ゲル添加生地の違いが確認できた。

しかし、製パン特性には米ゲルの種類で有意差はなく、全体の水分量が多くなるほど試料の硬さは小さくなり、比容積は大きくなる傾向がみられた。気泡解析では、全体の水分量が少ないパンほど気泡数は多く面積は小さく、円形に近い形であることがわかった。以上のことから水分量は製パンに大きな影響を与えていることが確認でき、加水量を変化させることで、パンの物性を制御することができることが明らかとなった。本研究の成果は、米ゲルを添加したグルテンフリー米粉パンの調製方法の確立に通じると考えられる。

電気インピーダンス測定を用いた熟成牛肉の非破壊分析法の検討

指導教員 粉川 美踏

副指導教員 北村 豊

大川 真里奈 (201510644)

1. 背景と目的

肉の軟化と風味の改良を目的として、わが国では牛肉に対して屠畜後に2~4℃で2~3週間程度の熟成を行うが¹⁾、熟成の進行度の評価は経験や勘に基づいて行われていることが多い。また、客観的な評価方法として成分検査、テクスチャー分析、保水性測定などの分析が行われているが、これらは時間および費用を要する破壊的な方法である。そこで、迅速、簡易、および非破壊的な牛肉の分析方法の一つとして、電気インピーダンス測定に着目した。

牛肉の熟成過程では筋原線維の脆弱化が起り、筋肉の電気抵抗が低下する。このとき、筋線維に対して垂直方向のインピーダンスが低下するが、筋線維に対して平行方向のインピーダンスには熟成に伴う変化は見られない²⁾。熟成に伴う絶縁構造の崩壊を利用し、これまでもインピーダンス測定による熟成牛肉の評価を目指す研究が行われてきた。

しかし、これまでのインピーダンス測定で用いられてきた電極には、対象の筋肉を損傷させてしまう突き刺し型が多かった²⁾。また先行研究では、電極と牛肉試料の接触度合いや筋線維の方向を目視で判断していたことが、測定値の誤差の原因となっていた。そこで本研究では、試料に軽く接触させるだけで計測が可能なプレート型電極を使用するとともに、電極に対する試料の位置を制御できる装置を構築し、より高精度かつ安定的に熟成牛肉の非破壊分析を行うことを目指した。

¹⁾飯田：日本調理科学会誌 50 (3)、85~95 (2017)

²⁾村本ら：日本畜産学会報 88 (3)、315~320 (2017)

2. 方法

2.1 測定装置

高さ、角度を制御可能な電動 Z 軸ステージ、回転ステージを組み合わせた。それぞれ、電極と試料の接触度合い、電極に対する試料の角度の調節に用いた。

2.2 測定方法の検討

試料として、熟成が進行していると考えられる交雑種サーロインを使用した。Z 軸ステージで電極と試料を 100 μm ずつ近づけながら LCR ハイテスタ (3532、日置電機) を用いてインピーダンスを測定した。定電圧は 1.0 V および測定周波数は 100 Hz とした。インピーダンスの減少が 50 Ω 以下になった直後の高さを保ちながら、回転ステージで試料を 15° 刻みで 180° 回転させ、各地点でのインピーダンスを測定した。定電圧は 1.0 V、測定周波数は 100 Hz、1000 Hz とした。

測定結果より試料表面の状態の影響が小さいと考えられた、筋線維方向に対して垂直方向と平行方向のインピーダンスの比(インピーダンス比と定義)を、熟成度合いの指標として用いることとした。

2.3 熟成牛肉の分析

試料として、乳用種サーロインを使用した。屠畜日を 0 日とし、熟成開始後 2 日、5 日、9 日、16 日に測定を行った。2.2 と同様の方法でインピーダンスを測定し、インピーダンス比を求めた。破壊的な分析方法の結果との比較のため、インピーダンス測定と同日に剪断力価、熟成ロス、加熱ロス、保水性の測定も行った。

3. 結果と考察

インピーダンス比を求めるため、回転ステージの角度差 90±15° でインピーダンス差が最大となる地点を探し、インピーダンス値が大きい地点を筋線維に対して垂直方向、小さい地点を平行方向と仮定してインピーダンス比を求めた。

図 1 に示すように、剪断力価は 5 日から 9 日にかけて有意に減少した。対して、インピーダンス比には熟成日数による有意差はみられなかったものの、9 日から 16 日にかけて減少する傾向がみられた。有意差はみられなかったが、熟成ロスは 5 日から 9 日にかけて増加、保水性は 2 日から 9 日にかけてわずかに減少した。熟成日数が同一の試料間で測定結果にばらつきがみられたが、同一部位内での位置による肉質の差や、インピーダンス測定時に試料表面が乾燥したことによる影響と考えられる。

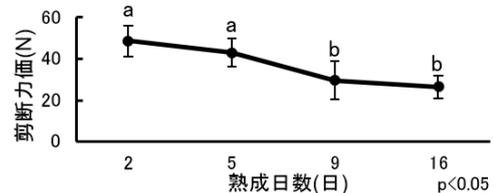


図 1 熟成日数と剪断力価の関係

剪断力価とインピーダンス比に相関はみられなかったが ($R^2=0.0107$)、剪断力価の高いものはインピーダンス比も高い傾向がみられた。図 2 に示すように、2 日から 9 日の保水性とインピーダンス比には負の相関がみられた。このことから、インピーダンス測定の結果より、筋線維の脆弱化の進行以前の保水性を推定できる可能性が示唆された。

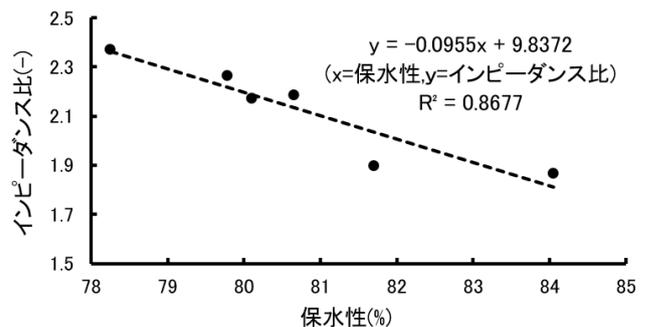


図 2 2 日~9 日の保水性とインピーダンス比の関係

ウンシュウミカン (*Citrus unshiu*) 全果の微細化・粉末化の特性

小野 綾美 (201721115) 修論指導教員：北村 豊, 粉川 美踏

1. 背景と目的

ウンシュウミカン果皮は、果肉以上に多くの機能性成分を含有するが、加工では除去される。先行研究において、果肉と繊維質の両方を原料にした際、市販のものよりも栄養成分に富む加工品を得られたと報告されている。そこで本研究では、果皮に含まれる機能性成分を摂取するため、ウンシュウミカン全果を原料にする加工法を考案した。本研究はウンシュウミカン全果を原料とした際の果汁および粉末加工の基礎的知見を得るため、微細化および粉末化特性の実験的解析を行なった。

2. 材料および方法

2.1 微細化

湿式石臼粉碎機 (Micro Wet Milling : MWM) を用いて、原料の供給流量を 10, 20, 30, 40 mL/min, 下臼の回転数を 20, 30, 40, 50 rpm に設定し、微細化を行なった。レーザー回折式粒度分布測定装置を用いて、得られた粉碎物 (スラリ) のメディアン径を測定した。

2.2 粉末化

スラリの総固形分率に占める賦形剤 (MD) の割合を 30, 40, 50, 60, 70 % に調整し噴霧乾燥機を用いて粉末を作製した。得られた粉末の収率, 含水率, ガラス転移温度, 密度, 溶解度, 総ポリフェノール量 (TPC) およびその保持率を算出した。

2.3 統計解析

統計ソフト R studio(version 1.0.143) を用いて、Tukey-Kramer 法による多重比較検定を行った。

3. 結果および考察

3.1 微細化特性

図 1 よりスラリの粒径と原料の供給流量には正の相関、下臼の回転数には負の相関のあることが分かった。原料の供給流量が 40 mL/min の際には供給口からスラリの溢れ出しが確認されたため、短い時間で安定して粒径の小さなスラリを作製できる条件として、原料の供給流量を

30 mL/min, 下臼の回転数を 50 rpm とすることが好ましいと考えた。

3.2 粉末化特性

MD の濃度が上昇するにつれて、粉末の含水率および TPC は減少し、収率, ガラス転移温度, 密度および溶解度は増加した。一方で、MD の濃度による TPC 保持率への影響は確認されなかった。また先行研究の値と比較して、スラリに含まれる TPC は多いことが明らかとなったが、粉末にした際の保持率は低かった。このことは、原料に含まれる脂質が乾燥特性を阻害したと考えられたため、乳化剤 (EP) を添加して噴霧乾燥を行なった。その結果、粉末の収率および TPC 保持率は MD の濃度に依存することが確認されたが (図 2), その値は依然として低かった。そのため、ウンシュウミカン全果の機能性成分を保持した粉末を作製するためには、噴霧乾燥操作条件や乳化剤を選定する必要があると考えられた。

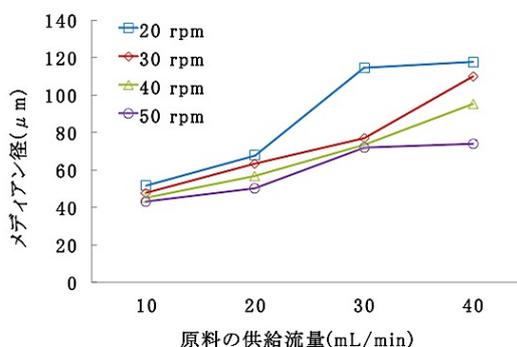


図 1 粉碎操作条件がスラリの粒径へ与える影響

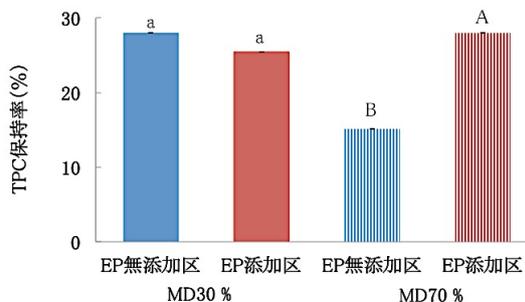


図 2 乳化操作による TPC 保持率への影響

蛍光指紋によるコーヒー未熟豆の選別

指導教員 北村 豊
粉川 美踏

高橋 怜 (201721149)

1. 背景と目的

コーヒーの未熟豆は、渋みや苦み、生臭さの原因となり、コーヒー飲料の品質低下を及ぼす。現在未熟豆は、色彩選別機やハンドピッキングによって除去されているが、正常豆との見分けがつきにくい。そのためこれらの手法は正確さに欠き、新たな選別方法の確立が必要である。そこで本研究では、コーヒー豆に多数の蛍光物質が含まれることに着目し、試料の蛍光特性を網羅的に計測できる蛍光指紋を用い、未熟豆の選別を行うことを目的とした。まずは、取得した蛍光指紋の解析により判別に寄与する波長を選定し、蛍光イメージングへの応用を検討した。さらに、判別に寄与する成分を推定し、それらの成分の定量を行った。

2. 試料と方法

試料は、ブラジル産とコロンビア産のアラビカ種コーヒー生豆正常豆各2種類、未熟豆各1種類とした。

(1) 蛍光指紋計測

試料をマルチビーズジョッカー (MB1001、安井器械株) を用いて粉碎し、分光蛍光光度計 (F-7000、日立ハイテクサイエンス) で蛍光指紋計測を行った。得られた蛍光指紋データから正常豆と未熟豆を判別する PLS 判別モデルを作成し、各変数のモデルへの寄与率を示す Selectivity Ratio (以下、SR) を算出した。SR より、未熟豆判別への寄与率が高い励起波長 (以下、Ex)、蛍光波長 (以下、Em) の組み合わせを複数選定し、さらにその波長条件に対応する成分を文献や標準品のスペクトルをもとに推定した。

(2) 蛍光イメージング

キセノン光源、バンドパスフィルタ、モノクロ CCD カメラからなるイメージング装置を用い、選定した波長条件でコーヒー豆の蛍光画像を取得した。得られた蛍光画像を線形判別分析に供し、回帰係数に基づいて 11 波長条件の蛍光画像の画像間演算を行った。その後、正常豆と未熟豆の判別精度の検証を行った。

(3) コーヒー生豆の成分分析

判別に寄与する波長に対応する成分について、各コーヒー豆サンプルに含まれる量を化学分析により調べた。

3. 結果と考察

(1) 蛍光指紋計測

得られた蛍光指紋の等高線図を図 1 に示した。Ex 300~450 nm/Em 400~500 nm、Ex 380~430 nm/Em 650~700 nm 付近にふたつの大きなピークが観察でき、後者のピーク強度に関しては、ブラジル産>コロンビア産、未熟豆>正常豆であった。SR から選定した判別に寄与する波長条件は計 11 個であり、それらに対応する成分を推定した結果を表 1 に示した。

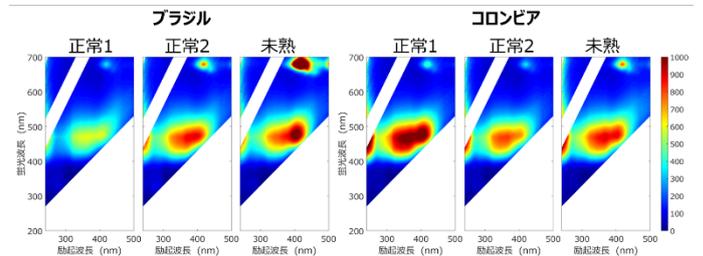


図 1 各サンプルの蛍光指紋等高線図

表 1 SR より選定した波長条件と推定した成分

	励起波長 (nm)	蛍光波長 (nm)	寄与すると推定した成分
1	270	370	カフェイン
2	320	370	
3	330	430	クロロゲン酸
4	390	420	
5	410	520	リボフラビン・ケルセチン
6	410	580	
7	410	640	クロロフィル
8	410	660	
9	460	660	
10	480	650	
11	500	660	

(2) 蛍光イメージング

両産地を同時に判別分析に供した際は、ブラジル産正常豆とコロンビア産未熟豆の誤判別が多く、全体の誤判別率 (バリデーション) は 21.5% であった。続いて、産地別に判別分析を行ったところ、ブラジル産全体の誤判別率 (バリデーション) は 5.0%、コロンビア産全体の誤判別率 (バリデーション) は 10.3% と精度が向上した。これより、ブラジル産とコロンビア産のコーヒー生豆の特徴に違いがあることが示唆され、その一つに精選方法の違いによる含有成分への影響があると考えられた。

(3) コーヒー生豆成分の化学分析

表 1 に示す 5 つの成分が、判別に寄与していると推定した。カフェイン、クロロゲン酸、リボフラビン、ケルセチンは高速液体クロマトグラフィー (株島津製作所) にて定量し、クロロフィルは吸光度を測定したのちに Machachlan 式に代入して算出した。化学分析の結果、正常豆と未熟豆に差異が見られたのは、カフェイン、リボフラビン、クロロフィルであり、3 成分ともに未熟豆で有意に含量が高かった。

4. まとめ

本研究より、蛍光指紋によるコーヒー未熟豆選別の可能性が示唆され、さらに蛍光イメージングと組み合わせることで、実用的な選別方法の確立が可能であることがわかった。今後は、精度の向上や他の様々な産地に対する応用がなされることを期待する。

水挽玄米の添加による氷菓の物性改善

指導教員 北村豊・粉川美踏

高橋朋也 (201510680)

1. 背景と目的

アイスクリーム類の消費量は近年増加傾向にあり、特に夏場の消費が大きい。その喫食時の問題の一つに、融けて垂れ流れることが挙げられる。これに対して、食物繊維やデンプンを添加すると、その構造内に水が保持され、氷結晶が融解しても、水が流出するのを防ぐと言われている。その例として、サーレップ（植物塊茎）を添加したトルコアイスがよく知られている。一方、アイスクリーム類の中でも特に氷菓には、多くの糖類が含まれており、安定剤の添加なしでは糖類の凍結濃縮による喫食時官能性への影響が懸念される。そこで本研究では、融解や凍結濃縮の起こりやすいとされる氷菓を対象とし、食品添加物である安定剤に代わるデンプンによる物性改善効果の可能性について明らかにする。

2. 材料と方法

2.1. 水挽玄米の作製

国内の身近なデンプン質の一つにコメが挙げられる。そこで茨城県産玄米ミルキークィーン（平成30年度産）、マンゲツモチ（平成29年度産）を原料として、石臼を用いた湿式粉碎を行い、混合容易なコメデンプンの液状食材である水挽玄米を得た。その後、玄米乾燥物量の割合が0（control）、1、4、7、10、13 wt%となるように加水した。

2.2. 氷菓ミクス・氷菓の作製

水挽玄米に対して25wt%となるようにショ糖（上白糖）を加え、玄米・ショ糖溶液（以下、氷菓ミクス）とした。それらを87-90°Cの水槽で攪拌しながら湯煎し、中心部が80°Cに達してから5分後に取り出した。すばやい水冷（30°C以下）の後、冷蔵庫で5°C以下まで冷却した氷菓ミクスをプラスチック製の蓋付き製氷皿（4-4.5cm×2-2.5cm×2.5cm）に充填し、-60°Cの冷凍庫で凍結させ氷菓を得て、24時間以上保持した。

2.3. 測定方法

氷菓ミクス（5°C）の粘度をB型粘度計（DV-E、LVタイプ、BROOKFIELD）により測定した。

氷菓の融解特性は、既往の研究報告に倣った融解試験により測定した。すなわち製氷皿ごと1分間冷水に浸してから、氷菓を取り出し、ポリエチレン網ふるい（線径545 μm、目開き3083 μm）に載せて既往の研究報告に倣い融解試験を行った。滴下始めの時間および、融解量5分毎に記録した。その後、滴下開始時間及び30分累積滴下量を求めた。また、融解直後および、10g、20gが融けた時点で約0.5gのサンプルを取り、それぞれのBrix値を糖度計（PAL-BX/ACID3、ATAGO）により測定した。

3. 結果と考察

3.1. 氷菓ミクスの流動特性

表1にショ糖溶液の見かけの粘度を示した。玄米割合が高くなると急激に粘度が高まった。これはデンプンの糊化にお

いて、デンプン量が多いほどアミロースやアミロペクチンがより複雑に絡み合うことによると考えられる。また同じ玄米割合では、うるち米の方がもち米よりも粘度が高かった。これは玄米に内在するデンプン分解酵素の作用の粘度への影響がもち米の方が現れやすいためであると考えられる。一方、ショ糖の添加は氷菓ミクスの粘度増加に大きな影響を与えなかった。

3.2. 氷菓の融解特性

図1に玄米割合が4%及び10%の氷菓の融解曲線（縦軸は融解量の融解前量に対する割合）を示した。融解曲線から玄米割合が増加するに従って、氷菓の滴下開始時間は遅くなる一方、その後の滴下速度は次第に大きくなることがわかった。これは氷菓が融け落ちない間にも氷の融解は進むものの、粘度が高いために滴下するまでに時間がかかることによると考察される。また、うるち米の方がもち米よりも滴下開始時間は遅くなり、30分累積滴下量は小さかった。これはうるち米ミクスの方が粘度が高いことに加えて、付着性も大きく、もち米と比べてふるいに付着しやすかったことによると考えられる。

3.3 Brix値の変化

また、Brix値の比較（データは示していない）により、玄米割合が7%以上の試料ではデンプンがショ糖を抱え込みながら融解していることが推察された。

4. まとめ

天然の食素材である水挽玄米の添加量を調整することで、氷菓が融けて垂れ流れるのを遅らせ、糖類の凍結濃縮を防ぎ、味の偏りなく氷菓を食べる可能性が示された。

表1. 氷菓ミクスの見かけの粘度

		粘度 (mPas)				
玄米割合 (%)		1	4	7	10	13
うるち無糖	測定範囲外		72	1.8×10^3	2.1×10^4	測定範囲外
うるち加糖		30	1.6×10^3	1.7×10^4		
もち無糖		41	4.8×10^2	2.8×10^3	1.0×10^4	
もち加糖		86	6.5×10^2	2.4×10^3	8.9×10^3	

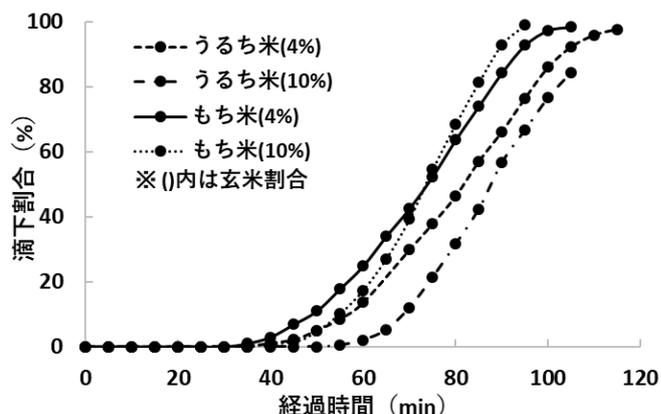


図1. 氷菓の融解曲線の比較