

1. 背景と目的

りんごは日本で広く食されている食品であり、貯蔵により味、香り、「硬さ」が変化する。りんごに限らず、食品におけるおいしさは化学的性質である味や香りだけでなく、物理的性質である食感や「硬さ」も重要であると言われている¹⁾。しかし現在、食感や硬さを計測する手法は、計測に破壊的操作を有することや時間を要するなど様々な問題を抱えている。

そこで、果実の硬さを非破壊・迅速に計測する手法として、レーザー散乱に注目した。レーザー散乱は非破壊的に試料の微細構造や硬さを推定する光学的手法である。レーザー散乱はりんご果実の微細構造に影響を受けることが明らかになっており²⁾、同様に硬さが果実の微細構造の影響を受けることも明らかになっている³⁾。これらを踏まえ、レーザー散乱から硬さを推定できるのではないかと考えた。

本研究では、貯蔵中におけるレーザー散乱と硬さの関係について調査し、レーザー散乱を用いたりんご果実の硬さ推定モデルを作成することを目的とする。

2. 材料と方法

材料

外的損傷がない「さんふじ」をスーパーマーケットにて購入した。微細構造の違いを明確にするために、恒温機で25℃、7週間貯蔵し、りんごを1週間ごと測定した。また、購入日のりんごも測定した。それぞれの測定では5個のりんごを用いた。

レーザー散乱計測と画像解析

レーザー散乱の測定箇所として、りんごの最大外周から等間隔で選出した4点を選んだ。各点に可視光レーザー(635nm)を照射し、その様子をCCDカメラ(Orca R2、浜松ホトニクス)で撮影した。また、散乱の挙動を詳細に撮影するため、カメラの露光時間を1msから3162msで、8通りに設定した。

各露光時間で取得した画像から照射範囲内の輝度値を求め、得られた輝度値に露光時間の逆数を乗ずることで、各露光時間の輝度値を規格化した後に、その輝度値の平均値を求めた。最終的に、照射点からの距離と平均輝度値の分布の関係を示す輝度プロファイルを作成した。

硬さ測定

硬さ測定は、レーザー散乱の際に記した4点に対して、果実硬度計(KM-5型、(株)藤原製作所)を用いて、各照射点付近を9回測定し、その平均値を硬さの代表値とした。

硬さ推定モデル構築

輝度プロファイルから近似曲線の係数、輝度の変化率を取得し、それを説明変数、硬さを目的変数とした重回帰分析を行った。

3. 結果と考察

貯蔵期間が増えるにつれ、硬さは低下していった。7週間貯蔵サンプルは硬さのばらつきが大きく、その原因として、表面にしわが発生したことが考えられる。しわはりんご表面にまばらに発生しており、しわが発生した部位の硬さは同サンプル平均値よりも低下していた。有意差検定(Tukey、有意水準1%)の結果、3週間貯蔵と4週間貯蔵の硬さには有意差が見られなかったものの、その他の区間では有意差が見られた。

0から6週間貯蔵の試料を用いた硬さ推定モデル(6週間モデル)、および7週間目の試料も加えたモデル(7週間モデル)を比較した結果、7週間モデルでは精度が低下することがわかった。7週間モデルの精度が6週間モデルよりも低下した原因も上述の通り、サンプルに発生したしわだと考えられる。実際に7週間目のりんごの撮影画像を確認したところ、いくつかの画像にしわが鮮明に表れており、しわがレーザー散乱計測と硬さ計測へ影響を及ぼした可能性が示唆された。

また、6週間、7週間モデルそれぞれの実測値と推定値の相関係数は0.7~0.8、誤差平均(RMSE)は0.8~1.2(N)であった。この誤差平均は人間の口腔感覚で判別できる差よりも小さいと考えられ⁴⁾、レーザー散乱を用いることによって高い精度でりんごの硬さを推定できることが示された。

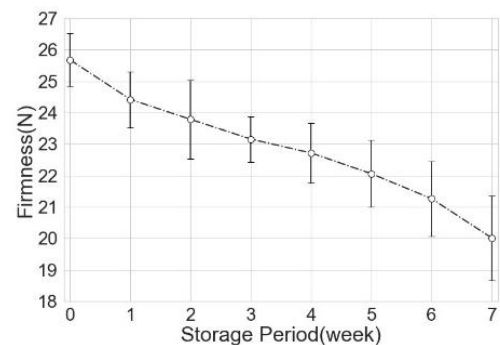


図1. 硬さの比較(各区分で $n=180$)

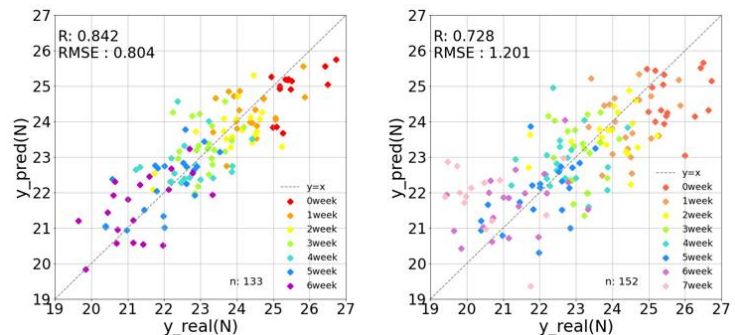


図2. 硬さ推定の精度

左図：6週間貯蔵までのサンプルで作成したモデル

(6週間モデル)の実測値と予測値

右図：7週間貯蔵までのサンプルで作成したモデル

(7週間モデル)の実測値と予測値

4. 参考文献

- 1) K.Kamiyama(2009)“テクスチャー解析によるおいしさの評価”
- 2) Zi Wang et al. (2020) “Microstructure affects light scattering in apple”
- 3) T.Nishizu (2020) “音響による食品物性評価法”
- 4) N.Masumoto et al. (2018) “Crispness Index(CI)と最大荷重によるカキ果肉部の物性評価”

ダイズの粉砕・加水が納豆菌発酵に与える影響

指導教員 北村豊・粉川美踏

金丸 開皇 (201913516)

1. 背景と目的

納豆菌はダイズの発酵の過程でビタミンK2、ナットウキナーゼ(NK)など多くの機能性成分を生産する。特にNKは納豆菌の発酵でしか得られない独自の酵素であり、脳梗塞や心筋梗塞の原因となる血栓を溶解する効果がある。ここでは、様々な条件で粉砕・加水したダイズの納豆菌による発酵特性を明らかにして、機能性食素材の生産をめざしたNK増産の可能性を明らかにする。

2. 材料と方法

2-1. 試料の作製

定法に従ってダイズを浸漬・蒸煮後、納豆菌胞子を噴霧した。粉砕・加水する試料は表1に示す8通りを作成した。粉砕は粉砕機(Hamilton Beach製)で行った。

表1. 試料の粉砕・加水のパターン

試料	粉砕時期 (発酵の)	加水 (wt 比) (吸水ダイズ: 水)	粉砕時間 (s)
A	後	なし	30
B	後	1:1	30
C	前	なし	30
D	前	なし	60
E	前	1:0.5	30
F	前	1:0.5	60
G	前	1:1	30
H	前	1:1	60

2-3. 生菌数測定

納豆試験法に準じて希釈平板塗抹法で行った。

2-4. pH測定

熟成が完了した日を1日目とし、1、3、7、14日目の試料のpHを納豆試験法に準じて測定した。

2-5. NK活性測定

試料20gを生理食塩水100mlに抽出した溶液を作成し、フィブリン分解法を用いて測定した。

3. 結果と考察

3-1. ダイズの粉砕特性

粉砕後の粒度を図1に示す。粉砕前のダイズの粒径は約1cmだったが、粉砕により細かい粒となり、見かけ表面積は大きくなった。また、粉砕時間を長くすることで、さらに細かい粒が増え、4mm以下の粒度が約15%増加した。

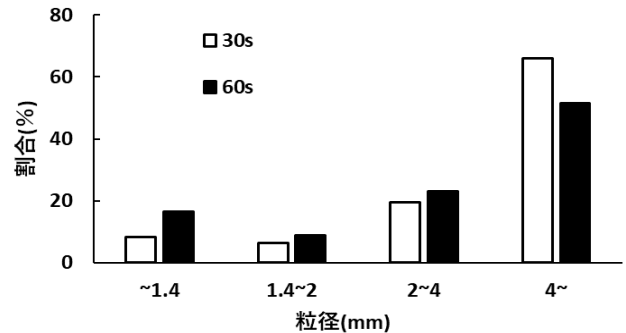


図1. 粉砕後の粒度分布

3-2. 生菌数

すべての試料の菌数が約 10^9 CFU/gであり、粉砕による菌数の増加は見られなかった。

3-3. NK活性

すべての試料のNK活性を図2に示す。加水した試料の活性が加水していないものより大きい傾向が見られた。菌数には変化が見られなかったことから、加水が、菌の増殖ではなくNK生産の代謝に影響を与える可能性があると考えられる。また、1:0.5の加水では加水なしとの差が見られなかったことから、代謝の促進には十分な加水が必要であると考えられる。

3-4. pH

加水していない試料は7日目から14日目にかけてpHが低下した。これに対し、加水した試料は測定期間中、pHの変化は見られなかった。加水することにより通常の酸敗物質に加え、アンモニアなどのアルカリ性物質が産生された可能性が考えられる。

4. 今後の課題

未測定機能性成分・腐敗成分の測定により、粉砕・加水が納豆菌による粉砕ダイズの発酵に与える影響についてのさらなる解析を行う。

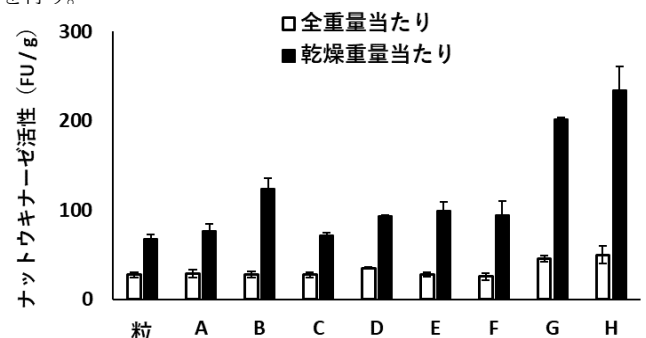


図2. NK活性

アルファ米の粒径が米飯への復元に及ぼす影響

指導教員 北村 豊

粉川美路

絹笠真子 (201710663)

1. 背景と目的

日本において災害食の需要は近年増加傾向にある。災害食の中でも、水や湯などを用いて簡便に調理することができ、長期保存が可能な食品の需要が高い。その条件を満たす食材にアルファ米が挙げられる。

アルファ米は水または熱水を加えると吸水して米飯に復元する。この吸水や復元にはアルファ米の粒径や添加する水の温度が影響を及ぼしていると考えられるが、科学的な調査研究は十分に行われていない。

本研究では、アルファ米の粒径が復元に及ぼす影響を明らかにし、アルファ米加工生産のための基礎資料を得ることを目的とした。

3. 材料と方法

1) 試料

うるちアルファ米(尾西食品)と精白米ゆめおぼこを用いた。

2) 吸水試験

篩い分けにより得られた5つの粒径すなわち $1\text{ mm} < dp \leq 2\text{ mm}$, $2\text{ mm} < dp \leq 2.8\text{ mm}$, $2.8\text{ mm} < dp \leq 4\text{ mm}$, $4\text{ mm} < dp \leq 4.76\text{ mm}$, $4.76\text{ mm} < dp$ の試料を使用した。これを5gアルミ容器に入れ、水温約25℃の常温水または $96 \pm 2^\circ\text{C}$ の熱水10 mLを加え25℃の恒温機で浸漬した。浸漬時間は復元に必要とされる常温水では60分、熱水では15分以上とした。

浸漬前のアルファ米試料の湿量基準含水率(M_w , %)を赤外線水分計(FD-720)で測定した。式(1)から浸漬後の M_w を算出した。

$$M_{wi} = \frac{W_{wi} - (W_{w0} - W_{w0} \times M_{w0})}{W_{wi}} \times 100 \quad \dots (1)$$

W_{wi} : i 分吸水後の試料の質量(g) W_{w0} : 吸水前のアルファ米の質量(g)

M_{w0} : 吸水前のアルファ米の含水率(%)

トゥーキー検定を行い、定常到達時間を決定した。

3) テクスチャー試験

粒径の異なる試料をそれぞれ容器に入れ、復元に必要とされるアルファ米重量比1.6倍の常温水または熱水を加え、25℃の恒温器で浸漬した。浸漬時間は常温水では復元に必要とされる60分、熱水では15分とし、加えて常温水では吸水試験の結果で得られた定常到達時間での実験も行った。テクスチャーアナライザーを用いて圧縮速度10 mm/sec、圧縮率75%で定速2回圧縮測定を行い硬さ、付着性、凝集性を算出した。

4. 結果と考察

Fig. 1 に常温水復元時の粒径の異なる試料の含水率変化を示した。粒径が小さい試料ほど初期の吸水速度が大きく、定常(図の矢印)に達するまでの時間が短かった。定常以降の M_w の平均値、すなわち飽和含水率は67.5%だった。一方、一般的な炊飯米の M_w は64.9%であった。このことから、アルファ米復元を常温水で行う場合は加水量を節減できると考えられる。

一方、熱水復元時(図は示さない)では、常温水復元時と比べて初期の吸水速度が大きかった。 $1\text{ mm} < dp \leq 2\text{ mm}$ の試料は4分で定常に達したが、他の粒径の試料は20分で定常に達しなかった。加えて、アルファ米製品の熱水復元に必要とされる15分の吸水では、一般的な炊飯米の M_w である64.9%に $1\text{ mm} < dp \leq 2\text{ mm}$ を除いて達しなかった。このことから、アルファ米製品の熱水復元には含水率以外の要因が関係していると考えられる。

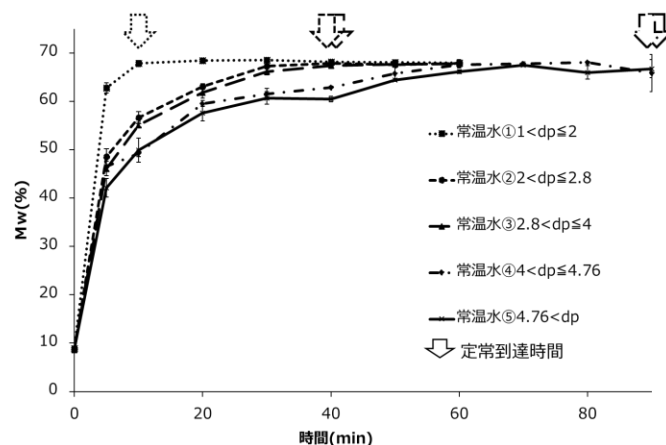


Fig.1 常温水実験時の粒径の異なるアルファ米の M_w 変化 $n=3$

Fig. 2 に常温水復元時の試料の硬さを粒径毎に示した。 $1 < dp \leq 2$ の試料は炊飯米との有意に差があったが、 $2\text{ mm} < dp \leq 2.8\text{ mm}$, $2.8\text{ mm} < dp \leq 4\text{ mm}$, $4\text{ mm} < dp \leq 4.76\text{ mm}$, $4.76\text{ mm} < dp$ の試料では炊飯米と有意に差がなかった。また、炊飯米と様々な粒径が混合したアルファ米製品には有意差があった($p < 0.05$)。また、 $1 < dp \leq 2$ の試料は他の粒径の試料全てと有意差があった。同様に熱水復元時も $1 < dp \leq 2$ の試料は他の粒径の試料全てと有意差があった。これは、粒径が小さいと表面積が大きくなるため吸水が行われやすくなり、膨潤が十分に行われることが原因だと考えられる。また、粒径が小さいため、密度が大きくなることも原因だと考えられる。言い換えれば、 $1 < dp \leq 2$ の試料を製品から取り除けば、アルファ米製品の硬さを炊飯米に近づけられると推察した。

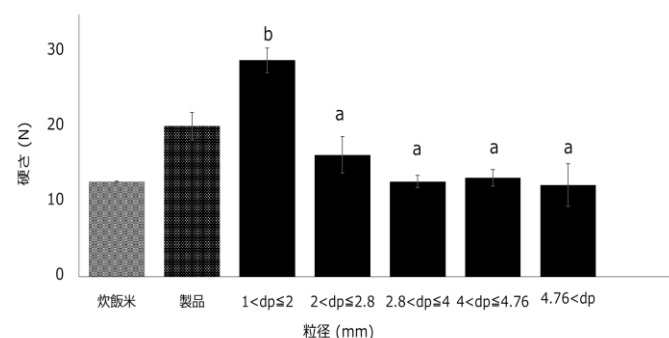


Fig.1 常温水実験時の粒径の異なるアルファ米の硬さ $n=3$

植木 祐佳(201710636)

1. 背景

アルファ米について、その原料である精白米は、経年によりその品質が低下することが報告されている。しかし、アルファ米の製造後の経年変化がその吸水・復元に与える影響の報告は少ない。

本研究では、アルファ米の経年変化による吸水・復元特性の影響について実験的に明らかにし、アルファ米の生産や貯蔵のための基礎資料を得ることを目的とする。

2. 材料と方法

2-1 材料

アルファ米の賞味期限は5年とされている。そこで①製造直後、②製造から2年経過、③製造から6年経過、の3つの経年の異なるアルファ米（尾西食品）を使用した。

2-2 吸水用試料の調製

試料のふるい分けを行い、4-2.8mm、2.8-2mmの粒径のものをそれぞれ約1g、合計約2gになるよう試料を調整した。これにより、粒径のばらつきによる吸水差を無視でき、経年の影響のみを観察できると考えた。

2-3 吸水方法

水温約25℃の水道水を用い、試料を60分まで吸水させた。吸水させる際は、恒温器を用いて吸水中の温度変化の影響を受けないようにした。一方、熱水の場合は水道水を沸騰するまで加熱し、15分まで試料を吸水させた。この際、恒温器を用いて25℃の環境に設定した。

2-4 吸水率測定

吸水前のアルファ米の水分を赤外線水分計(FD-720)で計測した。吸水率を(1)の式で求めた。

$$\text{吸水率}(\%) =$$

$$\frac{\text{吸水後米量}(g) - (\text{吸水前米量}(g) - \text{吸水前水分}(g))}{\text{吸水後米量}(g)} \times 100 \quad (1)$$

2-5 物性測定

水温25℃で60分吸水させた試料と熱水で15分吸水させた試料をテクスチャーアナライザー(EZ Test,

Shimazu)を用いて圧縮試験を行い、硬さ、付着性、凝集性を算出した。サンプルはリングを用いて集団粒法を行った。

3. 結果と考察

図1に経年の異なるアルファ米を熱水で吸水させたときの吸水率の経時変化を示す。これより、水吸水(データは示していない)より熱水吸水の方がアルファ米製品の吸水完了時間まで吸水させたときの水分率が12ポイント低かった。3つのサンプルを比較して30分以降は水分率に差が見られなかった。このことから、精白米等に見られる古米化現象による吸水の悪化はアルファ米には生じないと考えられる。

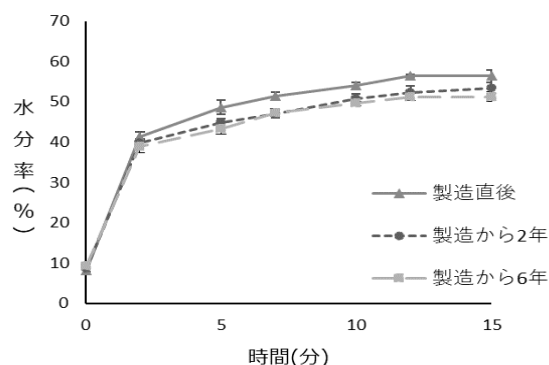


図1.熱水吸水の水分率経時変化

図2に水吸水と熱水吸水の硬さを示す。同じ製造年で比較したところ、どの製造年においても水吸水の方が硬かった。また、水吸水と熱水吸水のどちらにおいても経年において硬さに差がなかった。復元時の温度が低いほうが吸水完了時の硬さが大きくなると言える。

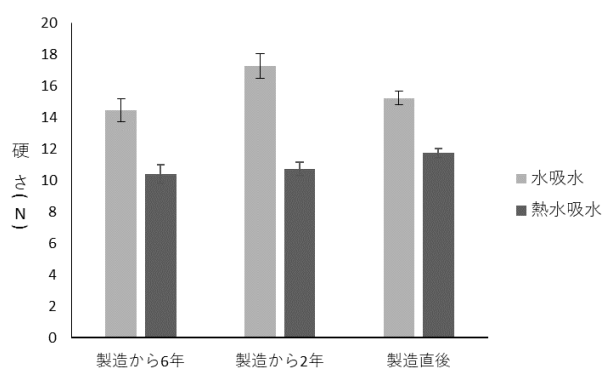


図2.水吸水と熱水吸水の硬さ

Effect of Roasting and Wet-Milling on Physicochemical Properties of Brown Rice

(焙煎処理及び湿式粉碎が玄米の物理化学的特性に及ぼす影響)

福井 美帆 (201921155)

指導教員：北村 豊・粉川 美踏

1. Background and Objectives

Rice has long been the main staple of the traditional diet especially in Asian countries including Japan and Taiwan, however, its consumption continues to decline in both countries because of changing lifestyle, e.g., diversification of eating habit, busier lifestyle and others. As a result, people refrain from eating rice in cooked grain form because it is kind of time-consuming. To alleviate this trend, Therefore, Japanese government has been promoting to develop new rice-based foods. Rice slurry is newly developed rice based food material which can overcome defects of rice flour, e.g., high production cost, easily forming lumps, wasting water and loss of nutrients.

Brown rice is healthier and more nutritious because it contains outer layers which is rich in fibers and bioactive compounds. Despite such nutritious properties, its flavor, long cooking time, and short shelf life do not meet consumers' requirements. Roasting has been used to improve flavor and to extend shelf life of cereal products.

In this study, towards development of new brown rice (BR) food material, i.e., roasted BR slurry, effects of roasting and micro wet milling (MWM) on physicochemical properties of BR were analyzed. This research was carried out in three parts: 1) effects of roasting and screening of roasting levels; 2) effects of roasting & MWM on processing suitability; 3) effects of roasting & MWM on functionality.

2. Material and Method

2.1. Effects of roasting on BR powders

Materials: Taitung No.30, nonwaxy; Taikeng Glutinous No.3, waxy. Roasted at 180°C for 0, 20, 30, and 40 minutes (i.e., Raw, Light, Medium, and Dark, respectively), ground into powder and storage at -18°C.

Degradability: moisture content (MC), water activity (a_w), acid value (AV), and DPPH antioxidant activity were analyzed during 4 weeks of storage.

Processing suitability: Pasting properties (Rapid Visco Analyzer), and thermal properties (Differential Scanning Calorimeter) were analyzed.

2.2. Effects of roasting & MWM on processing suitability of BR slurry

Materials: same as 3.1. Raw and Dark roast BR was

tempered to MC 17%, followed by MWM into slurry.

Processing suitability: same as 2.1. and morphology

Frozen storage stability: frozen storage (-18°C) for

4 weeks and measured the syneresis rate at each week.

2.3. Effects of roasting & MWM on functionality of BR slurry

Materials: Koshihikari, nonwaxy; Koganemochi, waxy.

Raw and Dark roast BR was tempered to MC 17%, followed by MWM into slurry.

Physicochemical functionality: particle size, texture profile, freeze-thaw stability.

Phytochemical functionality: total polyphenol contents (TPC), antioxidant activity (DPPH and FRAP) assay

3. Result and Discussion

3.1. Effects of roasting and screening of roasting level

Degradability improved upon roasting with decreased MC, a_w , and AV, increased antioxidant activity. Processing stability improved with lower breakdown and setback viscosity. Dark roasted sample showed the best properties and selected as an optimal roasting level for following MWM processing.

3.2. Processing suitability of roasted BR slurry

Processing suitability: roasted BR slurries showed better processing stability with lower setback and breakdown.

Frozen storage stability: syneresis rate decreased in roasted BR slurry.

3.3. Functionality of roasted BR slurry

Physicochemical functionality: harder texture and improved freeze-thaw stability were obtained in roasted BR slurry.

Phytochemical functionality: TPC and antioxidant activity were higher in roasted BR slurries.

4. Conclusion

Roasted and wet-milled BR slurry may have potential as a good food material to improve the functionality, pleasant aroma, and to adjust food texture with higher processing & storage stability. This study provides valuable guidance for further quality improvements and development of new BR based food materials.

アーモンドの石臼粉碎とそのペースト貯蔵の特性解明

飯田加南子 (201921083) 指導教員：北村豊・粉川美踏

1. 背景と目的

アーモンド (*Prunus dulcis*) は、豊富な不飽和脂肪酸、食物繊維、ビタミン E を有する。また、アーモンドの種皮を中心に、抗酸化能を有するフラボノイド類などのポリフェノールが含まれる (Benavente-Garcia et al., 1997; Vuorela et al., 2005)。本研究ではこの栄養機能を活かすためにペースト化に着目した。ペースト化の利点は、①未粉碎より消化吸収性に優れる (Chen & Blumberg, 2008) ②アーモンドパウダーのように脱脂工程における栄養の損失がない③パウダーより他の素材との混合が容易であることが挙げられる。現在のアーモンドペースト加工には、①高品質ペーストの製造には凍結粉碎法が用いられているがコストが高い (特許情報) ②空気の巻き込みによる油脂の酸化劣化 (山本寿ら、2007) ③機械熱による抗酸化成分の損失という問題点がある。そこで、本研究では石臼粉碎に着目した。石臼粉碎は凍結粉碎より低コストの可能性があり、油脂酸化抑制の可能性がある (山本寿ら、2007) しかし、石臼によるペースト化の研究資料は無く、製造コスト、ペーストの物性・保存性が不明である。そこで、本研究の目的を、石臼粉碎でアーモンドペーストを試作し、粉碎特性や貯蔵中の品質の変化を解明することとした。

2. 材料および方法

ローストあり・なし、種皮あり・なしの 4 種のアーモンドダイス (アメリカ産) を

石臼粉碎でペースト化した。このアーモンドペーストの品質に関わる、製造コスト、粒度分布 (レーザー回折式)、微細構造 (走査型電子顕微鏡)、テクスチャ (テクスチャアナライザ)、油脂劣化 (過酸化価・酸価)、総ポリフェノール量 (Folin-ciocalteu 法)、抗酸化能 (FRAP) を測定した。

次に、石臼粉碎ペーストを真空・遮光包装して、冷凍 (-20℃)、冷蔵 (5℃)、常温 (25℃) で貯蔵した。貯蔵した試料は、1、2、3、6 週間でそれぞれテクスチャ、油脂劣化、総ポリフェノール量、抗酸化能を測定した。

3. 結果

従来法や市販品と比較して石臼粉碎によるペースト化はコストを抑えられることが明らかになった。また、ローストのペーストの方が生のペーストよりなめらかになった。石臼粉碎による油脂劣化、抗酸化能の損失はなかった。

ペーストの貯蔵特性としては、冷凍・冷蔵・常温のいずれも 6 週間貯蔵で顕著な色変化はなかった。冷凍・冷蔵・常温のいずれも 6 週間貯蔵で油脂劣化は規格基準の範囲で安全性に問題はなかった。このことから、冷凍・冷蔵・常温のいずれでも 6 週間の貯蔵が可能であるが、油脂劣化が最も少ないのは冷凍保存であることが明らかになった。

大豆製品を用いた米ゲルの嚙下食品向け素材開発

指導教員 北村豊・粉川美踏

黒田 貴恵 (201921106)

1. 背景と目的

我が国では急速に高齢化が進展し、後期高齢者が陥りやすい「低栄養」や「嚥下障害」の問題がさらに重要視されている。そのため、今後我が国では嚥下食品の重要性が高まっていくことが予想される。しかし、嚥下食品は物性の類似性による飽きやすさや、物性を調整する際の加水工程での低栄養化等の課題を抱えている。

そこで本研究では、物性制御が可能な高アミロース米粉と、良質なタンパク質および脂質を豊富に含む大豆製品に着目し、これらを混合することによって誤嚥しにくく、かつ栄養価の高い嚥下食品向け素材を開発することを目的とした。

2. 材料と方法

(1) 材料

実験材料として、高アミロース米（品種：モミロマン）を米の5倍量の水で炊飯し、3000 rpmで3分間剪断攪拌したゲル、大豆中のタンパク質分を抽出した分離大豆タンパク質（不二製油(株)）、大豆中の脂質分を濃縮させて精製した豆乳のクリーム（不二製油(株)）を用いた。

(2) 混合試料の作製

米ゲル+大豆タンパク質の混合

全体量の 0, 2, 4, 6, 8, 10 % の大豆タンパク質を米ゲルに添加し試料を作製した。ボール中に米ゲルと大豆タンパク質を投入し、キッチンエイド（株式会社エフ・エム・アイ、KSM5IB）で 700 rpm、4 分間攪拌し各試料を得た。

米ゲル+豆乳クリームの混合

全体量の 0, 33, 50, 67 %の豆乳クリーム(ホイップ状)を米ゲルに添加し試料を作製した。攪拌方法は上記と同様。

米ゲル+大豆タンパク質+豆乳クリームの混合

大豆タンパク質添加率が米ゲル中の 4 %、8 %、10 % の 3 種類、豆乳クリームの添加率が全体の 33 %、50 %、67 % の計 9 種類の配合割合を設定した。また試料の混合順序にも注目し、同様の配合割合で、米ゲルと大豆タンパク質を先に混合し豆乳クリームを加えたもの、または豆乳クリームに大豆タンパク質を先に混合し米ゲルを加えたものでテクスチャー変化に差が出るかを調べた。

(3) 測定方法

物性はテクスチャーアナライザー (EZ Test, Shimadzu) を用い、硬さ、付着性を測定した。気泡含量としてオーバーランを以下の式から算出した。

オーバーラン (%)

$$= \left[(\text{一定容積の攪拌前重量}) - (\text{同容積の攪拌後重量}) \right] \div (\text{同容積の攪拌後重量}) \times 100$$

固形分率は赤外線水分計（FD-720, ケット科学研究所）を用いて計測し、計測値の差分を固形分率を求めた。また、栄養価については各配合量の合計値として算出した。

3. 結果と考察

米ゲルに大豆タンパク質のみを添加した場合、添加量に応じて硬さとオーバーランが増した。平面ビーターを用いて攪拌した場合は、ホイッパーに比べて硬さの増加率が高かった。豆乳クリームのみを添加した場合は、添加量に応じて硬さは低下し、オーバーランが上昇した。

3種類の試料を混合した場合には、テクスチャー特性とオーバーランは共に配合割合が多くなるほど大豆タンパク質と豆乳クリームのいずれかの特性に偏った。混合順序が硬さに与える影響は限定的であった。栄養価の観点でも同様の結果が得られた。よって、テクスチャーや栄養価は試料の構成成分、配合割合、気泡含量の影響を受けることが示唆された。

本研究から得た結果を基にデータベース化をすることによって、対象者の嚥下レベル・身体状況に応じたテクスチャーや栄養価の嚥下食品を作製することが可能であることがわかった。

4. 結論と今後の展望

テクスチャーや栄養価は試料の構成成分、配合割合、気泡含量の影響を受けることがわかった。

今後は「味」という観点から追求するため、官能評価等を視野に入れることが重要である。また、本実験で作成したデータベースを基に、目的の数値を入力すれば、複数の配合割合または混合方法のソフトを作成することが可能である。しかし、これを実現するに当たり、より幅の広い試料・混合方法での知見が必要であるといえる。

表 1. データベース (抜粋)

硬さ (N)	大豆 タンパク質 (%)	豆乳 クリーム (%)	米ゲル (%)		平面 ビーター	エネルギー (kcal)	タンパク質 (g)	脂質 (g)	炭水化物 (g)
0.9	0	38.0	62	whipper		91	2.6	5.2	8.5
0.9	4.1	0	96		beater	71	4.1	0.4	12.9
1.7	3.4	32.2	64	whipper		97	5.0	4.6	9.0
1.7	7.8	0	92		beater	84	7.0	0.5	12.7
2.3	5.5	31.5	63	whipper		103	6.6	4.5	8.9

-
-

1. 背景と目的

明日葉は太平洋沿岸部に自生する植物であり、伊豆諸島を中心に健康野菜として栽培もされてきた。明日葉はポリフェノールなどの機能性成分を豊富に含んでいる。その中でも、血圧上昇抑制、抗腫瘍、抗糖尿病や家畜の暑熱ストレス軽減などの機能性を持つ、キサントアンゲロール (XA)、4-ヒドロキシデリシン (4HD) などのカルコン類が注目されている。しかし、XA、4HD は明日葉の葉より茎に多く含まれており (Kim et al., 2014)、収穫時期も含有量に影響を及ぼす (馬場ら, 2009)。また、新鮮な明日葉は、機械的損傷や微生物の影響を受けやすい。そこで、貯蔵寿命の延長、加工性の向上を目的とした乾燥粉末への加工が行われているが、乾燥方法も機能性成分含有量に影響を与える (Zhang et al., 2018)。そのため、加工や流通の現場であっても簡便かつ迅速に乾燥粉末の品質を評価できる手法の開発が望まれる。本研究では、蛍光特性の網羅的な測定が可能な蛍光指紋に着目し、蛍光指紋の計測と解析を通じて明日葉乾燥粉末の特性を評価することを目的とした。また、収穫時期や部位、乾燥方法が明日葉乾燥粉末の蛍光指紋に及ぼす影響を調査した。

2. 材料と方法

2.1 材料

材料として、2020年3月26日、5月3日に茨城県つくば市内で収穫した明日葉を用いた。地上部を刈り取り、茎、葉に分け小片にカットした。これを凍結乾燥もしくは加熱乾燥したのち、粉末ミルグラインダー (コナッピー、ラボネクト (株)) で粉砕し試料とした。

2.2 XA、4HD 含有量の定量

作製した明日葉乾燥粉末をエタノールで抽出及び0.45 μm PTFE フィルターで濾過し、高速液体クロマトグラフィー (株) 島津製作所) にてXA、4HD 含有量の定量を行った。

2.3 蛍光指紋計測

蛍光分光光度計 (F-7000、(株) 日立ハイテクサイエンス) にて明日葉乾燥粉末の蛍光指紋計測を行った。数値解析ソフト (MATLAB R2020b, Mathworks) を用いて計測データを解析し、主成分分析、PLS 回帰分析を行った。さらに、文献や標準品のスペクトルをもとに、解析への寄与度の高い波長を推定した。

3. 結果と考察

3.1 XA、4HD 含有量の定量

XA、4HD の含有量およびその合計には、茎、葉間に有意差 ($p < 0.05$) が見られた。一方、収穫時期、乾燥方法による明確な差は確認できなかった。

3.2 蛍光指紋計測

得られた蛍光指紋図を以下に示す。励起波長 (Ex) 300~400 nm、蛍光波長 (Em) 400~550 nm 付近のピークはXA、4HD やクマリン類に由来すると推定された。Ex 330 nm での蛍光強度には、茎>葉、加熱乾燥>凍結乾燥、5月>3月の傾向が見られた。また、Em 680 nm 付近のピークはクロロフィル、Ex 400~450 nm、Em 450~550 nm の弱いピークはリボフラビン、ケルセチンなどに由来すると推定された。

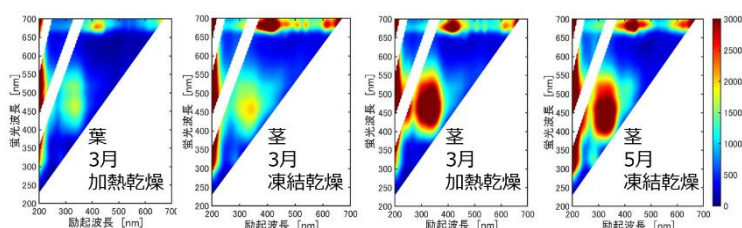


図 3 蛍光指紋図

3.3 主成分分析

茎と葉、凍結乾燥と加熱乾燥の試料で分布の違いが確認できた。第一主成分では茎と葉の分布に違いが見られ、Ex 330 nm 付近の波長が寄与していた。

3.4 PLS 回帰分析

蛍光指紋計測データとXA、4HD 含有量の定量値を用いてPLS回帰分析を行った結果、予測誤差65.62 mg/100 gの精度で含有量を推定できた。推定には、XA、4HD、クマリン類、クロロフィル、リボフラビン、ケルセチンなどの蛍光が寄与していると考えられた。

4. まとめ

以上より、蛍光指紋を利用して明日葉乾燥粉末の特性の評価を行える可能性が示唆された。今後は、XA、4HD 含有量の推定精度の向上が望まれる。さらに、収穫年、産地の異なる試料や他の機能性成分への応用が期待される。