

平成21年 6月 1日現在

研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18780197
 研究課題名（和文）種子細胞内の脂質蓄積に関与する超微細構造のマイクロ波による破壊
 研究課題名（英文）Destroy the structure of the Lipid Accumulation by microwave

研究代表者

加藤 仁（KATOH HITOSHI）

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・中央農業総合研究センター・バイオマス資源循環研究チーム・研究員

研究者番号：70391430

研究成果の概要：油糧種子から植物油を効率よく圧搾するために、前処理法としてスチーム加熱や焙煎等による外部加熱が行われているが、温度制御が難しく、加熱ムラや過加熱による油の劣化などが問題となっている。本研究課題では簡便な加熱法であるマイクロ波を利用し、マイクロ波加熱と圧搾率との関係を明らかにするとともに、マイクロ波加熱による種子の微細構造の変化を走査電子顕微鏡にて観察した。その結果、マイクロ波加熱は外部加熱に比べて迅速に種子内部まで加熱し、種子細胞内の微細構造が破壊され、圧搾率が向上した。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,400,000	0	1,400,000
2007年度	1,200,000	0	1,200,000
2008年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	270,000	3,770,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学・農業環境工学

キーワード：バイオマス工学

1. 研究開始当初の背景

昨今、各自治体では「転作作物による産地づくり」により麦、大豆、飼料作物、そばなどの他に、ナタネやヒマワリなどの油量作物の生産が行われている。特に油量作物は、食用油としての販売やバイオディーゼル燃料とした畑で採れる燃料として、地域の活性化だけでなく、環境教育の場や地域自給型エネルギーとして資源循環型社会の形成の中心となりつつある。その中で、油量作物生産の中核となる搾油は、油糧種子のカスケード利用など、バイオマス産業形成につながる。効

率よく油を搾油するには搾油の前処理加熱が行われているが、その温度制御等は経験と技術に頼るところが大きく、加熱ムラや過加熱等による圧搾率の低下、油の劣化が問題とされている。

2. 研究の目的

本研究課題では、均一かつ迅速に加熱することができるマイクロ波加熱を利用した前処理法による搾油技術の開発を行い、種子細胞レベルでの加熱と圧搾率向上との因果関係を明らかにし、均一加熱・温度制御性の優

れた油糧種子加熱手法の確立を目的とする。

3. 研究の方法

(1) 前処理方法

油量作物にはなたね（キラリボシ）を供試した。マイクロ波照射処理は、フッ素樹脂（PFA）製の円柱ポット（φ114mm, H115mm）になたね 400g を充填し、設定温度となるまでマイクロ波オーブン（NE-1401G, 周波数：2450MHz, 定格出力：1400W, National）にてマイクロ波を照射した。温度の測定にはマイクロ波の影響を受けない蛍光式光ファイバ温度計（FL-2000, アンリツ）を使用し、PFAポットの種子充填部の中心温度の測定を行った。設定温度は 70℃, 100℃, 120℃, 135℃, 145℃とし、マイクロ波の照射時間で制御した。対照となる外部加熱処理は、なたね 400g を鉄製容器に入れて、ガスコンロにより焙煎を行った。温度測定には放射型温度計（PT-7LD, OPTTEX）を使用し、なたねの表面温度を観測しながら、材料表面全体が設定温度 120℃になるまで攪拌しながら焙煎を行った。未処理の条件には、常温のなたねを使用した。

(2) 圧搾方法

圧搾には試験用搾油機（S100-200B 型, サン精機）を使用した。本搾油機はエキスペラ方式で、ホッパーに投入した種子はスクリーにてプレスゲージ内に搬送され、物理的な圧力で圧搾される。得られた粗油を遠心分離機（himac CF9RX, 日立）によりなたね油と微粉残渣とに分離させ、なたね油の重量を測定し、圧搾率を求めた。

(3) なたね子葉細胞の観察

マイクロ波照射処理によるなたねの子葉細胞破壊を検討するため、未処理、外部加熱処理（設定温度 120℃）、マイクロ波照射処理（設定温度 120℃）を行ったなたねの子葉細胞を、走査電子顕微鏡を用いて観察した。各処理後のなたねを常温に戻し、剃刀により種子を切断し、アルミ製の試料台にカーボン製両面テープを用いて固定させ、子葉細胞の断面を走査電子顕微鏡（SEM：ABT-32, トプコン）により印加電圧 15kV, 倍率 1,000 倍にて観察した。但し、本試料の観察には、子葉細胞が比較的硬細胞であること、細胞内の水分が低いこと、また、細胞内の油胞の状態を観察するため、固定・脱水・乾燥・蒸着の手順を省略した。

4. 研究成果

(1) 圧搾試験結果

マイクロ波照射時間となたね温度上昇の関係を図 1 に示した。供試したなたねは水分 6.2%w.b., 初期温度は 23℃で、温度の値は 3 回測定した結果の平均値である。マイクロ

波照射時間 0 秒は未処理状態を示している。マイクロ波を照射することによりなたね温度は直線的に上昇し、照射時間 60 秒で 120℃まで達した。なたね温度が 150℃以上に達すると焦げ臭が生じたため、マイクロ波での加熱温度は 145℃位が限界であると考えられる。マイクロ波照射後のなたねの温度と圧搾率との関係を図 2 に示した。マイクロ波照射によるなたね温度の上昇に伴い、圧搾率は直線的に上昇した。特に 120℃以上となったなたねは、未処理なたねに対して圧搾率に有意な差（危険率 0.05）が現れた。本試験では設定温度 120℃で 1.2 倍、135℃で 1.3 倍、145℃で 1.4 倍とさらに高い圧搾率を得ることができた。

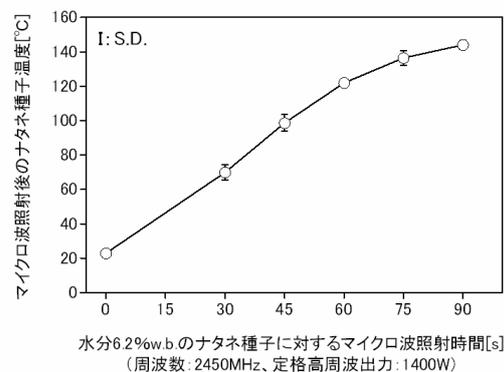


図 1 マイクロ波照射時間となたね種子温度との関係（なたね水分 6.2%w. b.）

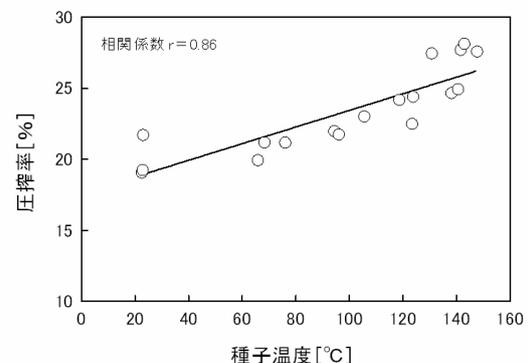
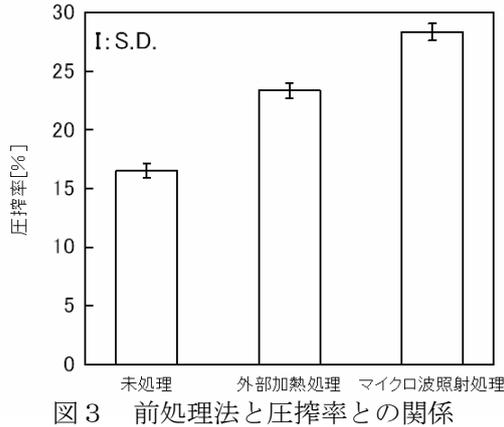


図 2 マイクロ波照射による種子温度と圧搾率との関係

(2) 前処理法の違いが圧搾率に与える影響

設定温度を 120℃として外部加熱処理、マイクロ波照射処理を行ったなたね、および、未処理なたねの圧搾を行った。その結果を図 3 に示した。同じ設定温度 120℃であっても、マイクロ波照射処理は外部加熱処理に比べて、圧搾効率を大きく向上させる結果となり、未処理なたねの圧搾率に対し、外部加熱処理では 1.4 倍、マイクロ波照射処理では 1.7 倍に向上した。



(3) ナタネ子葉細胞の観察

図4はそれぞれ未処理, 外部加熱処理, マイクロ波照射処理したナタネ種子の子葉細胞のSEM画像を示した. 未処理のナタネ子葉細胞には直径 $3\sim 4\mu\text{m}$ の顆粒が見られる. 未処理のナタネ子葉細胞で見られる顆粒はタンパク質顆粒と思われる. そして, このタンパク質顆粒が構造体を形成しているのが観察された. 一方, 外部加熱処理のナタネ子葉細胞では, タンパク質顆粒の構造体が一部破壊され, 所々に直径 $1\sim 2\mu\text{m}$ の脂質体の存在が確認された. このタンパク質顆粒構造の破壊と脂質体が細胞内に広く展開する状態では, 種子に圧力をかけることにより, 油が容易に細胞外へ流動することが可能と推測される. このタンパク質顆粒構造の破壊ならびに脂質体の展開は, マイクロ波照射処理のナタネ子葉細胞においても確認され, 外部加熱処理に比べてタンパク質顆粒構造の破壊の度合いは大きく, 脂質体の存在も多く確認された.

これらの子葉細胞のSEM画像から, マイクロ波照射処理されたナタネは, 外部加熱処理されたナタネよりもタンパク質構造が破壊され, その結果, 圧搾率が向上したことが明らかとなった.

ナタネ圧搾工程の前処理法として外部加熱処理及びマイクロ波照射処理を行い, 圧搾率との関係ならびに子葉細胞へ与える影響について実験的に検討した結果, 以下の知見を得た.

① マイクロ波照射処理では, 設定温度 120°C 以上で圧搾率に有意な差が現れ, 同じ設定温度の外部加熱処理に比べて, マイクロ波照射処理のナタネの圧搾率は高くなった.

②各処理されたナタネの子葉細胞のSEM観察では, 加熱されることで脂質顆粒周辺の構造体が破壊されるのが確認でき, その破壊の度合いは外部加熱処理に比べてマイクロ波照

射処理が大きかった.

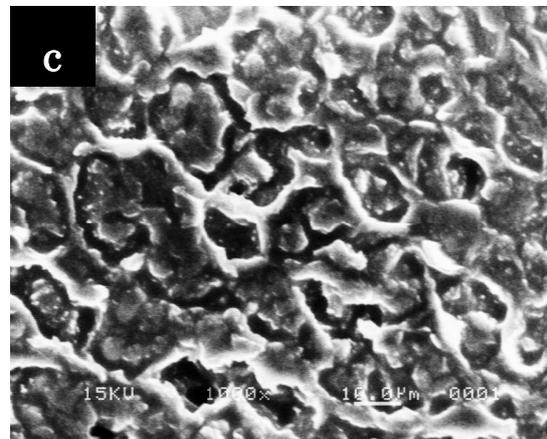
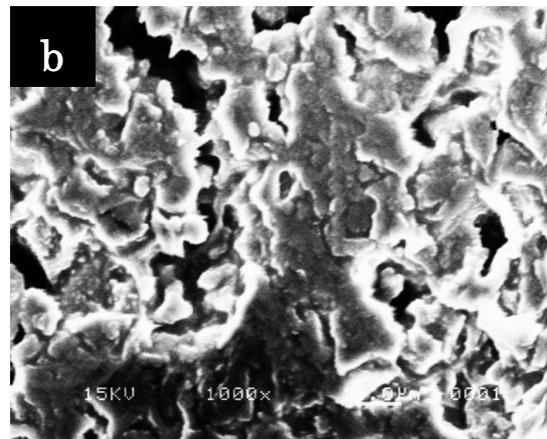
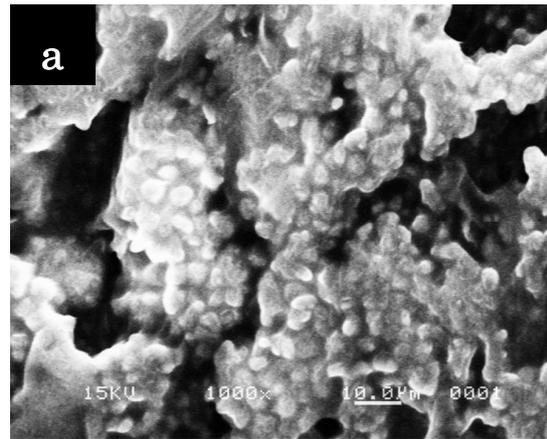


図4 ナタネ子葉細胞断面のSEM画像 (a: 未処理ナタネ, b: 外部加熱処理ナタネ, c: マイクロ波照射処理ナタネ)

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計3件)

- ①加藤仁, 小林有一, 金井源太, 飯嶋渡, 竹倉憲弘, 富樫辰志, 搾油施設におけるマイクロ波前処理技術に関する研究—マイクロ波照射がナタネ圧搾および貯蔵性へ与える影響—, 農業施設, 39(3), 207-214, 2008, 査読有り

②Hitoshi KATO, Yuichi KOBAYASHI, Wataru IIJIMA, Genta KANAI, Ken TANIWAKI, Preheating Oilseed by Single-mode Microwave Applicator with Adjusting Short Circuit Plate., CIGR, Proceedings of International Conference of Agricultural Engineering., CD-ROM, 2008, 査読有り

③Hitoshi KATO, Yuichi KOBAYASHI, Wataru IIJIMA, Genta KANAI, Ken TANIWAKI, Effect of oilseeds Pretreatment by Single-mode Microwave Applicator., Proceedings of International Seminar on Agricultural Structure and Agricultural Engineering. P146-151, 2007, 査読有り

[学会発表] (計4件)

①加藤仁, 小林有一, 飯嶋渡, 金井源太, 竹倉憲弘, 富樫辰志, シングルモードアプリケーションターを利用した油糧種子へのマイクロ波照射技術の開発, 農業施設学会大会, 2008年8月21日, 筑波大学

②加藤仁, 小林有一, 飯嶋渡, 金井源太, 竹倉憲弘, 谷脇憲, マイクロ波利用によるタネ・ヒマワリの高効率搾油技術の開発, 農業機械学会第67回年次大会, 2008年3月27日, 宮崎観光ホテル

③加藤仁, 小林有一, 飯嶋渡, 金井源太, 竹倉憲弘, 谷脇憲, マイクロ波を利用した高効率搾油技術の開発-シングルモードによる油糧種子予措-, 農業環境工学関連学会2007年合同大会, 2007年9月11日, 東京農工大学

④加藤仁, 飯嶋渡, 小林有一, 竹倉憲弘, 谷脇憲, マイクロ波処理によるヒマワリ搾油率の向上, 農業環境工学関連学会2006年合同大会, 2006年9月11日, 北海道大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

加藤 仁 (KATO HITOSHI)

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構, 中央農業総合研究センター, バイオマス資源循環研究チーム, 研究員

研究者番号: 70391430