

# 兵庫県バイオ技術研究会誌

---

第 16 号

平成21年 6 月

(2009)

兵庫県バイオ技術研究会

# 食品素材の微細加工による新機能発現の魅力

株式会社 鍵庄

小林 孝

## はじめに

近年、日本人の食生活の変化に伴い、生活習慣病の増加が大きな社会問題となっており、食品には、単に栄養補給機能だけでなく、日常の健康維持機能まで期待されるに至っている。その機能発現のために様々な角度から検討がなされているが、我々は食品素材の微細化加工の観点から、食品素材の機能を引き出す手法を検討している。

これまで食品の機能発現のための設計因子としては、構成する食材の栄養成分・有効成分と食材の加工方法が主たるものであった。我々は図1に示すように食材の形態制御も食品の新機能発現に有効な因子ではないかと考え、食材の微細化加工の手法として、食材の微粉末化に特化しその技術開発に取り組んできた。

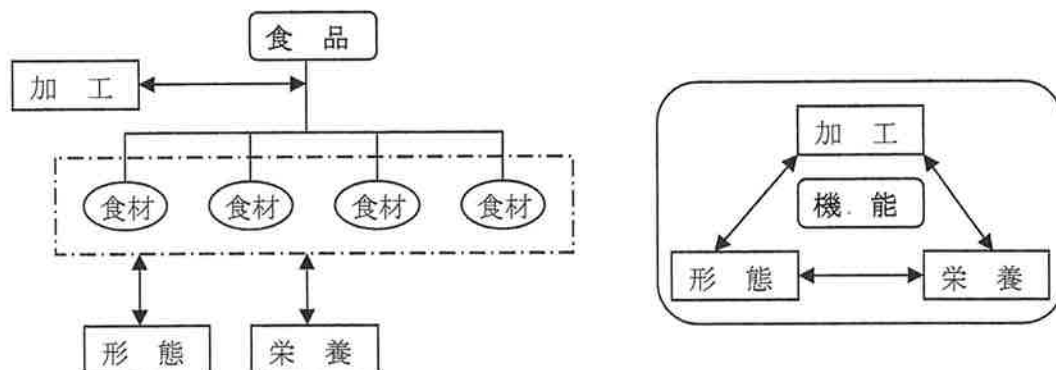


図1 食品の新機能発現に求められる因子

微粉末加工により期待される効果として ①比表面積増加による機能の向上 ②均一複合粉末の創造 ③細胞膜破壊等による新機能の創出 ④溶液分散性能の向上 ⑤風味と色調の強調 ⑥舌触りの改善 などが挙げられる。

ここでは、微細加工の1手法として、食材の微粉碎化による新機能の創出の魅力について2~3例を挙げて紹介する。

### 1. 微粉碎操作

粉碎操作は、空気中で行う乾式と水中で行われる湿式の2つの方式に分類される。食品素材の粉碎において湿式粉碎法では、①粉碎品を再乾燥する必要があること、②粉碎

中に栄養成分や機能性成分が溶媒中に溶質する可能性があること、③衛生管理が煩雑となることなどの問題があり、乾式粉碎が主流である。

乾式粉碎法では多種多様な装置が開発され、市販されているが、利用目的によって装置選定を行う必要がある。

我々は、乾式粉碎法の中で空気粉碎法に着目し、旋回気流型（パンケーキ型）ジェットミル粉碎装置を利用して粉碎技術の開発を行っている。図2に示すように、本ジェットミルは、マッハ2.5（0.6Mpa）以上の超音速流に粉体を連続的かつ自動的に供給し、ジェット気流中で粒子同志の強力な衝撃により粉碎を促進し、同時に粉碎機内に設けた特殊な分級室で高速旋回流により分級するものである。分級された粗粒は、遠心力により旋回流の外側に寄せられ、外壁に設けられた戻り穴より特殊のノズルを経てふたたびジェット気流中に戻り、細粒は、中央部の排出口を通過して、外部に設置されたサイクロンまたはバグフィルターにより固気分離が行われ粉末が回収される。

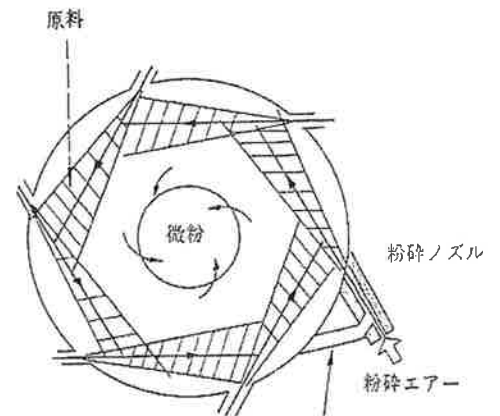


図2 旋回気流型ジェットミルの粉碎原理図<sup>1)</sup>

ジェットミルによる食品素材の粉碎メリットとして

- ① 平均粒子径数ミクロンの微粉末が得られ、粒度分布もシャープである
- ② 原料の相互衝突による粉碎が支配的であり、磨耗や異物混入が少ない
- ③ ノズルから吐出する気流の断熱膨張により温度降下が起き、粉碎時にリアクター温度が上がらない。したがって粉碎により弱熱性物質の性質を損なわない
- ④ モーターなどの駆動部分がなく、保守点検清掃が容易などが挙げる事ができる。<sup>2)</sup>

## 2. 細胞膜破壊効果

ここでは昔から日本人に欠かせない食材である海苔を例に、微細加工による細胞膜破壊効果について検証する。写真1-1に示すように海苔細胞はそれぞれ細胞膜で覆われ、

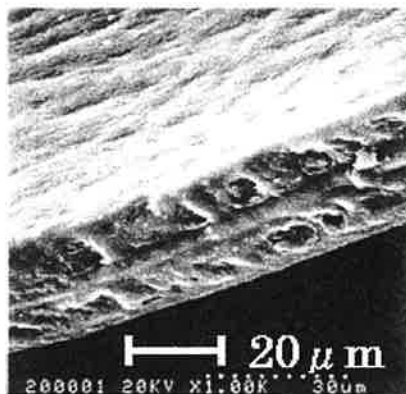


写真1-1. 海苔の断面微構造

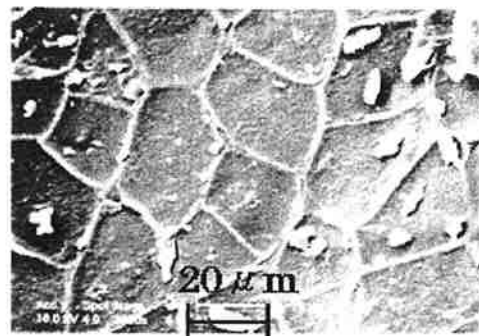


写真1-2. 海苔の表面微構造

さらに細胞壁で各細胞間が連鎖している。細胞壁の表層はマンナン-クチクラを成分とする多糖類で、また細胞膜はマンノース、グルコース、アラビノースからなる多糖類で構成されている。さらに細胞壁間には水溶性粘質多糖類であるポルフィランが存在している。これらの細胞壁および細胞膜が、海苔の含有するたんぱく質、ミネラル、ビタミンさらには色素体を包み込んだ構造となっている。

また、写真 1-2 から海苔の細胞の大きさは、約  $20\mu\text{m}$ ~ $30\mu\text{m}$  程度と観察された。そこで表 1 に示す各種粒子径の海苔粉末を調製し、微細化による栄養成分溶出量の向上さらに細胞膜破壊による生理活性の向上について調べた。

表 1 各種粉末海苔の粒子径測定結果

試料名	乾燥海苔				
	D1	D2	D3	D4	D5
平均メディアン径 ( $\mu\text{m}$ )	板海苔	232.0	50.8	16.8	2.1
試料名	焼き海苔				
	T1	T2	T3	T4	T5
平均メディアン径 ( $\mu\text{m}$ )	板海苔	310.0	62.2	16.1	3.3

### 2-1 微細化による栄養成分溶出量の向上

腸内の環境を想定して  $0.015\text{M NaBO}_3\text{Buffer}(\text{PH}9.4)$   $100\text{ml}$  に対してパンクレアチンを  $40\text{mg}$  添加した  $37^\circ\text{C}$  溶媒に、表 1 に示す各種粒子径の海苔粉末を濃度が  $1\%(\text{w/v})$  となるように投入し、10 分間攪拌した。その後固液分離し、濾液に含まれる糖質の定量分析を行った。なお、海苔の糖質は、その約  $80\%$  を熱水可溶性の水溶性食物繊維で海苔固有の物質であるポルフィラン<sup>3)~5)</sup> が占めている。ポルフィランに関してはすでに血清コレステロール低下作用<sup>6)</sup>、血圧降下作用<sup>7)</sup>、免疫活性化作用<sup>8)</sup> といった数々の生理作用が報告されている。

図 3 に海苔粉末粒子径の逆数と糖質の溶出量との関係を示す。図 3 に示すように乾燥海苔試料と焼き海苔試料とも粒子径が小さくなるほど、糖質の溶出量は増加した。その増加は、乾燥海苔試料 (D-1~D-4 試料) および焼き海苔試料 (T-1~T-4 試料) では粒子径に対して直線的な増加を示したのに対して、D-4 試料と D-5 試料および T-4 試料と T-5 試料間では、粒子径が小さくなっても

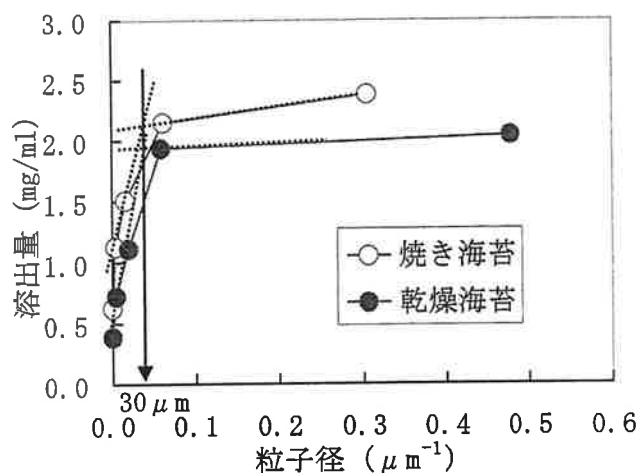


図 3 海苔粉末の粒子径と糖質溶出量との関係

溶出量はさほど増加しないことがわかった。すなわち糖質の増加曲線がある粒子径で変曲点を有することがわかった。そこで図3に示すように増加曲線を2つの直線に分割し、その直線の交点を求めた。その結果、乾燥海苔試料および焼き海苔試料において交点のX軸値は一致し、約30 $\mu\text{m}$ の値が得られた。SEM観察結果から海苔の細胞の大きさが20 $\mu\text{m}$ ~30 $\mu\text{m}$ であることから、糖質の溶出量と細胞壁の破碎確率に相関性があり、すべての細胞壁が破碎される粒子径（ここでは30 $\mu\text{m}$ ）までは、糖質の溶出量は直線的に増加するが、細胞壁が破碎された後は、溶出量はさほど増加しないと考えられた。

## 2-2 細胞膜破壊による抗酸化作用の向上

ラジカル捕捉能の測定は、DPPH (1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) assay で行った。本来 DPPH は 515nm に吸収を有するが、抗酸化剤存在下では次の反応が進行して吸収は減少する。



本研究では各種溶媒で抽出した溶液の1分間あたりに捕捉される DPPH 濃度を比活性とし、海苔の粒子径とラジカル捕捉能との関係を比較検討した。

図4に各種海苔粉末についてメタノール溶媒で抽出した溶液(5%)のラジカル捕捉活性を示す。ラジカル捕捉能は、海苔の粒子径が小さくなるほど大きくなる傾向を示したが、海苔細胞より小さくなると、粒子径に対する変化率が小さくなった。この傾向は糖質の溶出特性と一致することから、抗酸化作用に関しても細胞壁破碎効果が確認された。

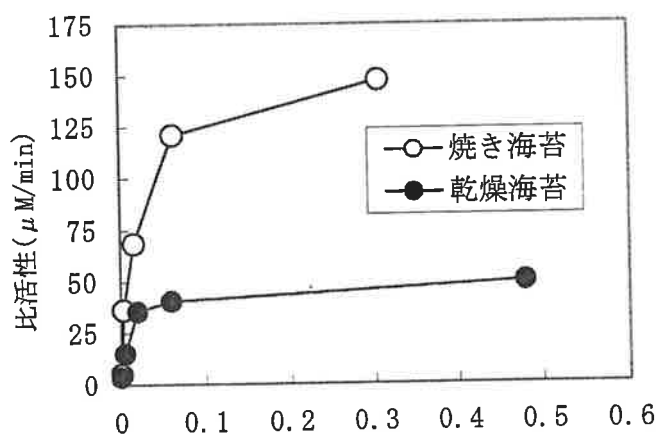


図4 海苔粒子径とラジカル捕捉能との関係

## 3 溶液分散性能の向上

食品素材の微細化が与える溶液分散性能への影響を検討するために、兵庫県産「コシヒカリ」米を使用して分散試験を実施した。

白米をまずピンミル粉碎装置で1mmφの大きさに粗粉碎した後、ジェットミルで表2に示す粒子径の異なる4種類の試料を調製した。

表2 粉碎試料の平均メディアン径測定結果

測定試料	A	B	C	D
平均メディアン径	1000 $\mu\text{m}$	70 $\mu\text{m}$	10 $\mu\text{m}$	5 $\mu\text{m}$

それぞれの試料を水 50cc に対して 10g 添加し、20 分間攪拌し、20wt% 溶液を調製した。その後容器に移し替え、室温で 24 時間放置した。

24 時間後の各溶液の状態を写真 2 に示す。写真に示すように、粒子径 1mm 品は完全に固液分離した状態であり、粒子径が小さくなるほど、溶液中に占める個体体積が増加した。特に平均粒子径  $5\mu\text{m}$  品では、24 時間後でも全く固液分離が認められず良好な分散状態を保つことがわかった。

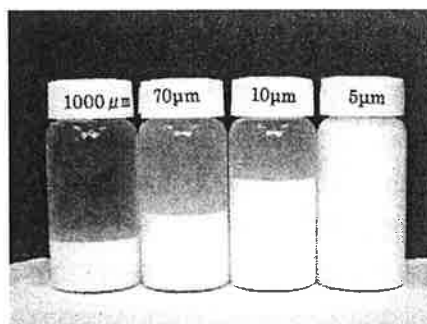


写真 2 粒子径の異なる試料で調製した 20wt% 溶液の 24 時間後の観察結果

#### 4 舌触りの改善

近年キャンディー、チョコレートさらにガムなどにエキスに変わり果肉を添加した商品開発が行われている。果肉を添加することで、食品素材の風味・味が強調され美味しく、インパクトのある商品に仕立てることができる。

しかしこれらの菓子アイテムは口中で長時間滞留するものであり、ざらつき感が問題となる。図 5-I に食品マトリックスに異なる食材粒子を添加した場合のモデル図を示す。ここでマトリックスと添加粒子の口中での溶解速度が同じであれば問題はないが、一般的にはマトリックス素材の溶解速度が大きく、図 5-II に示すように添加粒子が露出した状態になる。この表面凹凸がざらつきを生み出す原因となる。したがって、添加素材の粒子径を小さくして、マトリックス素材の溶出にともない、添加粒子のマトリックスからの離脱を促進することでざらつきの改善が行われている。

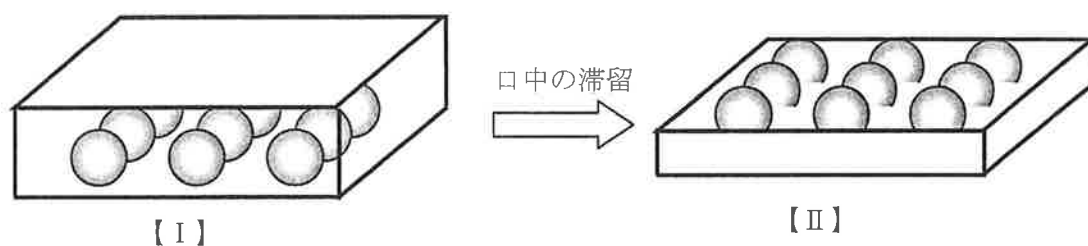


図 5 食品マトリックスに異なる食材粒子を添加したモデル図

I : マトリックスに粒子を分散させた状態

II : マトリックス部分が溶出し、粒子が表面に露出した状態

添加粒子の粒子径は小さいほどよいが、これまでの実績から平均粒子径  $10\mu\text{m}$  以下になると、ざらつき感がほとんど発現しなくなる。

我々がこれまでざらつき感を低減するために粉碎加工を行った食品素材の一例を表 3 に示す。

表3 キャンディー、チョコレート、ガム用食品素材の粉碎例

食品素材	きな粉	イチゴ	緑茶	ココア	梅肉
平均メディアン径	7.0 $\mu\text{m}$	5.4 $\mu\text{m}$	4.9 $\mu\text{m}$	3.5 $\mu\text{m}$	4.0 $\mu\text{m}$

#### 4 おわりに

我々が微粉碎加工の技術開発に取り組みだした10年ほど前は、食品業界では粉末食品素材の粒子径は、メッシュで表示されていました。そして15ミクロンですとお答えしてもそれは何メッシュですかと聞かれたものです。しかし、最近ミクロンが一般的に使われるようになってきており、食品素材の微細化加工も数段の進歩を遂げてきています。今後、食品素材の微細化技術開発を通して食品業界の発展の一役を担うことができれば幸いです。

#### 【謝辞】

本研究の遂行にあたり多大なるご指導およびご鞭撻賜りました京都女子大学家政学部八田一教授ならびに(故)神戸大学名誉教授 馬場茂明先生に感謝の意を表します。本研究は(財)食品産業センター「地域新生・食品産業活性化技術開発支援事業」の一環として実施されたものである。

#### 【参考文献】

- 1) 中山 仁、乾 薫 技術雑誌「化学装置」 10 (1985)
- 2) 伊藤 均 (2005) 「先端粉碎技術と応用」 (社)日本粉体工業技術協会編 P.162
- 3) 西澤 一俊：フードケミカル、41,47-53,1988
- 4) N.S.Anderson, D.A.Rees J.Chem.Soc., 5880-5887 (1965)
- 5) Lora M. Morrice, Maitland W. McLEAN, William F. LONG, Frank B. WILLIAMSON Eur. J. Biochem. 133, 673-684 (1983)
- 6) 大住幸寛、川合正允、天野秀臣、野田宏行：Nippon Suisan Gakkaishi,64(1),88-97,1998
- 7) Dalin Ren, Hiroyuki Noda, Hideomi Amano, Takahiro Nishino, and Kazutosi Nisizawa：Fisheries Science,60(1),83-88,1994
- 8) 大住幸寛、川合正允、天野秀臣、野田宏行：日本水産学会誌,64(1),847-853,1998

— 粉碎に関するお問い合わせ —

株式会社 鍵庄 (かぎしょう) 技術開発部

担当者：小林 孝

〒674-0064 兵庫県明石市大久保町江井ヶ島 1640-1

TEL 078-935-8484 FAX 078-935-8910

HP : <http://www.kagisho.co.jp>

Mail : [kobayashi@kagisho.co.jp](mailto:kobayashi@kagisho.co.jp)