

粉体の構造制御による“おいしさ”の向上をめざして Improvement of “Oishisa” by Powder Engineering

山崎 義樹

Yoshiki YAMAZAKI

太陽化学(株) 代表取締役副社長

Representative Director, Executive Vice President, Taiyo Kagaku

はじめに

一般的に食べ物は3つの機能に分類される。第1次機能は栄養機能、第2次機能は嗜好を満足させる機能、第3次機能は体調調節機能とされている。現在は健康志向の潮流とともに第3次機能・機能性素材の開発が積極的に取り上げられているが、同時に食品業界とその開発者には時代に即した“おいしさ”の追求、さらに時代を先取りした“おいしさ”の開発と提案は普遍的な命題といえる。

当然のこととして食感や風味など食のおいしさの評価は、人によって異なる嗜好的なものであり絶対的な評価基準をもたない分野でもある。しかしながら、我々はこの時代と世代の嗜好に合致し広く支持される“おいしさ”が存在することも認めるところである。一流シェフの作るスープと素人の作るそれでは同じ原料、同じレシピでも“おいしさ”は全く異なる。その事実をみて「なぜ違うのか?」、「どのくらい違うのか?」を探索し検証をしていく「おいしさを科学する」活動の中で我々は新たな知見と知識を得、そしてまたより多くの疑問と未知の事象を知るのである。

食品の特徴としては、その構成が多成分で不均一であることが言えよう。品質的にも経時的に変化をしやすい不安定な構造と考えられる。しかしその特徴ゆえに固有・特有の“おいしさ”が存在するのであり、そこから原料食材の構成状態を、粉体・液体・気体として捉えて観察をするとき、それらの状態をコントロールすることが「おいしさを科学する」活動においては最も重要な要素になると考えられるのである。

科学的に捉えてみると食品中の物質の状態間には界面が存在し、その界面を制御すること、そしてそれ故

に原料の「分散と混合技術」という加工技術も“おいしさ”をコントロールする重要な要素になることも付け加えたいと思う。我々が「調理は粉体工学と界面化学の融合」と捉える所以である。

パウダリングフュージョン加工

我々が現在食品分野で行っている粉体加工に関する技術、特に粉体原料を多機能化するパウダリングフュージョン技術について紹介をする。粉体原料の元々の機能にさらに別の機能を付与して“新しい”粉体粒子を創製し、食品原料として新たな効果を発揮させる。この新しい機能を持つ粉体が他の原料（他の副原料や小麦粉などの主原料）と混ざり合う時に従来の粉体混合では得ることのできない効果を発揮するため、混合ではなく融合と考えパウダリングフュージョン加工（以下PF加工）とした。

PF加工とは第1段階で粉体粒子の形状および粒径を均一化したのち、第2段階でその均一化した粒子を形状や粒径の異なる母粒子表面にコーティングし、複合化する粉体加工技術である。

前述のようにこの加工によって原料・副資材として、その粉のもつ機能を最大に発揮する粒子の創出を目指すものである。これは今日の粉体工学においては表面改質の基本的な技術でもある。改質をすることで、粒子凝集を少なくし、流動性を著しく向上することができる。それにより改質された粉体原料が加工中に食品の細部まで均一に分散・浸透し、より鮮明な効果を発現するようになる。一例として小麦粉のような水分の高い粉体に粉末卵や粉末乳のような高蛋白質粉末を混合すると、小麦粉の水分を吸収して粒子凝集を

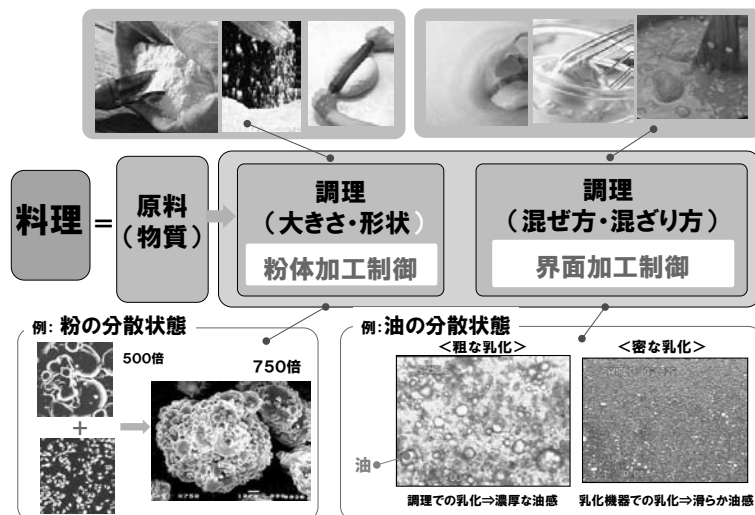


図1 調理は、粉体工学と界面化学の融合

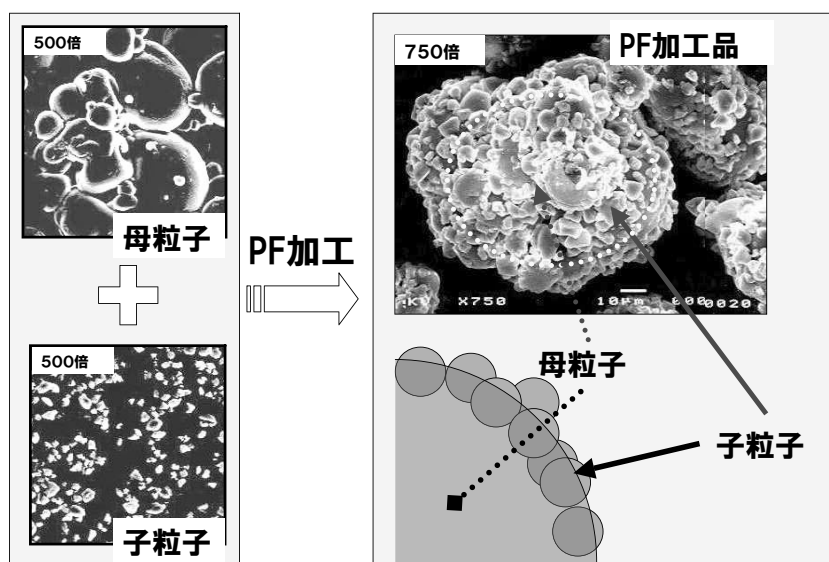


図2 パウダリング・フュージョン (PF加工) の概略

起してしまう。粒子凝集により粉末卵や粉末乳のもつ機能は弱くなってしまいますが、PF加工により表面改質をされたものは小麦粉中で粒子凝集を起すことなく均質に分散するためその機能を十分発揮する。

また効果発現のコントロールを目的とする場合、その発現を即効性 (Quick)、遅効性 (Slow)、と多段階で起すことも条件により可能となる。特に2種類以上の品質改質剤を用いるときに最も効果の出るタイミングで順次機能の発現をさせることを理想とするとき、その解決方法としても本技術の価値は大きなものとなっている。

品質改良剤としてのPF加工の利用

PF加工技術は多くの食品中間製品、特に品質改良剤に効果が期待できる。品質改良剤としては、蛋白質や多糖類などの高分子物質、乳化剤や粉末油脂などの油脂類、リン酸塩やかんすいなどの塩類などが利用されることが多い。蛋白質や多糖類は水和することによってその効果を発揮する。水和速度はその粒子形状に依存することが大きい単に細かくしても粒子凝集が生じ、なんら水和速度に変化がないことが多い。PF加工によってこれらの高分子物質を子粒子としてコーティングすることにより水和速度をコントロールすることができる。それにより食品製造の工程において添加効果を一定にでき、攪拌時間の短縮、温度管理の簡

易化など多くの効果が期待できるのである。PF 加工された品質改良剤は特に原料として粉体を多く使い、加水量や混合条件が限定される製造工程においてその効果が特に発揮できる。

小麦粉製品への応用

① 麺類 / 麺の茹で伸びと卵白粉末の効果

麺類は小麦粉、かんすい、食塩、水といった比較的簡単な原料から作られるが、そのおいしさは粘弾性や喉ゴシといった食感に負うところが大きい。近年のCVS 弁当などの茹で麺においては、流通時に茹で伸びや澱粉質が老化すると食味や食感が低下し、商品価値を損なうものとなるのでこの現象を極力抑えたい。そのための品質改良剤として、小麦蛋白や卵白粉末などが古くから使用されているが、近年そのニーズは“おいしさの向上”と言う観点から、より高い効果のものが要求されている。茹で麺の伸びとは時間とともに麺内部の水分が均一化し、コシがなくなった状態のことを言う。麺を適正時間で茹で上げ、ちょうど良い柔らかさになった時、麺の表面部分の澱粉粒は、十分吸水し、やわらかく、中心部分の澱粉粒は、吸水性が低く硬い状態である方が歯ごたえも強く、おいしい麺になる。しかしこの状態のまま水分均配を維持するという事は困難であり、できる限り水分移行を遅くする事で問題解決としている。麺内部の水分が均一になることは、中心部分のグルテン層に包まれた吸水性の低い澱粉粒に表面部分の水分が浸透し伸びたような状態になるものである。このグルテン層を小麦蛋白や卵白により補強することで水分の浸透を遅らせ、茹で伸びを抑制することができる。

② 麺類用 卵白粉末の PF 加工

通常の製麺工程では卵白粉末などの品質改良剤は粉体混合されることが多い、しかしながら微量の品質改良剤（通常体粉05%～2%程度の添加）を粒子の大きさも比重も違う小麦粉や澱粉（共に大きさは1～150 μ m）と製麺ミキサーのような回転数の遅いミキサーで均一混合することは非常に困難である。そして混合が不十分であると品質改良剤の効果が十分に発揮されず品質の一定な生地にならず、期待した茹で伸び抑制効果も得ることができない。

この製麺ミキサーで均一混合をするために卵白粉末をPF加工する方法がある。通常卵白粉末はスプレー

ドライによって粉末化される。ここで卵白粉末の粉末粒子の拡大写真を図3の写真1に示す。従来の卵白粉末は写真1-左のように数個の粒子がくっついた状態で存在（粒子凝集）しているため、流動性が悪くモタモタした感じになる。この卵白粉末は小麦粉と混ぜにくく均一な混合が難しい。それに比べてPF加工された卵白粉末は粒子凝集もなく流動性が極めて良好なため小麦粉と粒子レベルで均一に混ぜることができる。その結果、麺の改質効果が100%発揮され常に一定の品質の生地が得られるのである。これにより従来の麺用卵白粉末よりコシのある、伸びにくい麺を作ることができる。ここで示した卵白粉末は卵白粉末を微細・均一化し、その均一化した卵白粉末を子粒子として母粒子の卵白粉末表面にコーティングする、いわゆる同素材同士のPF加工である。その粒子状態が写真1-右であるが、大きな卵白粉末の表面を均一化された卵白粉末でコーティングされている事が見て取れる。これらの卵白粉末の小麦粉中での分散状態をモデル図3で示す。

実際にPF加工された卵白粉末を使用し麺での効果を写真2で示す。茹で麺の断面写真において黒く写っている部分が水分の浸透が抑えられ澱粉粒が硬く残っている場所である。PF加工添加品は無添加品と比べて中心の水分緒少ない部分が多く茹で伸びが抑えられている。

小麦粉との分散性が向上し細部にまで均一に浸透し麺中心部のグルテンの網目構造を強化する。グルテン-卵白粉末の作るタンパク層が中心部の澱粉粒をしっかり包み込み水分の浸透を遅らせ茹で伸びを抑制することができるかと推測される。

③ パン類用 品質改良剤のPF加工

パン類のおいしさの向上として、食感、口どけのコントロールは重要な要素となる。近年は「ふんわりとして軽く」、それでいて「口どけが良い」食感が求められる。このような食感改良を行うため、我々は鶏卵粉末を中心にしたPF加工したパン用品質改良剤の開発も行っている。

パン用品質改良剤においては、数種の異なる改質効果を有する素材を融合させてPF加工品としている。図4写真3にPF加工された改質剤のモデル図と粒子の拡大写真を示す。

ここではPF加工によっていくつかの素材が融合した状態で一つの粒子となっている事が分かる。鶏卵粉

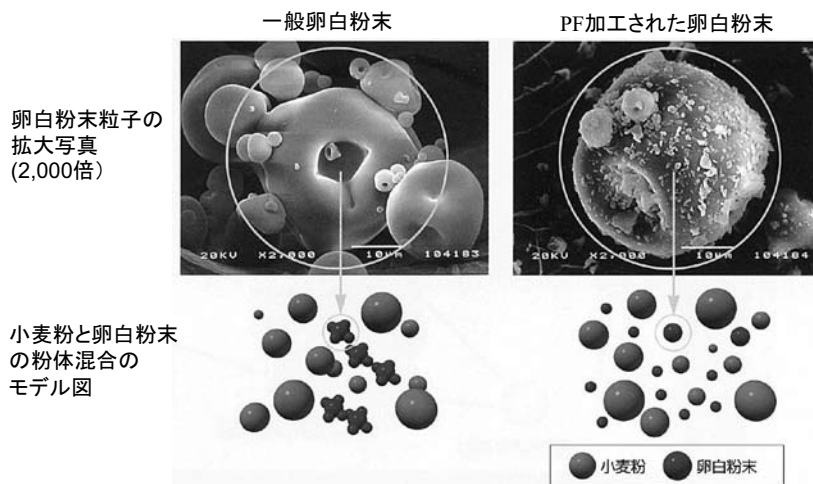


写真1 卵白粉末粒子の拡大写真 (2,000倍)

図3 小麦粉と卵白粉末の粉体混合のモデル図

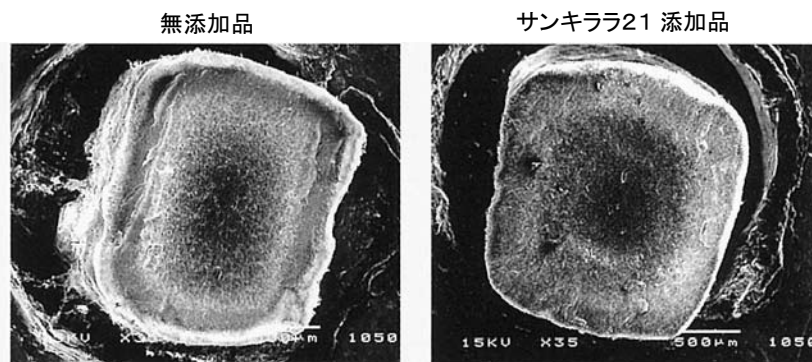


写真2 麺の断面の電子顕微鏡写真 (35倍)

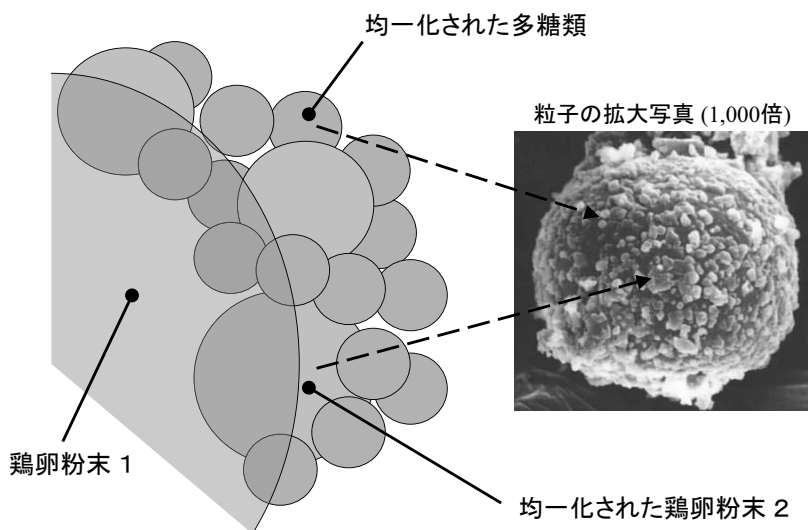
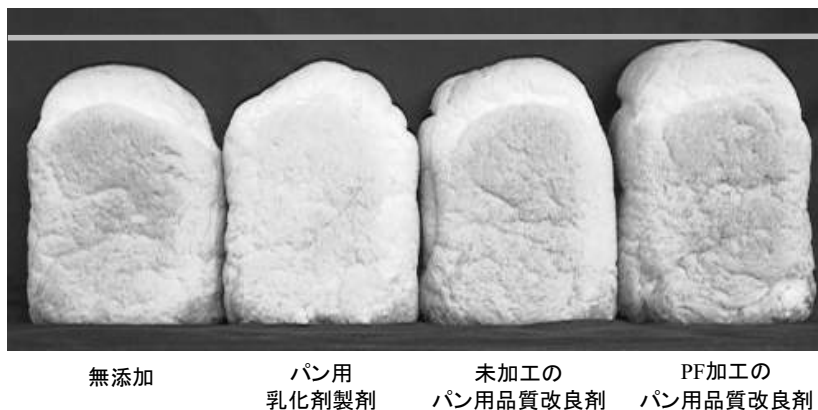


図4・写真3 PF加工されたパン用品質改良剤の粒子構造のイメージ図



モデル試験法：ホームベーカリーにて焼成試験を行い、パンの高さと食感改良効果を比較した。

写真4 PF加工されたパン用品質改良剤の容積増大

1. パンの容積を著しく向上させ、ふんわりとした食感にする。
2. 老化抑制効果があり、焼き立ての食感を長く維持する。

試料	添加量	高さ	D+1 食感	D+3 食感
無添加	0%	164mm	重く、口溶けが悪い	パサつく
パン用乳化剤製剤	0.5%	167mm	やや軽い	しっとり
未加工のパン用品質改良剤	1.5%	168mm	ふんわり軽い	ややパサつく
PF加工のパン用品質改良剤	1.5%	179mm	ふんわり軽く、口溶けが良い	しっとり軽い

図5 モデル試験によるPF加工されたパン用品質改良剤の改良効果

末は卵黄の持つ油分を含み、そのままでは小麦粉に混合しにくい素材の一つであるが、PF加工をする事によって分散性が向上し容易に均一混合することができる。またPF加工パン用改良剤を添加することによって、前述の食感改良だけでなく「容積増大」や「老化防止」においても効果が期待できるものになった。

新しい価値創造を粉体と界面の制御から

我々が多くの食品を新たに開発する目的の一つは、前述のように目標とした市場、ターゲットとしたユーザーの嗜好に合わせた“おいしさ”を創り出すことにある。“おいしさ”の要因は多くの要素からなっており、大きくは食べ物と食べる人の状態に分けられ、これらの要因の複合評価で“おいしさ”は決定される。

そしてその要因は味や香りなどの化学的要因と、食感や口どけといった物理的要因に分けられる。我々は特に食品の構造が関与する“おいしさ”の開発研究をするなかで、後者の物理的要因の解析を主に試みており、そこから原料の粉体粒子の状態が最終食品の物性面において非常に大きな要因を持つことを知るものである。

開発目的とする食感を追求していく中、食品の品質を微妙にコントロールする際に、少量の副原料や改質剤を添加することは不可欠である。この時、粉の特徴といわれる「粉はばらつく」、「粉は粘々しい」という状態をどのように制御するかは重要な視点であり、食品に使用できる原材料は限られているだけに、素材の有する機能を少量で最大に発揮する粒子設計技術の価値は高いものがある。前述のPF加工粉末品は特に食

機能を最大に発揮する生産加工技術

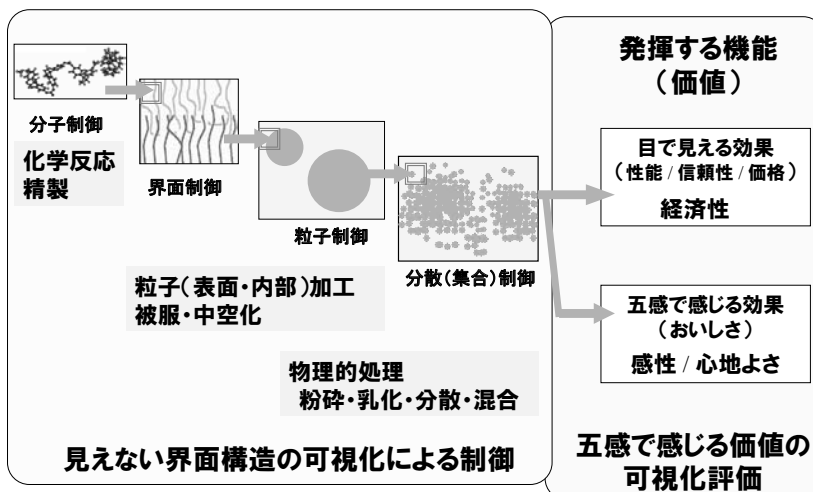


図6 新しい価値を粉体加工と界面制御から

品改質剤の新たな展開を開いたものであり、食感の微妙なコントロールという主たる目的以外にも、粉末商品における使いやすさの向上、品質の安定化、予備混合工程の簡略化、添加量の減量などユーザーにおいて多くのメリットを創出している。

個々をどのような形状に加工し、他成分をどのように混合・分散するかは「おいしさを科学する」重要な因子といえる。そしてこれは日常の生活における調理する行為を食品製造として捉えてみると理解しやすいものである。我々は調理する際に、食材の固体形状・粒子状態、混合・分散の方法など、多くの経験と技術そして個々のノウハウを持ち、それを活用しているのである。

おわりに

食品の製造工程とセラミック製品の製造工程を比較してみると最終製品としての機能と目的そして確保すべき品質は大きく異なるものであるが、＜原料粉体－混合・微細化－生地形成－成型－焼成－冷却－製品＞などの基本工程はほとんど同様である。先端技術の素材産業ほどの素材革新は起こり得ない食品業界ではあるが、それ故に限られた素材を知恵と工夫による組み合わせで新しい付加価値を付与した素材を開発して行かねばならない。

食品の評価は最終的には人間の五感による“おいしさ”という官能評価に委ねるものになるが、その製品の評価を大きく左右するものとして、他の工業製品と

同じく製造工程の初期段階での混合・微細化・分散工程の良否がある。そしてその前工程の原材料の在り方、特に粉体の粒子状態はその後の製品品質に、より一層大きく影響を与えるものとして、最も重要な要因であることを、“おいしさ”の向上をめざす研究開発活動の中で改めて強く感じるのである。

食品における新しい価値創造を、粉体制御と界面制御を通して推進し、次世代に繋げる「粉を生かした究極のモノづくり」を実現して行きたいと考えている。

参考文献

- 1) 羽木貴志, 河合隆範, 宮本圭一: パウダリングフージョンの開発とその利用, 食品工業, (2001) Vol.144, No.16.
- 2) 食品と容器, 第50巻1号別刷: おいしさを科学する, 缶詰技術研究会.
- 3) 麺業新聞, 平成11年4月30日, 第1789号, 24面 (1999).
- 4) 白石道春, 豊田稔, 横塚章治, 那珂重道: 冷凍めんすべて, 食品産業新聞社, 27~28 (1990).
- 5) 麺業新聞, 平成13年4月13日, 第1890号, 5面 (2001).
- 6) 和田公仁, 横山公一: 月刊フードケミカル, 1999・10, 19~20.
- 7) 波多野重信, 山崎量平, 浅井信義: はじめての粉体技術, 工業調査会 (2000).
- 8) 木村進, 亀和田光男, 小石眞純ほか: 食品加工の新技術, シーエムシー, 68~73 (2000).

9) 内藤牧男編著：究極の粉をつくる，日刊工業新聞社，(2008)．

Caption

- Fig. 1 Cooking is fusion of particle technology and the interface science
- Fig. 2 Outline of powdering-fusion (PF processing)
- Fig. 3 Powder mixture of wheat flour and egg white albumen powder (model)
- Fig. 4 The particle structure of the PF processed powder to improve quality of the bread (model and scanning electron microphotograph)
- Fig. 5 Value of PF processed powder to improve quality of the bread by the bread-model examination
- Fig. 6 Creation of original value by powder engineering and interface control
- Photo. 1 Scanning electron microphotograph of the egg albumen powder particle (X2,000)
- Photo. 2 Scanning electron microphotograph of noodles (Cut surface, X35)
- Photo. 3 Capacity increase effect of PF processed powder to improve quality of the bread