総 説

薄力小麦粉のクロリネーションや加熱処理が
焙焼時に澱粉性食品に及ぼす影響

瀬 口 正 晴

Effects of Chlorination and Heat-Treatment of Wheat Flour on Starchy Foods

Masaharu SEGUCHI

*Seibo Jogakuin Junior College**(1, Fukakusataya-cho, Fushimi-ku, Kyoto 612, Japan)*

Chlorination of wheat flour improved the pancake textures (higher springiness and lower gumminess) and increased the pancake volume. From results of the pancake baking tests with reconstituted wheat flours, the improvement of the pancake textures was dependent on chlorinated prime starch fraction, and the increase of pancake volume was dependent on the chlorinated gluten fraction. Microscopic observation showed that the nature of the chlorinated starch granule changed from hydrophilic to hydrophobic (lipophilic), which had relationship to the improvement of the pancake textures. Protease experiments of the chlorinated wheat starch granules and model experiments using protein-coated chlorinated glass powder that the hydrophobicity (lipophilization) was caused by the change of starch granule surface proteins. The pancake textures also showed the same improvement when wheat flour was heat-treated. Heated wheat starch granules also showed strong hydrophobicity (lipophilization), which is also caused by the change of starch granules surface proteins. These chlorinated and heated wheat starch granules have shown to bind to the tailings fraction in wheat flour and the same phenomenon was also observed in pancake crumb baked with this treated wheat flour. The binding of these fractions was caused by the hydrophobicity of the starch granules and rigid cake cell wall could be formed and showed good pancake textures (higher springiness and lower gumminess).

はじめに

「白い小麦粉でパンをやきたい。白いケーキをたべたい」。これが長い間の人々の夢であった。とくに、製粉技術の未熟な時代においては、その願いは強かったのだと思われる。昔から、クロリネーション（塩素ガス処理）は色素を酸化して漂白することが経験的に知られていたが、だれかが小麦粉の漂白にもクロリネーションのトライアルをしてみたのであろう。その結果、この処理は、小麦粉の漂白に極めて効果的であることがわかり、小麦粉は白変する。小麦粉中のカロチノイド系色素ル

ティンが漂白されるためであった¹⁾。

ところがこうして処理した小麦粉は、さらに付随的な効果として、ケーキ類の体積が増加したり²⁻⁴⁾、ケーキのテクスチャが改良されたり⁴⁾、オープンから出したとたんへこんでしまうケーキの悪い性質などが改良された³⁾のである。それ以外にも、ケーキの中にたくさんフルーツを入れるフルーツケーキのような場合も、普通だとケーキバター中のフルーツが焼き上がる前に、底部に沈んでしまうのだが、クロリネーションによって、良くホールディングされる効果も認められた⁵⁾。まさに何から何までという素晴らしい改良効果のあることが判明したのである。

まだオープンの普及していなかった日本に、フライパ

* 聖母女学院短期大学 (612 京都市伏見区深草田谷町 1)

ンで簡単に焼けるパンケーキ(ホットケーキ)が昭和36年ごろ、食生活の洋風化の先駆者として出廻ってきた。ホットケーキは、焙焼直後、まだ熱いうち(87°C ごろ)にバターあるいはメープルシロップ(楓糖)をつけて食べるものであるが、ふくらみの悪さ、弾力性の無さ、口腔内でダンゴ状になってしまうなどの欠点があった。クロリネーションした小麦粉でホットケーキを焙焼すると、やはりその改良効果は著しく、ケーキの体積が増加すること、熱いケーキのガミネス(口腔内でのねとつき感)がなくなること、弾力性が生じること等がわかり、実用化された。しかし、しばらく行われたこの方法も、製粉工場内でガス漏れが生じたとか、食品衛生面からの業界の自粛ムードから中止してしまった。小麦粉中に卵白、大豆粉等添加しながら、あるいは膨剤量を増加させながら、クロリネーションと類似の効果を求めたわけであるが、なかなか成果の上がないのが現状である。

そこで本研究では、クロリネーションによる小麦粉の改良のメカニズムを調べながら、ベーカリー食品中での澱粉、脂質、タンパク質等の役割りを明確にし、クロリネーションと類似の効果のある改良方法の開発を目標に研究を始めた。

小麦粉のクロリネーションによる改良効果とは

小麦粉のクロリネーションは、ボンベから取り出した一定量の塩素ガスを、回転している箱の中の小麦粉に導入して行う。小麦粉のpHは、クロリネーションレベルが上昇するに伴って低下してゆく。これを小麦粉クロリネーションの目安にしている。ケーキ用小麦粉ではpH 5.3付近が適当とされていて、この時の塩素ガス量は、小麦粉1kg 当たり約1.0g である。こうして処理した小麦粉は、その特徴として糊化開始温度の低下や、あるクロリネーションレベルから最高粘度が上昇するということがブラベンダーアミログラムからわかった(Fig.1)⁴⁾。さらに、クロリネーションによって、室温における小麦粉吸水性の上昇、吸油性の上昇が認められた(Fig.2)⁴⁾。吸水性、吸油性の上昇は、相反する性質であるだけに、多成分系である小麦粉中のいろいろなものへの反応が複雑に起こっていることを示唆するものであった。

こうしたクロリネーション小麦粉で、パンケーキベーキングを行うと、Fig.3のように、クロリネーションレベルの上昇に伴って、ケーキ体積の増加、ケーキ組織の弾力性増加、ガミネス消失等の改良効果が生じることが判明した⁴⁾。しかし、小麦粉成分の複雑なことから、小

Fig. 1. Effect of chlorination on viscosity of flour at temperatures ranging from 70 to 95°C.

Fig. 2. Effect of chlorination on viscosity of flour-water slurry (A) and flour-oil slurry (B) at constant temperature (25°C).

麦粉中のどの成分がケーキの膨脹や各種テクスチャーの改良と結びつくのかについては、全く不明であった。そこで、小麦粉の分画、再合成および、その再合成粉によるケーキベーキングテスト方法の確立が必要となった。

パンケーキ用小麦粉の分画、再合成および再合成粉によるパンケーキベーキング方法

酢酸分画法⁶⁾によって、小麦粉を水溶性区分、グルテン区分、テーリングス区分、プライムスターチ区分に分画することができた⁷⁾。各区分を凍結乾燥後、元の小麦粉と同一比率で混合し、1) バターの攪拌条件、2) 粉

Fig. 3. Effect of chlorination on pancake volume and springiness.

体に対する加水量, 3) パターの pH, の各条件を決めて焙焼すると, オリジナルの小麦粉で焙焼したパンケーキに回復することがわかった⁷⁾. このテクニックを駆使すれば, クロリネーションによる小麦粉のパンケーキ改良効果が, 小麦粉成分のどの部分に関与するものであるかが判明するであろうと考えられた.

クロリネーション小麦粉と未処理小麦粉の分画および分画区分入れ換え再合成粉によるベーキングテスト

クロリネーション小麦粉と未処理小麦粉を酢酸分画法で分画し, 凍結乾燥後, 粉体として得た. 水溶性区分, グルテン区分, テーリングス区分, プライムスターチ区分の4区分のうち, 1区分のみクロリネーション小麦粉から得たものを用いて, 再合成粉を調製し, 焙焼を行うと, ケーキの体積と塩素化したグルテン区分とが, ケー

キのテクスチャ (ケーキの弾力性やガミネス) と塩素化したプライムスターチ区分とが重要な関係にあることが判明した. さらに, 各々の区分をクロリネーションレベルを変えた小麦粉から調製し, それらを用いて焙焼を行うと, クロリネーションレベルがあがるに伴って, 各々その影響がはっきりしてくることが判明した⁴⁾. Table 1 にプライムスターチ区分へのクロリネーションの影響を示した. ケーキの膨脹とテクスチャの改良とは, やはり小麦粉中の異なった成分へのクロリネーションの影響であることがわかった.

ケーキの口腔内でのガミネス消失, 弾力性 (スポンジ性) 獲得は, とくに大切な性質であり, これらが小麦粉中のプライムスターチ区分の塩素化と重要な関係にあるということは, 澱粉性食品のテクスチャの本質を見極めるモデル実験として重要なものと思われた. 塩素化されたプライムスターチ区分を入れた改良効果の生じている再合成粉の中に, ショ糖脂肪酸エステルのような界面活性剤を添加して焙焼すると, 改良効果が消え, 再び弾力性の無い, ガミネスの強いパンケーキになることがわかり⁴⁾, クロリネーションした澱粉粒の変化とケーキのテクスチャとの間の関係を調べる糸口になると思われた.

クロリネーション小麦粉から分離された澱粉粒の性質について

クロリネーションした小麦粉から分離されたプライムスターチ区分は, 小麦澱粉粒から成り, これを未処理小麦粉から取り出したものと顕微鏡下で比較しても全く差異は認められなかった. 次に, カバーガラス表面に澱粉粒の水懸濁液を1滴附着させ, これをホールスライドガラス上に裏返してセットし, 水中での澱粉粒の挙動を顕

Table 1. Baking results of reconstituted, unchlorinated wheat flour replacing the prime starch fraction only from chlorinated flour.

Cl ₂ -Rate (g/kg)	Volume (cc)	Gumminess ^a	Springiness ^a	Crust	Symmetry
0.1	331	4.0 (—)	0.0 (—)	2.0	2.0
0.4	345	3.5 (3.5)	1.0 (1.5)	2.0	3.0
0.8	360	2.0 (4.0)	2.5 (1.0)	2.0	3.0
1.2	355	0.5 (4.0)	3.5 (1.5)	2.0	3.0
1.6	355	0.5 (4.0)	3.5 (1.5)	1.5	2.5
2.0	328	0.0 (3.0)	4.0 (3.0)	1.5	0.5

^a A number in parentheses indicates the value when sucrose fatty acid ester is added.

微鏡下で観察した。すると未処理の澱粉粒は、粒どうしが互いに相互作用することなく、メニスカス底部に沈んでゆくのに対し、クロリネーション澱粉粒は、沈んでゆく途中、粒どうしが接近すると、磁力で吸い寄せられるようにスッと凝集した。こうして次々に集まり、クラスターを形成した⁴⁾。この凝集の性質は、澱粉粒が膨潤しても消えず、ますます強固に凝集するような感じすら受けた⁸⁾。ところが、ケーキの改良効果を消したシヨ糖脂脂肪酸エステルを添加すると、立ち所の内に澱粉粒の凝集は消え、バラバラになった。クロリネーションした澱粉粒は、疎水的雰囲気を帯び、粒どうしが疎水結合で凝集したが、シヨ糖脂脂肪酸エステルの脂肪酸部が澱粉粒表面の疎水基と結合し、シヨ糖部が表面を向いたため親水基が澱粉粒表面に形成されたようになって、この凝集性が消えたのだと考えられた。

このクロリネーションした澱粉粒の表面の疎水性を数値化するために、オイル結合性を調べた。Fig. 4 に示すように、クロリネーションレベルが上昇するに伴って、澱粉粒表面の親油性は上昇することが判明した^{4,9)}。

Fig. 5 にその際の顕微鏡写真を示した⁴⁾。澱粉粒は、オイルドロップの表面あるいは内部にぎっしりと結合するようになる。これは、澱粉粒表面がクロリネーションによって親油性（疎水性）を持つようになったことを示している。

この澱粉粒の親油性（疎水性）は、いったいどのようにして生じたのか。Table 2⁹⁾ に示したように、澱粉粒を各種溶媒、あるいは酵素処理を行った後、親油性がどう変化するかを調べながら検討した。その結果、澱粉粒表面の脂質は、クロリネーションによる親油化とはあま

Fig. 4. Effect of chlorination on oil adsorption of wheat starch.

Table 2. Oil-binding capacity of chlorinated prime starch following treatment with various enzymes and certain solvents.

Treatment	Oil-binding capacity	
	(%)	(ml/g) ^a
None	100	1.4
Pepsin		
50 mg	0	0.0
5 mg	7	0.1
0.5 mg	20	0.3
Heat-denatured pepsin, ^b 50mg	79	1.1
Trypsin, 50 mg	0	0.0
α -Chymotrypsin, 50 mg	29	0.4
α -Amylase, 5 mg	20	0.3
β -Amylase, 8.25 mg	20	0.3
Chloroform-methanol	150	2.1
Water-saturated 1-butanol	100	1.4
Sodium dodecyl sulfate	130	1.8
7% HCl at room temperature	0	0.0

^a Milliliters of oil per gram of starch.

^b Boiled 5 min.

り関係がなく、粒表面のタンパク質がクロリネーションで親油的になっているようであった。各種プロテアーゼ処理で、親油性が消えたことから明らかである。クロリネーションによる澱粉粒の親油化（疎水化）は、小麦澱粉粒に直接クロリネーションしても生じる現象であり、ポテト、米、トウモロコシ、クズ澱粉粒等いずれでもこのクロリネーションによる親油化（疎水化）は認められた¹⁰⁾。いずれも粒表面のタンパク質の化学修飾に基づくものと思われた¹⁰⁾。

では澱粉粒表面のタンパク質がなぜクロリネーションによって親油化するのかを調べるために、次のようなモデル実験を行った。澱粉粒とほぼ粒径の類似したガラスパウダーを調製し、その表面に水に溶けた牛血清アルブミン (BSA) を付着させ、乾燥後クロリネーションした。その結果、ガラス粒は、強い親油性を示した¹¹⁾。さらに、シャーレ中に BSA 水溶液を流し込み、乾燥後クロリネーションすると、BSA は水に不溶となり、水中で薄膜を形成した¹¹⁾。BSA 以外のタンパク質でも同じ傾向が見えた。BSA 結晶タンパク質の粉体を直接クロリネーションし、紫外外部吸収を測定すると、290 nm 近辺の吸光度の上昇が認められ、チロシン等のベンゼン環にも何らかの変化が生じたものと思われた¹¹⁾。

Fig. 5. Starch granule near the surface of water and oil.

A) Nonchlorinated starch; B) chlorinated starch.
1 scale division = 10 μ .

次にクロリネーションによりタンパク質中のアミノ酸の変化を調べるため、市販の各種アミノ酸を乾燥状態でクロリネーションし、ペーパークロマトグラフィーでその変化を調べたところ、リジン、チロシン、シスチン等に新たなニンヒドリン陽性のスポットが認められ、いずれも疎水的に変化していることがわかった¹¹⁾。これらのアミノ酸が、澱粉粒表面のタンパク質中において、疎水性を引き起こす原因となっているものと推察された。

小麦澱粉粒表面のタンパク質について

小麦澱粉粒表面のタンパク質については、最近いくつかの報告¹²⁻¹⁵⁾がされつつあり、とくに穀粒の砕けやすさへの影響や、澱粉性食品中のタンパク質との相互作用のキーポイントとして注目を帯びつつある¹⁵⁾。

本研究ではまず、小麦澱粉粒表面のタンパク質を染料で染色することを試みた。タンパク質に特異的に染まる染料クマシーブリリアントブルー、アミドブラック等で染色した。さらに、蛍光染料（フローレスアミン）で染

Fig. 6. Fluorescence microphotograph of fluorescamine-treated wheat prime starch.

Fig. 7. Sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis of wheat starch granule surface proteins (A and B), acetic acid soluble proteins (C), alcohol-soluble proteins (D), and salt and water-soluble proteins (E), higher molecular weight glutenin subunits (a), ω -gliadins (b), α -, β -, and γ -gliadins; and low molecular weight glutenin subunits (c), albumins and globulins (d).

色を試みた。染色後、蛍光顕微鏡観察すると、澱粉粒表面は、美しい蛍光を発し、澱粉粒表面のタンパク質膜の

Fig. 8. Photomicrographs of wheat prime starch granules before extraction (A) and after the first (B), second (C), third and fourth (C), and fifth (D) extractions with 1% sodium dodecyl sulfate solution containing 1% 2-mercaptoethanol.

The scale bar indicates 10 μm .

Fig. 9. Oil droplets in water with adhering starch granules after mixing with prime starch fractionated from heat-treated wheat flour (120°C for 2 hr).

O, oil droplet ; S, starch granule ; W, water.

存在を確認できた (Fig. 6)¹³⁾. このタンパク質は、1% 2-メルカプトエタノール (ME) を含む 1% ドデシル硫酸ナトリウム (SDS) 溶液中に、小麦澱粉粒を 1% にな

るように入れ、室温で攪拌抽出をすることができた¹⁵⁾.

Fig. 7 に抽出タンパク質の電気泳動パターンを示した.

この ME を含む 1% SDS 溶液で、小麦澱粉粒表面を洗浄すると、タンパク質以外、リン脂質、炭水化物も抽出されてくるが、澱粉粒は顕微鏡で見る限り大きな変化はなかった.

しかし、この抽出操作を続けていくと、タンパク質、リン脂質の抽出は約 24 時間ほどで終了し、炭水化物のみ抽出がすすんでゆく. 光学位相差顕微鏡でようすを観察すると、はじめ澱粉粒の中心部に窪みが生じ (Fig. 8 C)¹⁵⁾, その後ある時急激に澱粉粒は偏平な平らな形に変形し、周縁部に放射状の模様が見え、粒中心部はリング状の模様が生じた (Fig. 8 D)¹⁵⁾. 走査型電子顕微鏡観察では、この模様は見えず、光学位相差顕微鏡でのみ見えたので、おそらく内部が透けて見えたのであろう. なお、澱粉粒の偏光顕微鏡による偏光十字は、このころになると中心部が消え、外周部のみわずかに残った. 澱粉粒表面のタンパク質やリン脂質が除去され、少しずつわずかなではあるが、内部の炭水化物がぬけ (約 6%), 澱粉粒

の内部構造上の骨組みのようなものが浮き出てきたものと思われ、澱粉粒の高次構造を調べる糸口になるものと思われた。

クロリネーション小麦澱粉粒の気泡安定性

クロリネーションした小麦澱粉粒は、粒表面の性質が親油性（疎水性）になり、その程度は、クロリネーションレベルがあがるに伴って強くなることが判明したが、これがパンケーキの改良効果とどのような関係にあるのだろうか。

パンやケーキなどの組織は、気泡の集合体で、その気泡を小麦粉で抱きかかえているのがスポンジ性食品である。そこで小麦粉がこの気泡をどのようにして逃がさずにキャッチするかが大切なことと思われる。クロリネーションしたとき、小麦澱粉粒と気泡の安定性との係わりについて検討した。次のようなモデル実験を行った。起泡剤としてイソアミルアルコールを用い、澱粉粒水懸濁液とともに目盛付試験管中で激しく攪拌すると、クロリネーションレベルが上昇するに伴って、澱粉懸濁液による気泡の安定性が上昇することがわかった¹⁶⁾。クロリネーションによる小麦澱粉粒表面の疎水化は、このような面からもケーキの改良に係わっているものと思われた。

加熱処理小麦粉によるパンケーキベーキングテスト

小麦粉の加熱処理は、古くから焙焼効果を狙って多く試みられてきた¹⁷⁻¹⁹⁾。しかし、加熱条件の選択の難しさからか、あまりこれといったきっちり整理された報告がない。これまでのクロリネーションの研究から、ケーキの弾力性等のテクスチャと小麦澱粉粒表面の親油化（疎水化）が重要な関係にあることがわかった。そこで、加熱処理小麦粉中の澱粉粒表面にもそのような親油性はないか。もし得られるならば、その加熱条件で得た小麦粉で焙焼した場合、ケーキにクロリネーション同様のテクスチャが得られるはずである。このような考えで、小麦粉の加熱処理条件の検討と、そこから得られた澱粉粒表面の性質を検討した。その結果、Table 3 に見られるように、加熱処理温度 120℃、1~2 時間でクロリネーション同様に強い親油性の生じることがわかった²⁰⁾ (Fig. 9)。

次に、この親油性の得られる加熱条件下で小麦粉を加熱し、パンケーキベーキングテストをすすめると、Table 4 に見られるように、クロリネーションに良く似た強い

Table 3. Time course of heat treatment (120℃) of wheat prime starch.

Heating time (min)	Moisture content after heat treatment (%)	Oil-binding capacity (ml of oil/g of starch)
0	23.10	0.3
5	7.59	0.2
10	5.96	0.3
15	5.93	0.4
20	5.40	0.6
30	3.40	0.8
40	3.59	1.0
80	2.51	1.0
120	0.00	1.0

弾力性がケーキに生じることがわかった²¹⁾。この時の小麦粉のブラベンダーアミログラフを調べると、クロリネーション小麦粉の実験結果と良く似ていた。すなわち、120℃ の加熱処理時間をしだいに延長してゆくと、粘度上昇の立ち上がり温度が次第に低下していった²¹⁾。この粘度立ち上がりの温度の低下は、小麦粉中の澱粉粒の変化に基づくものと思われるが、たぶん、粒表面の疎水化が加熱処理ですすみ、他成分との相互作用が起り、加熱によりその相互作用はさらに強まり、粘度上昇に至ったものと思われた。

加熱処理小麦澱粉粒の性質について

加熱処理した親油性（疎水性）小麦澱粉粒は、プロテアーゼ処理の結果、クロリネーション小麦澱粉粒同様、粒表面のタンパク質が疎水的に変化していることがわかった (Table 5)²⁰⁾。クロリネーションと加熱処理とは全く異質の処理方法であるが、加熱処理により澱粉粒表面のタンパク質の立体構造が大きく変化し、内部に収まっていた疎水基が、加熱によって表面に露出したものと推察された。クロリネーションのモデル実験と同じように、BSA をコートしたガラス片は、加熱処理で強い親油性を示した²²⁾ことなどからも、澱粉粒表面のタンパク質は、加熱処理により親油化したものと思われた。

加熱処理小麦澱粉粒は、クロリネーション小麦澱粉粒同様、イソアミルアルコールを用いたモデル実験から、水中の小麦粉懸濁液中で気泡安定性を示すようになることがわかった²³⁾。これもやはり、加熱処理小麦粉を用いたケーキ類の組織改良効果に重要な役割りを演じているものと思われた。

Table 4. Effect of time of heat-treating wheat flour on the volume and springiness of pancakes.

Conditions of heat-treatment	Specific volume ^a (ml/g)		Thickness after releasing ^b (mm)	Springiness ^c (%)
	Original	After pressing		
120°C 0 hr (9.9) ^d	2.03	1.55	37.8	76.2
0.5 (6.3)	1.97	1.57	40.8	79.9
1.0 (3.6)	1.96	1.61	41.3	82.4
2.0 (0.0)	1.95	1.69	48.5	86.7
3.0 (0.0)	1.91	1.71	50.5	89.6
4.0 (0.0)	1.89	1.83	56.0	96.9
5.0 (0.0)	1.73	1.68	57.0	97.4

^a Standard deviation ± 0.014 .^b Standard deviation ± 0.5 .^c Standard deviation ± 1.1 .^d Percent of moisture content of heat-treated wheat flour. Experiments were replicated at least twice.

Table 5. Effect of various treatments on oil-binding of heat-treated prime starch.

Treatment	Retained oil-binding capacity of prime starch heated 2hr at 120°C	
	ml of oil/g of starch	Percent
None	1.0	100
WSB ^a	0.9	90
CHCl ₃ -CH ₃ OH (2:1)	0.8	80
1% SDS ^b	0.9	90
7% HCl	0.2	20
0.2% NaOH	0.2	20
α -Amylase, 0.5 mg	0.3	30
Pepsin		
5.0 mg	0.2	20
0.5 mg	0.4	40
0.05 mg	0.7	70
Heat-denatured pepsin, ^c		
0.5 mg	1.0	100

^a Water-saturated 1-butanol.^b Sodium dodecyl sulfate.^c Heat denaturation was performed by boiling for 5 min.

クロリネーション小麦粉および加熱処理小麦粉中のプライムスターチ区分の他小麦粉成分との相互作用について

酢酸分画法で小麦粉を4区分に分画する際、これまで

ワーリングブレンダーを用いた激しい攪拌をしながら分画をすすめてきたが、この方法では澱粉粒表面の親油化(疎水化)による他成分との相互作用を破壊してしまい、全く観察することができなかったが、マグネチックスターラーによる小麦粉の分画操作をすすめると、クロリネーションおよび加熱処理した場合の小麦粉成分間の相互作用を見ることができるとわかった^{24,25)}。プライムスターチ区分とテーリングス区分は、ケーキ用小麦粉中で合計すると80~90%を占める重要な成分であり、これらが疎水性で合一するわけである。このような小麦粉でパンケーキベーキングを行い、ケーキクラムを集めて、同一の分画を行うと、小麦粉と同様にプライムスターチ区分とテーリングス区分の分離が困難になることがわかった^{24,25)}。したがって、小麦粉中のプライムスターチ区分とテーリングス区分の結合性は、ケーキ組織中でもそのまま保持され、ケーキの組織形成に重要な役割りを演じ、ケーキの弾力性やガミネス等のテクスチャ改良に効果を示しているものと考えられた。本実験での小麦粉の加熱処理は、かなり高温短時間ですすめるが、加熱温度を低くして、長時間処理を行うと、これらの結合性は、やはり保持されることが最近の研究からわかった。さらに室温で長時間の小麦粉処理も同様の現象が認められると思われ、小麦粉のエイジングによる改良効果の原因は、やはりこれらの結果の延長線上にあるのではと考えられた。

文 献

- 1) K. KULP : *Bakers Dig.*, **46**(3), 26-32 (1972).
- 2) J. T. WILSON and D. H. DONELSON : *Cereal Chem.*, **42**, 25-37 (1965).
- 3) E. J. PYLER : *Baking Science and Technology*, Vol. II, Seibel Publishing Co. New York, New York (1973).
- 4) M. SEGUCHI and J. MATSUKI : *Cereal Chem.*, **54**, 287-299 (1977).
- 5) S. J. CORNFORD : *J. Sci. Food Agric.*, **12**, 693-700 (1961).
- 6) W. F. SOLLARS : *Cereal Chem.*, **35**, 85-99 (1958).
- 7) M. SEGUCHI and J. MATSUKI : *Cereal Chem.*, **54**, 1056-1061 (1977).
- 8) M. SEGUCHI : *Stärke*, **37**, 116-118 (1985).
- 9) M. SEGUCHI : *Cereal Chem.*, **61**, 241-244 (1984).
- 10) M. SEGUCHI : *Cereal Chem.*, **61**, 244-247 (1984).
- 11) M. SEGUCHI : *Cereal Chem.*, **62**, 166-169 (1985).
- 12) G. D. A. LOWY, J. G. SARGEANT and J. D. SCHOFIELD : *J. Sci. Food Agric.*, **32**, 371-377 (1981).
- 13) M. SEGUCHI : *Cereal Chem.*, **63**, 518-520 (1986).
- 14) P. GREENWELL and J. D. SCHOFIELD : *Cereal Chem.*, **63**, 379-380 (1986).
- 15) M. SEGUCHI and Y. YAMADA : *Cereal Chem.*, **66**, 193-196 (1989).
- 16) M. SEGUCHI : *Cereal Chem.*, **64**, 281-282 (1987).
- 17) D. W. KENT-JONES and A. J. AMOS : *Mod. Cereal Chem.*, 6th ed., Food Trade Press Ltd., London, p. 171 (1967).
- 18) J. V. RUSSO and C. A. DOE : *J. Food Technol.*, **5**, 363-374 (1970).
- 19) K. LORENZ and K. KULP : *Cereal Chem.*, **58**, 49-52 (1981).
- 20) M. SEGUCHI : *Cereal Chem.*, **61**, 248-250 (1984).
- 21) M. SEGUCHI : *J. Food Sci.*, **55**, 784-785 (1990).
- 22) M. SEGUCHI : *Cereal Chem.*, **63**, 311-315 (1986).
- 23) M. SEGUCHI and Y. YAMADA : *Cereal Chem.*, **65**, 375-376 (1988).
- 24) M. SEGUCHI : in *Program & Abstracts, International Symposium on Cereal and Other Carbohydrates. (ISC)*, Abstract No. P24, Kagoshima. (1990).
- 25) M. SEGUCHI : in *Program & Abstracts, 75th American Association of Cereal Chemists Annual Meeting*, Abstract No. 154, Dallas, Texas (1990).

(平成3年1月9日受付, 平成3年1月31日受理)