

小麦と小麦粉の科学

目 次

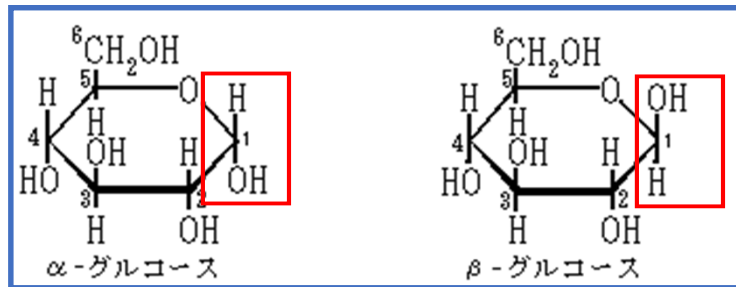
- 1 3. 1 デンプンの分類と特性
- 1 3. 2 デンプン糊化の変化
- 1 3. 3 各種デンプンの糊化温度と特徴
- 1 3. 4 各種デンプンの糊化と特徴
- 1 3. 5 デンプンの老化
- 1 3. 6 各種デンプンの老化

*フードトピックス 22-⑥ に続く

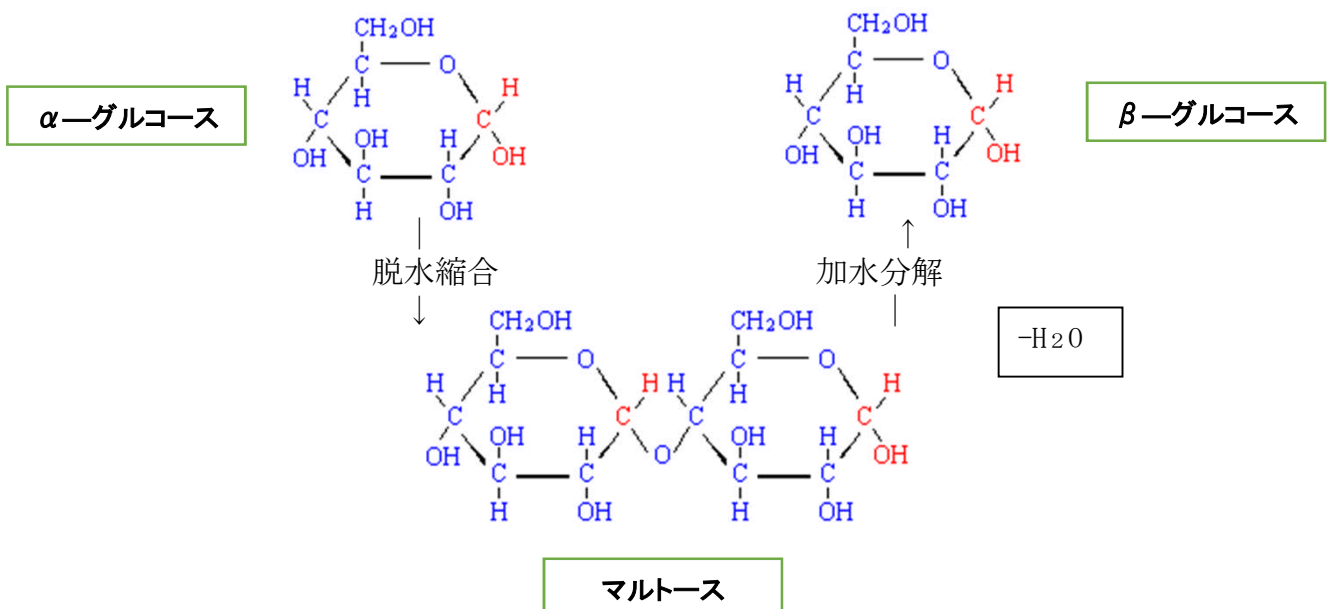
シンクタンク「食品関連コンサル協議会(FCC)」
シニアコンサルタント
N. O. B. フード・テック 代表
高橋明弘

13.1 デンプンの分類と特性

小麦粉デンプンの特徴を述べる前に、一般的にデンプンとはどのようなものかみてみる。高校の化学の教科書を参考にして頂くと、良く理解できるのではないのでしょうか。デンプンはブドウ糖（グルコース） $C_6H_{12}O_6$ の重合体です。そのグルコースも、下図の1はC（炭素）の事で、結晶の分子はC1が酸素原子で結ばれた六角環状の構造になっています。このC1に結合してOH（ヒドロキシル基）が下向きのこの構造のものが α グルコースで、この重合体がデンプンです。ややこしいですが、C1についているOH（ヒドロキシル基）の位置が逆に上向きなのが β グルコースで、この重合体が繊維素（セルロース）です。ブドウ糖（グルコース）の分子式は $C_6H_{12}O_6$ ですが、分子を構成する原子の結合状態を表す構造式でみると下記のように炭素原子C1のH（水素原子）とOHの結合仕方が逆になっている。これらは、分子式では同じだが、構造式が違い互いに異性体という。ほんの少しの差とみえたものが、重合するともの凄い差になります。



良く考えてみれば、植物の葉の中で光合成が行われ、二酸化炭素（ CO_2 ）と水（ H_2O ）からブドウ糖（グルコース）（ $C_6H_{12}O_6$ ）ができて、その重合体がデンプンやセルロースになったわけで、構成単位はグルコースです。2つの α グルコースがC1のところとC4が結合して水（ H_2O ）がとれたのが、マルトース（麦芽糖）です。マルトース（麦芽糖）は単糖（これ以上分解出来ない糖）の α グルコース2つから出来た糖で二糖類といわれる糖です。水に溶けやすく、グルコースと同じ位の甘味がある。ホシイモに出来る白い粉や甘い水飴の主要成分です。



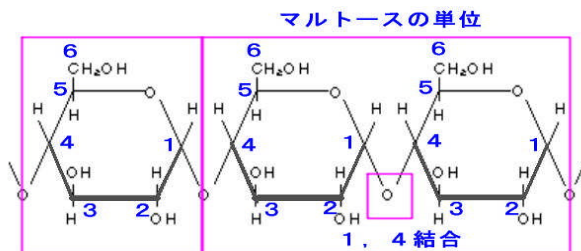
デンプンは広く植物界に存在し、特に米、麦、トウモロコシ、などの種子の中に多く含まれている。一般的には米:75~80%、麦:65~75%、トウモロコシ:約70%前後、ジャガイモ:15~20%、サツマイモ:30~35%の構成比で含まれている。水より著しく重く(比重:1.65)で水の中では白色の粉状に沈殿するのでデンプン(澱粉)の名前を生じた。デンプンは単糖である α グルコースが多数脱水縮合して結合~重合~して出来た単純多糖類とも言われている。デンプンは逆に分解する時は、C1のところとC4の所で加水分解を起こしていく。動物の唾液や膵(すい)液中に含まれるアミラーゼ(昔はジアスターゼとも呼ばれていた)は、デンプンを分解する酵素(生物体内で合成されるタンパク質の一種で、種々の化学変化の触媒作用をする物質・無生物)の総称です。醸造や食品加工に使われる麴かびや麦芽(大麦を発芽させたもの)には、強力な作用をもつアミラーゼを持っている。

デンプンをアミラーゼで分解させると、最終的になぜか、二糖類の麦芽糖(マルトース)の所で加水分解が終わる。この為、デンプンの最小単位はマルトースと言われている。

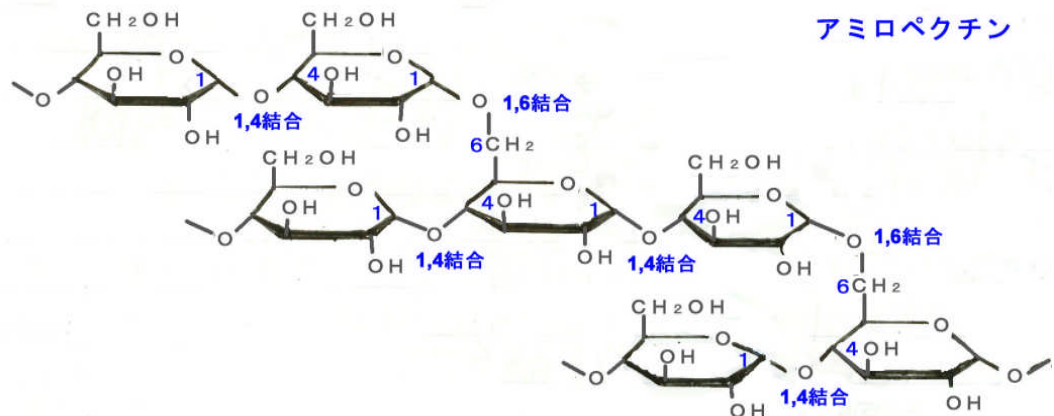
特に、麦芽のアミラーゼは特に強力で、多量の加水分解生成物を生じるのでこの麦芽糖の由来になった。この糖は天然で遊離の状態では余り存在しない。

デンプンと構造の似ている β グルコースの重合体であるセルロース(繊維素)は植物の細胞膜の主成分で、自然界に最も広くかつ多量に分布する炭水化物です。 β グルコースのC1のところとC4のところが、脱水縮合し重合した多糖類で、 β -1,4結合が真っ直ぐ繰り返りつながっている構造になっている。セルロースは細菌の酵素セルラーゼにより加水分解されるが、人体はセルラーゼを持たないから、食品中のセルロースはほとんど消化されずに体外に排出される。

アミロース



α -グルコースの単位



	ブドウ糖の結合	個 数	特 性
アミロース	直鎖状	300~1200	熱水に溶けず、水との加熱で粘度の高い糊状になる、冷えると硬くなる
アミロペクチン	分岐状	1~25万	熱水に溶け、粘度を示さず、冷えるとゲル状に硬くなる

1 3 . 2 デンプンの糊化の変化

小麦粉の成分で、70%以上は炭水化物のデンプンであり、一番多い成分であり、デンプンは、加水と加熱で大きな変化する特性を備えている。

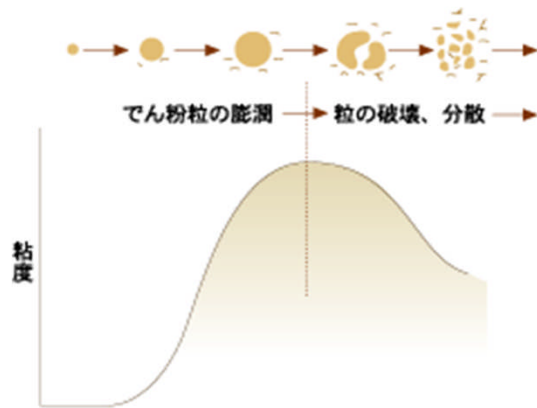
植物中にある生デンプン粒は、硬く密着集合して微結晶な状態（ミセルと呼ぶ）で存在している。結晶構造の生デンプンはβデンプンと言われている。

生デンプンを水とよく混ぜながら加熱すると、60℃付近から、半透明な溶液になってゆく。デンプン粒のミセル構造がほぐれ、膨潤しネバネバした溶液になる、さらに加熱すると、デンプン粒は崩壊し粘度が低下してサラサラになる。これを**ブレイクダウン**と言う。

デンプンが膨潤して、ネバネバした糊状になることを、糊化（α化）とよんで、出来たデンプンがαデンプンである。αデンプンは、生のβデンプンと異なりアミラーゼの作用を受けて消化され易いものになります。

βデンプンがα化する最低温度や糊化の変化はデンプンの種類によって異なります。小麦デンプンの特徴は、α化する温度が高く（80℃以上）、糊化した時の粘度とブレイクダウンした時の粘度の差が余りない事です。

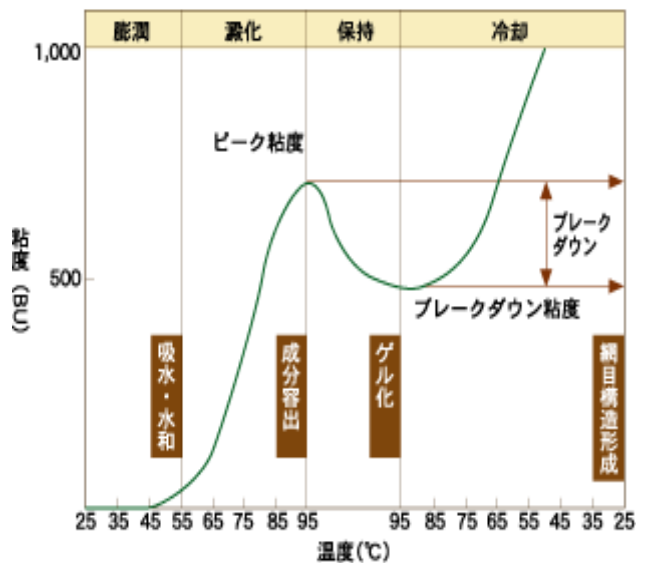
でん粉の糊化の模式図



糊化の進行（加熱温度、時間、攪拌力、糊化促進剤など）

出典：でん粉製品の知識(高橋禮治)

小麦でん粉の粘度曲線（アミログラム）

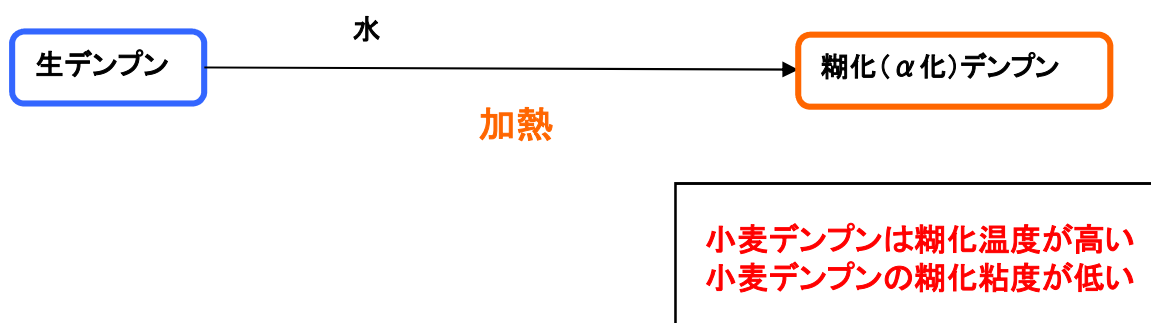


出典：小麦の科学(長尾勝一編)

1 3. 3 各種デンプンの糊化温度と特徴

一般にジャガイモやサツマイモの様に地下にできる根菜デンプンは、低い温度で糊化が始まる。穀物などの地上にできるデンプンは、温度が高くなると糊化が始まらない。糊化したデンプンの粘度もベトベトせず、サラットしている。

特に、小麦デンプンは糊化温度が高いため、小麦粉を使用した食品は高温で焼く例が多い。食パンなどは、220℃近い温度で、40分近く焼かないと、デンプンがα化しない。



	食 物 の 種 類						
	米	ジャガイモ	タピオカ	サツマイモ	トウモロコシ	小麦	
デンプンの糊化温度 (°C)	63.6	64.5	69.6	72.5	86.2	87.3	
糊化デンプンの粘度 (BU) *	680	1028	340	683	260	104	
比率 (%)	アミロペクチン	81	75	83	81	75	70
	アミロース	19	25	17	19	25	30
粒の大きさデンプン (直径ミクロン)	2~8	5~100	4~35	2~40	6~21	5~40	

*各種6%濃度 BU : 粘度の強さ 粘度の強いものほど高い

河田 昌子著 お菓子の「こつ」科学

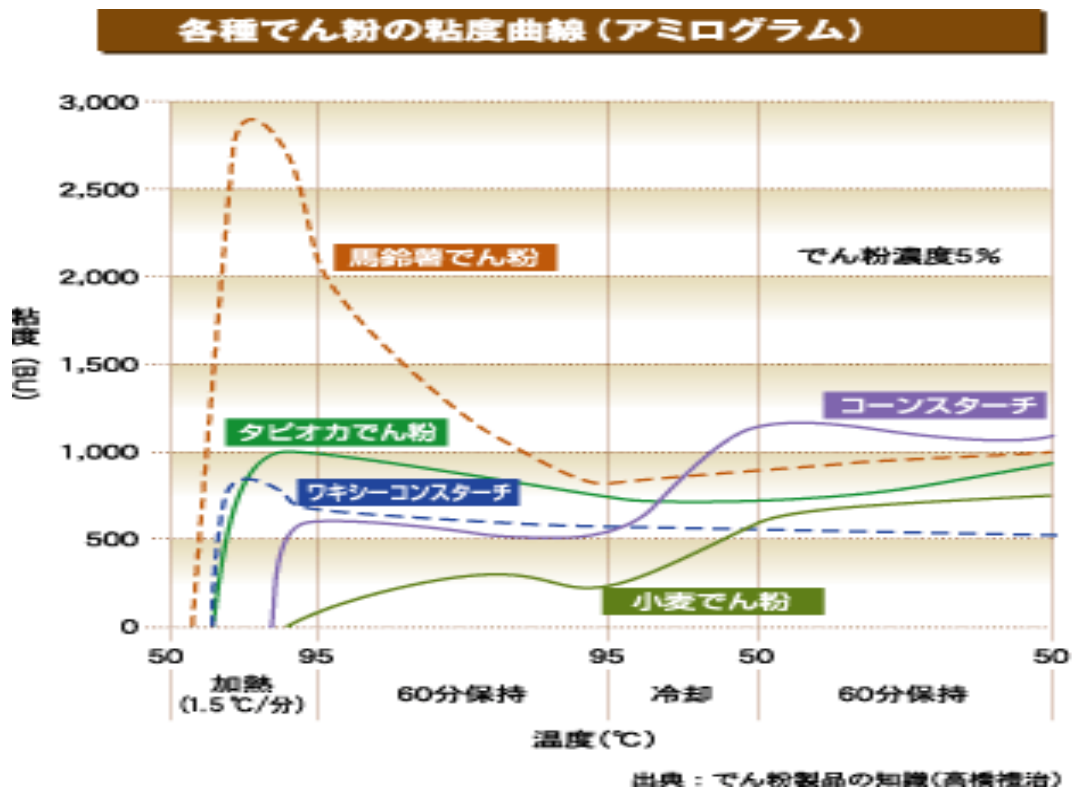
13.4 各デンプンの糊化の特徴

これまで、小麦粉中で大きな組成成分である小麦デンプンは、後で述べる小麦タンパク質に比べて、穀物化学の世界では、余り重要視されてきませんでした。

ただ、小麦粉を活用する、食品加工の世界では、小麦デンプンの特性を充分理解する事が、実務の面で大切です。

各種デンプンの、5%溶液の加熱保持・冷却の経過を見ると、小麦デンプンが際立った特徴を持っているのが分かります。根茎地下デンプンのジャガイモデンプンは、糊化温度が低いために、すぐ α 化が始まり、急激に粘度が上がるが、直ぐにブレイクダウンを起こす。調理で片栗粉（今は、殆どジャガイモデンプン）を使って、トロミをだすが、トロミのでた時点で加熱を止めないと、粘りが無いトロミとなる。（ブレイクダウンの現象）穀物地上デンプン、中でも小麦デンプンは完全糊化に至る温度が高いので、加熱時間が長く、粘度の変化がどのデンプンに比べても緩やかで低い。ブレイクダウンしても大きく粘度が落ちない、加熱してから時間が掛かっても大きな粘度の変化がない、ここが最大の特徴になってくる。小麦粉を原料とした食品の中で、洋菓子、ケーキ類はこの特性を充分に反映したものに成っている。卵、バターなどの油脂、砂糖に、小麦粉を加えた生地を鉄板上に整形したり、型に入れて95℃近くまで持ってきても、粘度の大きな変化がないので、焼成時まで整形が変形したり、型の中の生地が沈む事がないのである。

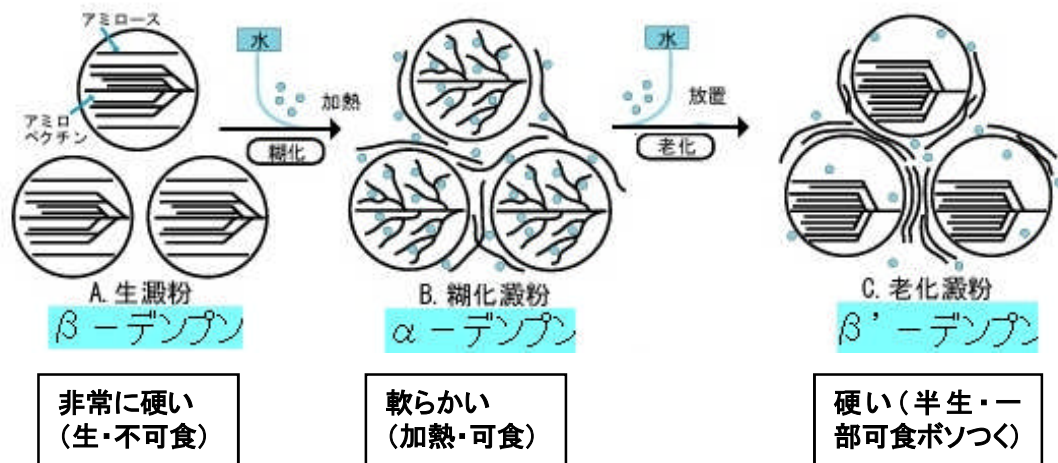
他のデンプンでは、形が出来ないし、体積がでない。同じ穀類のトウモロコシデンプンでは、ある程度のケーキ類は作れるが、食感がぱさつき、早く乾いて、ソフトで口溶けよい製品が得られない



13.5 デンプンの老化

デンプンが主成分のお米やパン類では、加熱して糊化したデンプンは、時間の経過とともに、硬くなってゆきパサパサとした口当たりの悪い状態に戻ってしまいます。

糊化したデンプンの特性が失われていく現象をデンプンの「老化」と呼んでいます。この老化現象は、水分含量が30~60%、温度が0~3℃の時に最も進みやすい事が知られている。デンプンの糊化を α 化と言う様に、老化を β 化、デンプンの逆もどり(Retrogradation)と言う。これは、狭義の老化を意味する。パンが、時間の経過と共に新鮮な香りが無くなったり、ボソ付く様になった時も老化(Staling)と言う。これは、広義の意味で、デンプンの β 化だけでなく、新鮮な焼き立ての香りを含めた美味さが、時間の経過とともに、失われた状態の事を意味する。デンプンの β 化、その度合いは構成するアミロースとアミロペクチンの割合によっても左右される。ブドウ糖の直鎖構造のアミロースの方が、分岐構造のアミロペクチンよりも β 化しやすい、もち米を α 化したものが、 β 化しにくいのはデンプンがアミロペクチンだけから成るためである。



◎ 糊化したデンプン (α -デンプン) が時間の経過とともに、もどに戻るようになる

- ・アミロース 老化する速度が速い
- ・アミロペクチン 老化する速度が遅い

◎ デンプンの老化と食品の老化

①デンプンの老化

- ・糊化した α -デンプンが戻る

Retrogradation 狭義の意味

②食品の老化

デンプンの老化

- ・香りが無くなる

- ・硬くなる

- ・新鮮さが無くなる **Staling** 広義の意味

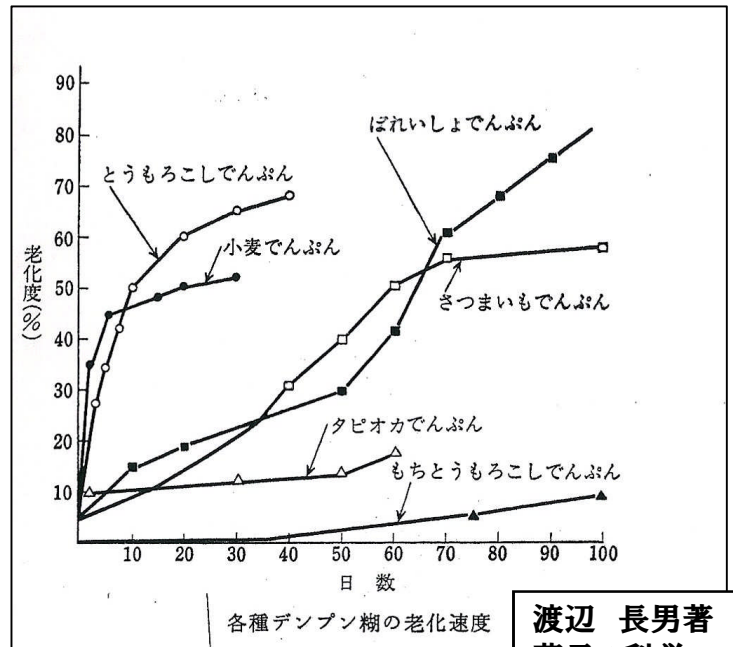
代表例 ・焼き立てのパン、 ・美味しく炊けたごはん

13.6 各種デンプンの老化

各種デンプンの老化してゆく速さを見てみると、小麦デンプンが老化の早いのが分かる。小麦デンプンは糊化、 α 化が遅いのに、老化、 β 化がすぐにはじまるのが分かる。

タピオカデンプンは、低い温度で直ぐに α 化し、その後もなかなか β 化しないし、使用するとモチモチした食感をだし、全体の α 化をはやめるので、一時うどんの製造、特に冷凍うどん製造に使われていた。

小麦粉デンプンの老化が速いので、昔は冷蔵ケースにあった市販のサンドイッチのパンは、パサパサした物が多かったが、最近のサンドイッチのパンは、老化もせずシットリしています。



渡辺 長男著
菓子の科学

デンプン素材の食品で、 β 化させず、 α 化デンプンをそのままの状態を維持していくためには、①水分を素早く飛ばして15%以下に持ってゆく、煎餅、インスタント・ラーメンなどがあります、②食品中の水分の移動を阻止するため、 -30°C 以下に急速凍結する、パンの凍結、冷凍麺、など ③デンプンの素材に、水に溶けやすい砂糖の様な副材を加えると、砂糖が遊離の水を抱き込んで、水分の移行を止めるため、加熱し α 化したデンプンが β 化するのを阻止する。 求肥や練羊羹などがこれに当たる。 ④老化防止剤の添加パンの老化防止には、乳化剤（親水性の部分と親油性の部分の両方を合わせ持ち、少量で水と油を均一に分散させてくれる、代表的なものに、グリセリン脂肪酸エステルがある。これはモノグリ、またはモノグリセライドと言われている。）が使われている。これは、 α 化したアミロースの中でモノグリがアミロースと結合・複合体となって、時間の経過で β 化しようとするのを抑制する。

最近の柏餅や団子類は、時間が経過してもそれ程、硬くならず美味しく食べられる、昔は、直ぐに硬くなったし、自家製の団子は相変わらず直ぐかたくなる。

餅や団子の老化防止には、デンプン分解酵素のアミラーゼ（後述する）、特に麦芽糖を生成する β -アミラーゼが多く使われている。絶大な効果が認められるので、殆どの餅類の市販品に使われている。未だ生地が暖かい製造工程の最後に、この β -アミラーゼの製剤添加・混合する事によって、酵素が作用してデンプンのアミロース、アミロペクチンの末端から大量の麦芽糖を生成する。これは、丁度、砂糖を添加するのと全く同じ効果で、自由な遊離する水を抱え込んでしまうので、 α 化したデンプンの β 化を抑えてくれる。