

アルファ澱粉

大阪大学教授 二 国 二 郎
産業科学研究所

1. 沿 革

アルファ澱粉という比較的耳新しい言葉であり、何か澱粉の新製品であるかのように考えられやすいが、アルファ澱粉こそ人類が火を発見して以来の澱粉の食形態であり、澱粉の最も古い加工製品であるということが出来る。

人類は長い間の経験から澱粉質の食品は必ず加熱して食べておりこの加熱したものが冷えれば固くなりまじくなることを知っていたが、その理由に関しては近頃まで殆ど省られなかつた。

所が1920年代の終りオランダで次のような事情からこの問題が研究され出したという。即ちオランダは旧教の盛んな国で、安息日の日曜日には全国民が仕事を休んでしまう。この為に月曜日には国民全体が土曜日に作った固い古いパンでなければ食べられない。これが国民の栄養に及ぼす影響が問題となり、政府はこの研究を物理学者の J.R. Katz 博士に委嘱した。

そこで Katz は食パンの主原料である小麦粉、焼き立てのパン、古くなつて固くなつたパンの大小について X 線廻折図による研究を開始した。その結果、生の小麦粉は結晶質に似た分子構造を示すのに対して、焼き立てのパンではこの結晶構造がなくなり丁度液体分子と同様のぼんやりした X 線廻折図型を示し、更に古くなつたパンは次第に生澱粉と同じような結晶構造に再び帰つて行くことが解つたのである。それまで多くの食品類は結晶質ではないと考えられていたので、この研究は大いに注目され更に詳しい実験が繰返された。その結果、小麦粉の中でこのような結晶質の構造を示すものは、蛋白質やその他の成分ではなくてその主成分である澱粉であること、小麦以外の玉蜀黍、米、馬鈴薯等から得られた精製生澱粉もほぼ同様の結晶構造を示し、水と共に熱すればこれが崩れ、冷せば再び現われることが明らかになつた。

そこで1930年 Katz はこれらに関する最初の論文を発表し、その中で、水と加熱して糊化し、分子の規則性を示す、鋭敏な多数の X 線干渉環がなくなり、ぼんやりした、Katz のいわゆる糊化干渉図型を与える状態の澱粉を α (アルファ)澱粉と呼び、これに対して鋭敏な多数の X 線干渉環を与える生澱粉及び一度糊化した後古くなつて老化した澱粉を β (ベーター)澱粉と呼んだのであ

る。アルファ及びベーターはギリシア文字で、英字の a 及び b に相当する。

吾国でも京大の桜田博士は1934年頃から吾国の主食である米についてこの実験を詳しく追試し、パンの場合と同様に生米はベーター澱粉であるが、炊いた御飯はアルファ澱粉となり、御飯が冷えると次第にベーター澱粉にもどることを明かにした。尚岡氏等は糯米も粳米と殆ど変わらないベーター図型を与え、加熱糊化して餅としたものは、御飯の場合よりももつとぼんやりしたアルファ図型を与えることを認めている。

著者は昭和18年(1943年)頃から、この問題に興味を持ち、冷水を加えるだけで搗き立ての餅或は葛練りとなる「餅の素」或は「葛の素」の製品の製造理論及び消化性を明かにし、この理論から水を加えるだけで炊き立ての冷たい御飯となる「乾燥飯」を発明し、軍糧として大量製造を指導したが、敗戦後更に次のような事情でアルファ澱粉の問題に関与するようになった。

戦争中から乳製品が欠乏し、その上一般食糧事情の悪化から乳不足の母が多くなり乳児栄養の問題が深刻となつた。この為政府はなけなしの米をこれに当て、全国約100軒の業者がこれを政府の指令に従つて、精白、製粉、乾熟していわゆる乳幼児用穀粉を製造し、乳不足の乳幼児に配給したのである。

このものは製粉後殺菌の意味で焦げない程度に数分間加熱しただけであるから勿論ベーター澱粉であつた。その使用法は水又は牛乳と充分煮沸してから乳児に与えるように明示してあるのであるが、空腹に泣く子をかたわらに置いて火を起し、煮沸し、冷却して与えることは人手及び燃料不足の当時は極めて困難なことであつた。特に栄養智識の不足な農村等に於いては、加熱を必要としない従米の乳製品と混同され、ぬるま湯とかき廻して与えられる場合が多く、ひどい消化不良の原因となり各地の小児科医師からその害作用が報告されるようになった。

著者は澱粉の加工と消化の理論から乳幼児穀粉は必ずアルファ澱粉とすべきことを主張して厚生省及び農林省当局にいれられ、昭和22年以後乳児用穀粉協会と協同して全穀粉業者にアルファ化の重要性和その工程とを講習指導した。これが全国的にアルファ澱粉の名前を有名に

したようである。

このアルファ化穀粉は、やゝ優良な製品が出来るようになった昭和24年には既にぼつぼつ乳製品が出廻り出し、その売行きは急速に減少してしまつた。

しかしアルファ澱粉でなければ、消化が著しく困難なことは厳然たる事実であり、日々の生活にも常に関係し、又新旧のアルファ澱粉製品が意識的或は無意識的に盛んに製造販売製造販売されている。

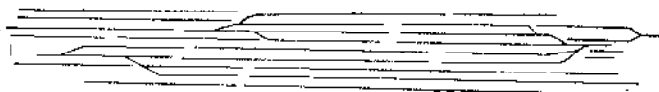
2. アルファ化と消化の理論

澱粉はグルコース分子が数百個から数千個連り合つて出来た非常に高分子量の化合物であつて、そのグルコースの連り方から2種類の成分に分けられる。

その一つはグルコースが長く一列に連つて出来た1本の糸のような分子でアミロースと名付けられる。第二の成分はこの糸状分子の所々から枝分れし、更に又その枝が枝分れして出来た枯枝のような形の枝分れ分子でアミロペクチンと呼ばれる。

普通の澱粉は糸状分子が20~30%、枝分れ分子が70~80%の割合で混り合つて出来上つている。

植物の葉で光合成された炭水化物の一部は次代の幼植物のために一定の細胞に可溶性の糖分として運ばれ、こゝで貯蔵澱粉として貯えられるのであるが、この際澱粉分子は再合成されると同時に分子が互に並んで非常に規則正しい束を形成する。この際糸状のアミロース分子はその形から考えられるように、多数集つてそろつた束を作りやすいが、枝分れ分子であるアミロペクチンも、枝の端の比較的長い所をそろえて、隣りの枝と並んだり或はアミロースの束と一緒になつたりして矢張規則正しい束の一部をなしている。この有様は第1図のように模型的に書き現すことが出来る。



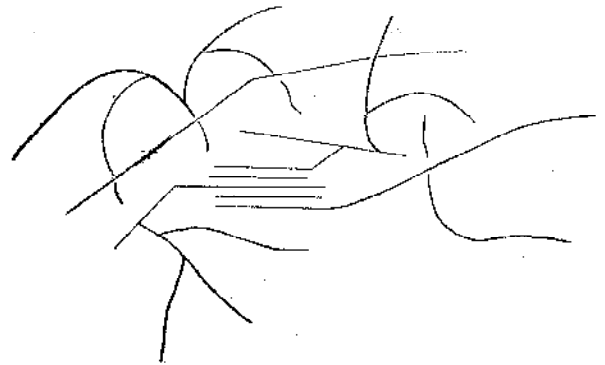
第1図 アミロース及びアミロペクチンのミセル構造

高分子の化合物の分子のこのような規則的の集りを一般にミセルと称する。このようなミセル構造を持つている物質にX線を当てると、分子の規則正しい間隔の繰返しによつて、X線が干渉を受けて多数の干渉環を現わすのである。生の澱粉粒はこのようなミセルが無数に集り粒内の一点を中心として放射状に拡がつて出来たミセルの集合体であり、これが生のペーター澱粉の状態である。

このようなミセルの集合体は、分子相互の引き合う力が強く、ミセルの中に水分子のような小さな分子でも入

ることを許さないから、生澱粉は殆ど水に溶解しない。従つてこれに酸や消化酵素を働かせても、澱粉粒の外側或はせいぜいあるミセルの外側からしか作用出来ないから、作用表面積が著しく小さく消化は極めて不良である。

ところがこの生澱粉に水を加えて加熱すると、次第に分子相互の動きが激しくなる。遂にミセルを作つている力よりも運動のエネルギーの方が大きくなると、ミセルが崩れ澱粉分子が勝手な方向に伸び拡がつて、その周囲を水分子でとりまかれ、大部分の規則性が尖られるようになる。然し非常に並びのいいミセルは未だ幾分残つているし、アミロペクチンの枝は拡がり、長いアミロース分子は方々で他の分子とからみ合うために、分子は完全に自由にはなれず、全体として入り組んだ網目を作り、その中に水分を含んでいわゆる糊を形成する。これがアルファ澱粉の状態である。この状態では分子の規則性が



第2図 糊化澱粉

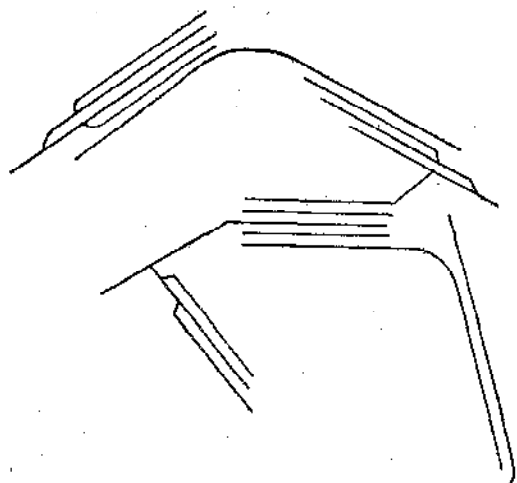
殆どないので、X線ではつきりした干渉環を示さなくなる。

このようなものに消化酵素を作用させると、酵素分子は網目を通つて浸入し、しかも至る所に水分子が存在するので加水分解は非常によく進行する。

この糊化澱粉を水のあるまゝ放冷すると、分子運動が少くなると共に近くにある澱粉分子は再びより集つてミセルを作つて安定化する。ミセルが沢山出来れば出来るほど、X線による干渉環の濃度は増し、生澱粉に近ずき、その程度に比例して消化は次第に悪くなる。但しこの場合には最早生の澱粉粒に見られるような、ミセルの放射状の集りはなく、所々に任意の方向のミセルが存在するのである。

この状態を老化澱粉糊といふ模型的には第3図で現わされる。冷えた飯や糊が白濁し、割目を生じて来るのはこのためである。

ところが糊化した澱粉糊から、熱、アルコール、冷凍等によつて急激に水分をとり去つて10%以下位になると、澱粉分子は配列が乱れたまゝ多数の点で隣接分子と



第3図 老化澱粉糊

接着し、安定なミセル構造をとることが出来なくなり、長くアルファ澱粉の状態に保たれる。これが乾燥状態のアルファ澱粉製品である。このようなものに水を加えると、ミセルをこわす必要がないので、水は自由に分子中に没入して行き、澱粉分子の接着点の附近をとりまいてその結合をゆるめ、よく全体を膨潤させる。

又これに酵素を作用させると糊化し立ての澱粉と同様によく消化は進行する。

3. アルファ澱粉製造法

(イ) 飯

白米に約同量の水を加えて加熱する。一般に米本科の澱粉のミセルはよく発達していて、 100° に数時間熱しても完全にミセルはなくなる。この点馬鈴薯或は甘藷の澱粉の方が遙かに完全糊化し易い。この為炊飯の際には水分を完全に吸収させた後尚しばらく加熱を続けて釜の周囲の温度を 200° 以上に上げ出来るだけアルファ化を進行させるような習慣になっている。

澱粉糊の老化は水分が $30\sim 60\%$ 、温度が 0° の時に最もよく進行する。普通飯の水分は 60% 位であるから、冬期はペーター化が可成よく進行する。然しX線で見ても澱粉と変わらない位完全なペーター図形を示すようになるのには半月以上かかる。

昔兵糧に用いられた糲は飯を常温で乾燥してあるために老化が著しく、そのままでは消化が悪く又水を加えても大して膨潤しない。

著者の発明した乾燥飯は少し軟か目に炊いた飯を焦げない程度に出来るだけ高温で急速に乾燥したアルファ化製品で、同量の水を注ぐだけで膨潤し、約1時間で完全に吸水して普通の飯となる。この製法は特許となっている。

又この乾燥飯を粉砕すればアルファ化澱粉が得られる。

(ロ) 餅

糯米を蒸してアルファ化したものを搗いて餅とする。搗きたての餅は勿論アルファ澱粉である。これを放冷してのし餅とすると一部老化してしまうので、焼いて再びアルファ化して食べる。薄く切つたのし餅を焼くとアルファ化しながら水分が失われるので、長くアルファ状態に止る。かき餅、あられ、せんべいはこの類のアルファ澱粉製品である。

搗き立ての餅を高温の熱ローラー間にはさみ、薄膜状として瞬間的に高温乾燥しこれを粉末状としたものは、焦げることなくアルファ化も充分であり、冷水を加えるだけで直ちに粘り強い餅となる。

同様の装置で稷、小麦、馬鈴薯、小豆等を夫々アルファ澱粉製品とすることが出来る。これらの製法は何れも尾西食品株式会社の特許となっている。

(ハ) パン

小麦粉を少量の砂糖、塩、脂肪と共によく水でねり、これに酵母その他適当な起泡剤を加えて温めてふくらしたものを、約 200° で焼いて小麦澱粉をアルファ化させる。普通の食パンは約 30% の水分を含んでいるから前述のようにやがて老化する。

乾パン、ビスケット等は起泡剤を少くし、焼く温度も高め、かき餅同様焼きながら乾燥してあるので、いつまでもアルファ型に保たれ携帯食糧として使用される。

(ニ) Puffed corn (ボンせんべい)

玉蜀黍、米その他の穀粒に少量の水分を添加した後、鉄製の耐圧釜に密封して強熟する。高温の水蒸気によりアルファ化が進行する。内部が $2\sim 3$ 気圧になった時急に蓋を開くと圧力の急変で粒は破裂し膨化すると同時に水分は蒸発してアルファ化製品が出来る。

(ホ) 羊かん

小豆、うずら豆等の豆澱粉(大豆には澱粉は殆どない)に同量又は倍量の砂糖を加え長時間攪拌しながら煮つめた後少量のゼラチンを加えて放冷する。 $10\sim 20\%$ の水分を含んでいるが、この水分は大部分砂糖と結合しており、澱粉は乾いた状態にあると同様であり、長くアルファ澱粉に保たれている。

(ヘ) 冷凍乾燥

炊き立ての飯を -20° 位で急速に凍結させ、この水を風乾して昇化させるか又は温めてとかして後附着水分を乾燥させる。戦時中陸軍が試作したもので、凍結により水分を失うためにX線ではアルファ澱粉であるが、溶かす時に可溶成分を失ふことが多いためか味が著しく悪い。

(ト) 脱水剤による乾燥

実験室的に乾燥アルファ澱粉を得るためには糊化した液に大量のメタノール、エタノール或はアセトン等を加えてアルファ澱粉を沈澱させ、これを更にアルコール、エーテルで洗つて乾燥する。工業的には薬剤が高価のため成り立たないであろう。(29年2月16日)