(2) PAS と蛋白質との結合は intramolecular なもので, PAS 変性の結果蛋白質分子間の会合, 凝集は見られない事.

(3) 水分子とペプチド鎖との間の結合より PAS とペプチド鎖との間の結合の方が強固である事を推定した.

本研究は大阪大学産業科学研究所伊勢村寿三教授の研究室に於て行ったもので, 御指導御校閲を賜った伊勢村教授並びに実験上種々御援助を賜った教室員の方々に深甚の謝意を表します.

- (1) 伊勢村寿三 : 水島三一郎, 赤堀四郎, 蛋白質化学, II, 597 (1954).
 同 上 : 細胞化学シンポジウム, 3, 1 (1954).
 同 上 : 蛋白質, 核酸, 酵素, 2, 237 (1957).
 赤松秀雄 : 化学実験学, 第 1 部, 第 4 巻, 66 (1940).
 立花太郎 : 実験化学講座, 7, 249 (1956).
 C. W. N. Cumper, A. E. Alexander : *Trans Faraday Soc.*, 46, 234 (1950).
 D. F. Cheesman : *Biochem. J.*, 50, 667 (1952).
 H. B. Bull : *J. Am. Chem. Soc.*, 67, 4, 8 (1945); *J. Biol. Chem.*, 185, 27 (1950).
 H. A. Dien, H. B. Bull : *J. Am. Chem. Soc.*, 71, 450 (1949).
 F. Haurowitz, P. Boucher, M. Dicks, D. Therriault : *Arch. Biochem. Biophys.*, 59, 52 (1955).
 J. T. Davies : *J. Colloid Sci., Supl.*, 9, 9 (1954); *Biochem. Biophys. Acta.*, 11, 165 (1953).
 B. S. Harrap : *J. Colloid Sci.*, 9, 522 (1954).
 T. Isemura, K. Hamaguchi, H. Kawasato : *Bull. Chem. Soc. Japan*, 28, 185 (1955).
 (2) V. J. Schaefer : *J. Phys. Chem.*, 42, 1089 (1938).
 (3) S. Stållberg : *Trans. Faraday Soc.*, 35, 1416 (1939).
 (4) K. Hamaguchi : *J. Biochem. (Japan)*, 42, 449, 705 (1955); 43, 83 (1956).
 (5) H. B. Bull, H. Neurath : *J. Biol. Chem.*, 118, 163 (1937).
 (6) 船津 勝, 船津軍喜, 犬塚 勉 : 本誌, 30, 253 (1956).
 (7) 佐々木恒孝 : 日化, 62, 796 (1941).
 (8) 船津 勝, 徳安清親 : 本誌, 31, 367 (1957).
 (9) 船津 勝 : 本誌, 30, 304 (1956); 31, 52 (1957).

穀類澱粉の性状に関する研究 (第 3 報)*

粳米澱粉糊の粘弾性について

竹生新治郎, 堀内久弥, 谷 達雄 (農林省食糧研究所)

昭和 32 年 8 月 16 日 受理

前報⁽¹⁾においてやや濃度の高い米澱粉糊の動的粘弾性を各種条件で測定した結果, 米澱粉糊の流動的性質には弾性が大きな役割を演じていることを知った. また濃厚な糊の老化による粘弾性の変化は米澱粉の種類による特徴をよく表わすことが明らかに推察された.

今回は粳米澱粉糊の流動学的性質を糊の生成から老化に至るまでの変遷においてつかもうと考え, ブラベンダーアミログラフによって糊化状態を記録し, その糊化の履歴の明らかな糊について高温時及び冷却後の粘弾性の変化を検討したのでその結果をここに報告する.

実 験 の 部

1. 試 料

略号					略号				
日 本 米	農 林 1 号	昭 和 28 年	新潟県産	N	日 本 米	城 南 宝	昭 和 28 年	熊本県産	Z
"	旭 4 号	"	京都府産	A	タ イ 米	ナ ス ア ン	昭 和 29 年	輸 入	S
"	陸羽 132 号	"	秋田県産	R	ビ ル マ 米	ナ ッ セ ン	"		B

* Studies on the Cereal Starch. Part III. On the Visco-Elasticity of Non-Glutinous Rice Starch Pastes.

By Shinjiro CHIKUBU, Hisaya HORIUCHI and Tatsuo TANI (Food Research Institute, Ministry of Agriculture and Forestry)

前記 6 点の精白米を割砕し水洗後、0.2% 苛性ソーダ溶液に浸漬して蛋白質、脂質を溶解除去する佐藤⁽²⁾の方法によって澱粉を採取した。アルカリ除去後メタノールにて洗滌、脱水し硫酸デシケーター中に減圧乾燥し、粉碎して 100 メッシュの篩を通したものを試料澱粉とした。

2. 実験方法

(1) アミログラフィー：糊化状態を観察し併せて精密な条件で糊を調製するためにブラベンダー・アミログラフによって高熱時の糊の粘度を記録した。ここに用いたアミログラフは 2 枚の攪拌プレートに受けた抵抗を分銅バランスによって記録するもので、攪拌ピンを用いるスプリング・バランス式のものとは記録図形が異なる。攪拌速度 75 r. p. m., 加熱速度 $1.5^{\circ}/\text{min}$ で 30° から操作をはじめ、 90° に到達して温度上昇を止め 90° のまま 20 分間加熱攪拌を続けた。

できるだけ濃厚な糊を対象に考えたが、10% 以上になると粳米澱粉のほとんどがスケールアウトしてしまう。また 5% では或る種類の澱粉は最高粘度の山があらわれないので試料粳米澱粉のすべてがアミログラムに収まる最高限度を求めこの実験では 8.5% を澱粉濃度と定めた。

澱粉粒子の膨潤状態を観察するためにアミログラフィーの始動点、粘度上昇開始点、粘度上昇中の 400 B. U. (Brabender Unit) の点、最高粘度の点および 90° に到達した点において極く微量の試料を採取してスライドガラス上にとりそのまま顕微鏡下に観察、撮影した。

(2) 高温における粘弾性：アミログラフィーの終了した糊の一部を直ちに沸騰水浴上のカップにとり、東京計器製の BM 型粘度計（ローターは No. 4 を使用した）によって粘性係数を測定した。また一部は 90° の恒温槽に装置したレオメーターに注入し、30 分後に周期 600 秒で粘弾性を測定した。粘弾性の測定方法、装置は前報と同一である。

(3) 冷却後の粘弾性の变化：高温時の粘弾性測定とは別にアミログラフによって調製した糊を 10° に装置したレオメーターに注入し、2 時間後に温度 10° 、周期 600 秒で粘弾性を測定し、さらにそのまま放置して 24 時間、46 時間、72 時間後における粘弾性を測定した。

3. 実験結果及び考察

(1) アミログラフィー：6 種粳米澱粉のアミログラムは第 1 図のごとくで、その特性値を第 1 表に示す。最高粘度には著しい差異があらわれているが系統的な区分は困難なように思われる。粘度上昇開始温度、最高

第 1 図 粳米澱粉のアミログラム

—— 農林 1 号澱粉 - - - - 旭 4 号澱粉 陸羽 132 号澱粉 ——— 城南宝澱粉
 = = = タイ米 (ナスアン) 澱粉 - · - · - ビルマ米 (ナッセン) 澱粉

第 1 表 粳米澱粉のアミログラムの特性値

試料	粘度上昇 開始温度	最高粘度 (B. U.)	最高粘度 の温度	最終粘度 (B. U.)	Break down (B. U.)
農 林 1 号	65.5°	900	75.5°	370	530
旭 4 号	65°	905	75.5°	355	550
陸 羽 132 号	63°	785	76°	340	445
城 南 宝	61°	645	76°	275	370
ビルマ(ナッセン)	71.5°	590	78.5°	350	240
タイ(ナスアン)	72°	740	81°	370	370

粘度の温度では明らかに日本米澱粉よりタイ, ビルマ米澱粉の方が高い。澱粉粒子の膨潤状態を顕微鏡観察した結果は第 2 図に示す通りであるが, 粘度上昇開始点においては澱粉粒子の膨潤がかなり急速に増大し, 最高

粘度点では膨潤が最大に達していると認められた。粒子の膨潤崩潰に高い温度を要するタイ, ビルマ米澱粉は澱粉粒子の構造が堅固であらうと推察される。

第 2 図 顕微鏡観察による澱粉粒子の膨潤崩潰状況 (×120)

第 3 図 Hot paste body の粘度

S: タイ米 ナスアン澱粉糊
B: ビルマ米 ナッセン "
Z: 日本米 城南宝 "
R: 日本米 陸羽132号 "
A: 日本米 旭4号 "
N: 日本米 農林1号 "

第 2 表 高温時の粘弾性

試料	粘性係数 (poise)	弾性係数 (dyne/cm ²)
タイ(ナスアン)	14.3×10^2	46.0
城南宝	5.6×10^2	6.6
農林1号	5.5×10^2	5.4
陸羽132号	5.0×10^2	5.7
ビルマ(ナッセン)	4.9×10^2	5.7
旭4号	4.6×10^2	5.8

アミログラムにおける最高粘度と最終粘度との差, すなわち Break down と呼ばれている数値は最高粘度が高いものほど大きいように考えられる。Break down の起因は膨潤した粒子が崩潰するためであるとされている⁽⁹⁾から, 最高粘度, Break down の大きい日本米澱粉は膨潤, 崩潰が著しいと判断される。観察の結果でも大体日本米澱粉の方が膨潤度も大きく, 粒子の崩れかたも著しいと認められた。90° に到達した点では澱粉粒子は崩潰, 分散しており, 最終点では顕微鏡で粒子を観察することは不可能であった。最終粘度は城南宝をのぞいて 360 B. U. 附近にきているが, この調製条件では澱粉の種類によって糊化状況に違いがあっても, 最終的には大体同程度の粘度を有する糊が調製されているとみなすことができよう。

(2) 高温時の粘弾性: 糊調製直後に B 型粘度計によって測定した粘性係数は第 3 図のごとくである。いずれも回転速度によって異なる粘性係数を示し, これらが非ニュートン流動を示すことはいふまでもない。各品種間に大差はないとみなしてよいと思う。

糊の調製 30 分後に 90° で測定した粘弾性は第 2 表に示すとおり, 粘性係数はタイ米の 1400 poise を除いてはいずれも 500 poise 位を示しており, 弾性は検出されるが弾性係数は非常に小さく, 高温における糊の流動性を説明していると考えられる。ただしタイ米澱粉糊のみは他の澱粉糊の約 10 倍の弾性係数と約 3 倍の粘性係数をあらわしている。これについて大胆な推論をすれば, 糊調製直後の粘性には他の粳米澱粉と違いがなかったのであるが, 構造形成が速いために老化条件の悪い高温時においては

第 4 図 Cold paste body の粘弾性

S: タイ米 ナスアン澱粉糊

R: 日本米 陸羽 132 号澱粉糊

B: ビルマ米 ナッセン "

A: 日本米 旭 4 号 "

Z: 日本米 城南宝 "

N: 日本米 農林 1 号 "

されて弾性を発現し流動性を失うのであると考えられる。冷却初期の段階では澱粉の特徴はあまり明確ではないが、前報で指摘したように低温度で静置する間に粘弾性の増加速度に差があらわれてくる。

この図で農林 1 号、旭 4 号、陸羽 132 号の 3 種日本米澱粉糊は粘弾性係数の増加が非常に小さくほとんど変化がみられないが、これに反してタイ米澱粉糊は著しい粘弾性の増大を示し、弾性係数は冷却初期において既に非常に大きく 3 種日本米澱粉糊の構造形成の速度或は機構とはかなり違うのではないかと想像される。又ビルマ米澱粉糊、城南宝の弾性係数はあまり大きくはないが、粘性係数はタイ米澱粉糊と 3 種日本米澱粉糊の中間にあらわれている。この実験に用いたタイ米のナスアンという型は極めて硬質の米で、ビルマ米のナッセンはそれよりやや硬さが劣る。日本米の城南宝についてはこの点が明かでないが、タイ、ビルマ米のこのような粒質がはしなくも、特に弾性係数によみとれるのは興味あることである。

前報では 24 時間後の粘性係数に著しい変化がみられたが、ここではあまりはっきり認められない。これは今回の糊化方法が調製に長時間かけているのでシネレシスを起し難く、そのままゲル構造が発達したためであろうと考えられる。

典型的なインド型米であるタイ米の澱粉糊が著しい構造形成を示し弾性が非常に大きいことは、日本型米のなかでも代表的な農林 1 号、陸羽 132 号などの澱粉糊が流動学的性質の変化が少く粘性に対する弾性の比率が小さいことと対照的である。外米飯は冷えるとパサパサして日本米飯より粘り気がないとされているが、米澱粉糊の粘弾性がこのような現象になんらかの関連性をもっていると想像できるのである。その点でビルマ米、城南宝はこれらの中間に位する米であろうと考えられる。勿論米飯には炊飯条件、米粒構造、組織などいろいろの要素が関係しているので澱粉だけで考えることは危険であるが、澱粉糊の粘弾性を解明することは米飯の“ねばり”の研究の一つの手がかりになろうと考えられる。

総 括

粳米澱粉の特性の一因子として澱粉糊の流動学的性質について、糊の生成から老化に至る履歴を特に粘弾性を中心として検討した。

(1) 日本米、タイ、ビルマ米、各種粳米の澱粉についてその 8.5% 水懸濁液をブラベンダー・アミログラフによって加熱糊化し、その間の各要点における澱粉粒子の膨潤状態を顕微鏡観察した。その結果澱粉粒子の膨潤とアミログラムの間に関連性が認められ、タイ、ビルマ米澱粉の粒子構造が日本米のそれにくらべてより堅固であらうと推察した。

(2) アミログラフィー終了直後の粘度及び 30 分後の高温時の粘弾性をそれぞれ B 型粘度計及び前報と同じレオメーターによって測定したが、タイ米澱粉の粘弾性をのぞいては各試料間に大きな差異は認められなかった。

やくもこのような差異があらわれてきたのであらうと想像される。

(3) 冷却後の粘弾性の変化：糊の調製後冷却静置したときの粘弾性は第 4 図に示すように高温時におけるそれより著しく増加している。例えば農林 1 号においては粘性係数が 4 倍、弾性係数は 46 倍をあらわし、ビルマ米澱粉糊では粘性係数は 16 倍、弾性係数は 300 倍を示して、弾性の増大が顕著である。

高温度の糊では弾性係数が小さく流動性をみせているが、冷却した糊では構造が急速に形成

(3) 10° に冷却した糊の粘弾性の経時変化を求めたが, その結果タイ, ビルマ米澱粉糊は粘弾性が大きくしかもその変化も著しい. 日本米澱粉糊はタイ, ビルマ米とは明らかに違うことを示している.

終りに当り終始御懇篤な御指導をいただいている東京大学理学部助教授中川鶴太郎博士に深い謝意を表する.
(本研究の要旨は昭和 32 年 4 月 9 日, 日本農芸化学大会において発表した.)

- (1) 竹生新治郎, 堀内久弥, 谷 達雄: 本誌,
31, 397 (1957).
(2) 佐藤静一: 半澱粉に関する研究, 大雅堂

- (1944).
(3) G. W. Scott Blair: Foodstuffs, their Plasticity, Fluidity and Consistency (1953).

穀菽類のビタミン B₁ の螢光写真による研究 (第 6 報)*

粳の暗発芽における B₁ の分布について

竹生新治郎, 堀内久弥, 柳井昭二 (農林省食糧研究所)

昭和 32 年 8 月 16 日 受理

米の発芽とビタミン B の関係についてはすでに秋元⁽¹⁾, 吉田⁽²⁾及び近藤, 岡村⁽³⁾によって研究されており, また米の発芽時における B₁ の変化については茶珍⁽⁴⁾が報告している. 我々も従来, 米粒内の B₁ の分布, 米粒の成熟間における B₁ の分布, 移動について螢光写真による手法を用いて観察してきたが, 今回はさらに粳米の暗発芽における B₁ の分布, 移動について研究し, 植物体内における B₁ の生理作用について検討しようと考えた.

実 験 の 部

1. 実験方法: 実験に用いた試料は 1954 年, 埼玉県鴻巣の関東東山農業試験場において栽培された水稻粳粳米 (品種, 農林 25 号) を用いた. 発芽は暗所でエンテル氏発芽床を用い 30° で行い, 発芽後 2, 4, 7, 14 日の試料について, 各々胚と胚乳の 2 部分に分け, それぞれについて新鮮重, 水分, ビタミン B₁ (総 B₁ 及び遊離型 B₁) を測定し, さらに胚の細部については B₁ の分布状態を従来から行っている組織化学的手法⁽⁵⁾を用いて観察した.

2. 実験結果

(1) 発芽に伴う胚, 胚乳の新鮮重の変化: 第 1 表に示されるように, 胚は, めばえによって成長をつづけ日を追って重量が増加し, 発芽後 14 日には

第 1 表 胚, 胚乳の新鮮重の変化 (mg/1 個体)

区分 \ 日数	0	2	4	7	14
	胚	胚乳	胚	胚乳	胚
胚	0.84±0.55	4.5±1.0	11.2±0.6	18.5±4.5	48.6±4.5
胚乳	27.2±2.8	34.4±0.8	32.3±0.6	30.1±1.0	20.7±0.4

±は平均の分散を示す.

発芽前の約 60 倍になる. 胚乳は発芽後 2 日には吸水によって重量が増加するが, 貯蔵物質の消費がはじまるとともに減少し, 発芽後 14 日には発芽当初の 76% になる.

第 2 表 胚, 胚乳の水分の変化 (%)

区分 \ 日数	0	2	4	7	14
	胚	胚乳	胚	胚乳	胚
胚	11.4	75.9	90.6	90.7	91.5
胚乳	12.4	33.2	39.5	55.7	76.3

(2) 発芽に伴う胚, 胚乳の水分の変化: 第 2 表のように, 粳は発芽に伴い吸水し, 胚は発芽後 2 日に急に増加して 75% になり, 4 日以後は徐々に増加し発芽後 14 日には 91.5% になる. 一方胚乳の水分も増加の一途をたどり 14 日には 76.3% に達する.

(3) 発芽によるビタミン B₁ 含量の変化: 第 3 表には同一条件で 3 回繰り返した実験の測定値の平均が示されているが, 1 個体当りの総 B₁ については, 胚では発芽後 2 日からは急速に増加し, 14 日には発芽前の 2 倍近くなる. 逆に胚乳では 2 日以後減少を続け 14 日には発芽前の 30% に減少する. また結合型 B₁ と遊離型 B₁ の関係については, 胚では発芽前約 85% であった遊離型が, 発芽後 2 日には 95% になり, ほとんどが遊離型

* Studies on Thiamine of Cereals and Beans by the Photographic Method. Part VI.

The Distribution of Thiamine in Paddy Seedlings at Different Stages of Germination in the Dark.

By Shinjiro CHIKUBU, Hisaya HORIUCHI and Shoji YANAI (Food Research Institute, Ministry of Agriculture and Forestry)