

澱粉の粘度, 粒度について

Study on Viscosity and Microscopy of Starches

山口 忠次
Chûji Yamaguchi日永田 優子
Yûko Heida古賀 民穂
Tamiho Koga岡部 真理子
Mariko Okabe

〔I〕 緒 言

現在まで、各種澱粉の物理的・化学的性質について、多くの報告がなされ、それらの粘度・粒度の研究がなされている。しかしながらこれらについては、比較的主食に近い澱粉食品に関するものに限られている。

最近うそつき食品ということで、澱粉類商品も問題視され、詮索されているが、これらの商品が、他の澱粉類によって、偽和され、増量されて混合してあることを、指摘したものであるが、このような偽和等を考慮しての研究は少ないと考えている。

食品工業の発展にともない、従来の澱粉食品が、インスタント用に、冷凍真空乾燥用に、あるいは化工変性されてアイスクリームとか練製品等に、広範囲に使用がなされている。

本試験では、約40種類の澱粉を対象として試験を実施しているが、この試料中にも上記の澱粉、あるいはそれらの食品粉末を試料として実験をしたので、ここに報告する。

また全試料の澱粉の顕微鏡写真は、澱粉の偽和増量の簡易判別に役立つことを期待している。

〔II〕 試 料

試料は、表1に示すように4つの区分としているが、区分の基準は次の通りである。

- A……主食またはそれに近い澱粉類
- B……副食等の食品に近い澱粉類
- C……餡類、真空冷凍乾燥食品、および小麦粉類
- D……化工変性澱粉類

試験のために実験室にて調製した澱粉、すなわち自家製は沈澱精製法によって採取した。できるだけ澱粉粒の損傷を防ぐために、低温かつ澱粉溶液が酸性化せぬように留意し、急速に処理して澱粉を採取した。

試料の点数は39点である。内訳すれば、自家製18点、市販21点である。

表 1 - A

区分 No.	A		B
1	ウルチ米	13	小豆
2	モチ米	14	ウズラ
3	甘藷(市販)	15	エンドウ
4	馬鈴薯(市販)	16	トロクスン
5	馬鈴薯(自家製)	17	レンコン
6	小麦粉(市販)	18	里芋
7	コーンスターチ(市販)	19	山芋
8	ワックスコーン(市販)	20	コンニャク
9	白玉粉(市販)	21	栗
10	本クズ(市販)	22	ドングリ
11	片栗粉(市販)		
12	タピオカ(市販)		

表 1 - B

	C		D
23	小豆餡(生)(市販)	34	リン酸澱粉(市販)
24	ウズラ豆餡(乾) (市販)	35	酸化澱粉(市販)
25	ソバ粉(市販)	36	カルボキシメチル (エーテル型) スターチ(市販)
26	小麦粉(強力)	37	α化澱粉(市販)
27	小麦粉(中力)	38	白色デキストリン (焙焼型)(市販)
28	小麦粉(薄力)	39	可溶性澱粉(薬用)
29	真空冷凍乾燥馬鈴薯		
30	真空冷凍乾燥里芋		
31	真空冷凍乾燥小豆		
32	真空冷凍乾燥 エンドウ		
33	真空冷凍乾燥山芋		

〔III〕 実 験

A 粘度試験

(イ) 回転粘度計粘度

東京計器の回転粘度計を使用した。

澱粉濃度は全供試品共に、澱粉14gに水210mlを加え

た。糊化は湯煎器にて85°Cまで加温上昇し、充分攪拌して均一の糊化をなし、80°C、70°C、55°C、40°Cにてそれぞれの粘度を測定した。

したがって本試験の粘度は、温度降下の過程における澱粉試料の粘度変化を示している。

(ロ) アミログラフ

本試験の試料濃度も前記の回転粘度の試験と略々同濃度であり、31.5grの試料に450mlの水を加えている。ソバ粉については、小麦粉の試験に準じ、65grの試料に450mlを加えて試験に供した。

表 2

〔A〕 粘度 (C. P.) 及び澱粉粒 (μ)						
No.	澱粉名	80°C	70°C	55°C	40°C	粒(μ)
1	ウルチ米		245	170	80	4~15
		120	90	85	96	
		235	303	460	1450	
2	モチ米	1180	1320	1440	2520	4~15
		1000	980	1200	1940	
		1460	1350	1830	6530	
3	甘 藷	12800	11600	16400	36500	15~
		15400	16500	35500	45000	
		27500	30000	43000	36000	
4	馬鈴薯	17940	17720	19360	16680	12~33
		15240	17880	18000	17700	
5	馬鈴薯(自家製)	34700	38100	37800	47600	20~70
6	小麦	5900	8900	10100	11560	15~30
		3720	9100	9160	13000	
7	コーンスターチ	5060	3560	4440	6200	10~30
		3440	4160	5220	6840	
		70	100	1500	1520	
8	ワックスコーン					10~30
9	白玉粉	6200	6300	8400	7200	2~5
		7200	6400	8800	11200	
		1100	10000	12000	12500	
10	本クズ粉	16000	15000	15000	17500	4~10
		14000	16000	17000	16500	
		16000	15800	25000	14900	
11	片栗粉		45500	67700	81500	50~100
		49800	50000	69000	84000	
		47000	50500	59000	97000	
12	タピオカ	8300	10520	11700	19700	20~40
		17800	19100	27400	31900	

B 顕微鏡写真

各試料共に、倍率400にてそれぞれ検鏡し、写真とした。更に拡大写真にて各澱粉相互の比較検査を実施した。

(添付写真は倍率1,000である)

〔VI〕 結果及び考察

粘度について

東京計器回転粘度計の示す粘度は、アミログラフの示す粘度曲線と異なり、試料澱粉の糊化終了後の粘度の変化状態を、85°C、70°C、55°C、40°Cの各温度にて示している。単位はセンチポイズ (C. P.) である。表2~表5はその数値である。

数値にバラツキがあるのは糊化の条件が本試験法にては一定でないことと、糊化終了後の供試液の老化現象が一様でなく、正確な再現が困難であることを示し、またこのことが澱粉糊化液の特性であると判断している、同時に糊化液が温度低下に従って、粘度の上昇を示すもの、下降を示すもの、あるいはその上下度の急緩は、それぞれの澱粉の性質を示している。したがってこの粘度変化を熟知することによって、食品の加工・調理の際に、例えばトロミかけの粘りが、調理直後の熱時の食感と、冷めている料理の食感とに関係するもので、呈味、舌触りに関係して重要であると考えられる。

表 3

〔B〕 粘度 (C. P.) 及び澱粉粒 (μ)						
No.	澱粉名	80°C	70°C	55°C	40°C	粒(μ)
13	小豆	3430	4665	1310	1700	32~100
		2400	3140	6380	6380	
14	ウズラ		14	20	48	25~70
			15	26	41	
			1	3	17	
15	エンドウ		70	31	448	20~60
		555	724	390	82	
16	トロクスン					20~50
17	レンコン					40~80 (長楕円)
18	里芋					~1~
19	山芋					25~40
20	コンニャク					1~2
21	栗					3~9
22	ドングリ					5~15

表 4

〔C〕 粘度 (C. P.) 及び澱粉粒 (μ)						
No.	澱粉名	80°C	70°C	55°C	40°C	粒(μ)
23	小豆全粉	165	130	315	510	(注) 小豆あん(23)に代えて小豆の粉末の試験である
		110	180	360	420	
		55	72	130	350	
24	ウズラ豆餡(乾)					60~80
25	ソバ粉	3500	5000	4500	4500	60~100
		4000	3500	750	1000	
26	小麦粉(強力)	5325	7625	9875		
		1160	1120	1080	1800	
		700	1120	1260	1600	
27	小麦粉(中力)	88	80	115	143	
		640	1320	1020	1680	
		880	2180	2420	3800	
28	小麦粉(薄力)	200	228	290	433	
		300	800	300	1000	
		100	192	450	300	
29	真空冷凍乾燥馬鈴薯					40~70
30	真空冷凍乾燥里芋					1~2
31	真空冷凍乾燥小豆	133	147	302	423	50~80
32	真空冷凍乾燥エンドウ					60~120
33	真空冷凍乾燥山芋					30~50

表 5

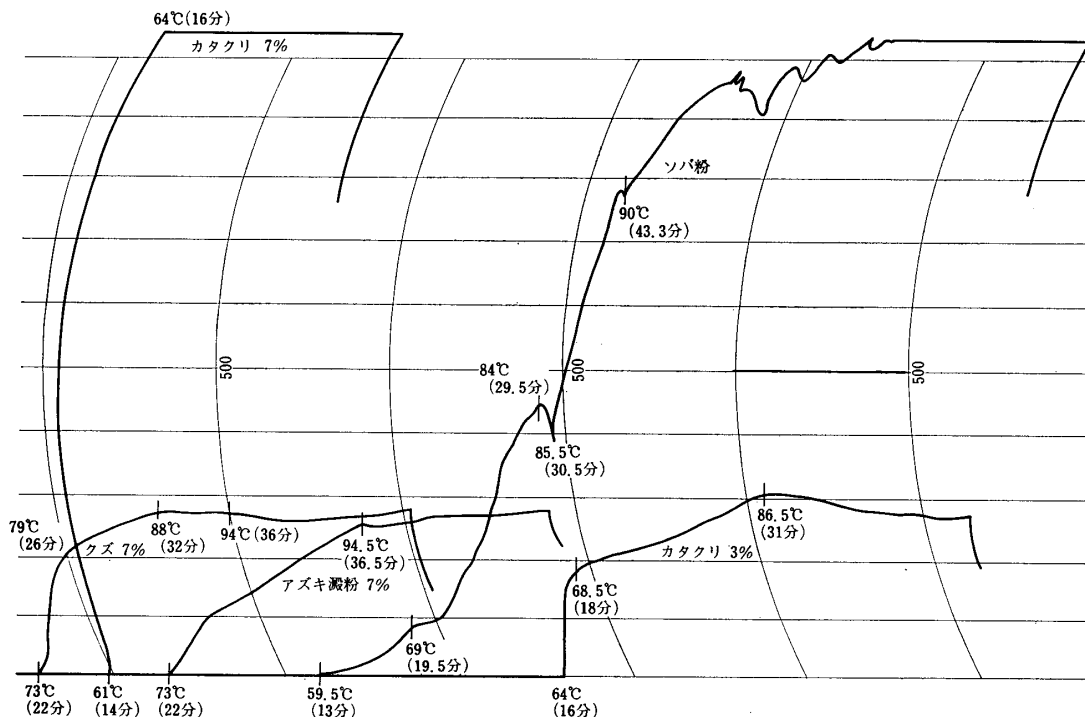
〔D〕 粘度 (C. P.) 及び澱粉粒 (μ)						
No.	澱粉名	80°C	70°C	55°C	40°C	粒(μ)
34	リン酸澱粉(エステル型)	18600	19500	21700	24000	15~25
		19400	21700	24600	26400	
35	酸化澱粉	(小)	—	—	—	15~30
		(小)	—	—	—	
36	カルボキシメチルスターチ(エーテル型)	10	18	33	34	15~25
		8	10	31	34	
37	α化澱粉		700	760	980	100~200
		280	320	500	700	
38	白色デキストリン(焙焼型)	(小)	—	—	—	30~60
		(小)	—	—	—	
39	可溶性澱粉(薬用)	3	27	4.1	—	40~80
		5	52	75	16	

(1) A区分について

表2により大略次のように区別される。

粘度の大なるもの { 片栗, クズ粉, タピオカ, リン酸澱粉, 甘藷, 馬鈴薯, 白玉粉, 小麦, 小豆, コーン
 粘度の小なるもの { ウルチ米, モチ米, エンドウ, ウズラ, 可溶性澱粉, カルボキシルメチルスターチ, 酸化澱粉, α化澱粉
 片栗粉の増量, 偽和に馬鈴薯, 甘藷澱粉が慣習的に従

図 1 各種澱粉アミログラフ



来使用されているが、馬澱、甘澱共に粘度大であるので良好な偽和品といえるようだ。しかし片栗粉の粘度はこれらの2~3倍の粘度であるが、アミログラフより判断する場合(図1, 2, 3)は糊化開始は大略一致しているので良好である。特に馬澱は良好であるが、甘澱は幾分

高温での糊化開始である点は留意すべきである。むしろ部分増量材としての混合を考慮すべきである。しかしながらそれらの澱粉写真は其の粒度の大きさが全く異なることを示し、片栗澱粉粒の大きさは両者の10~20倍の粒形であることは留意すべきであるので今後この点の検討

図 2 各種澱粉アミログラム⁽¹⁾

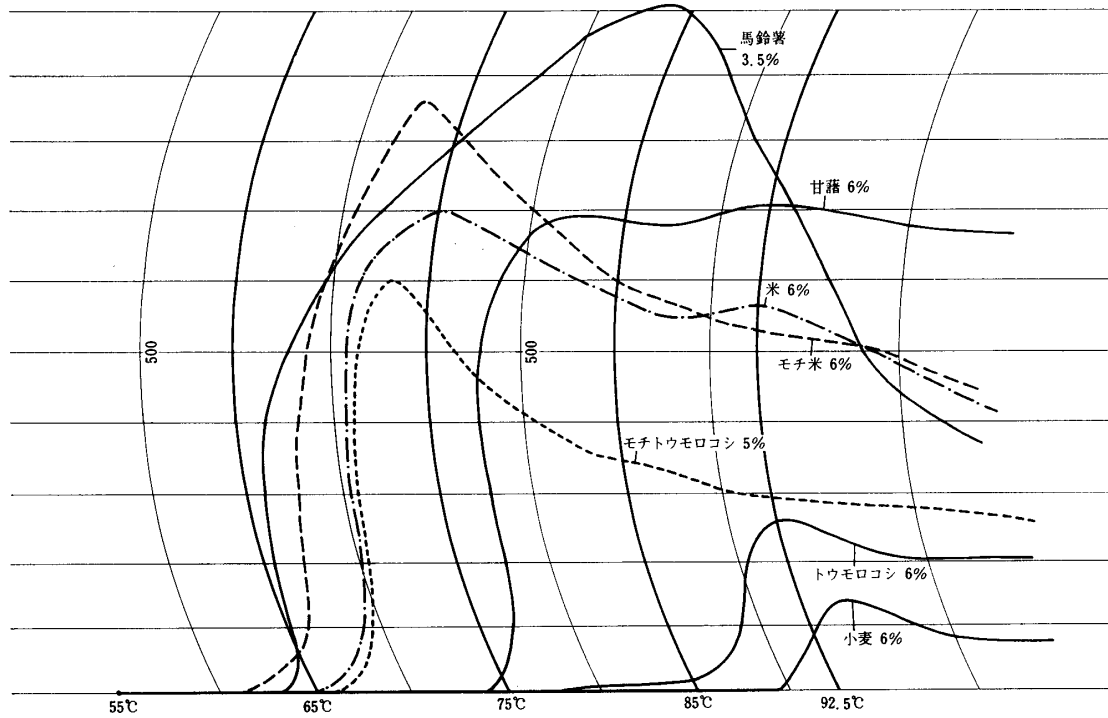
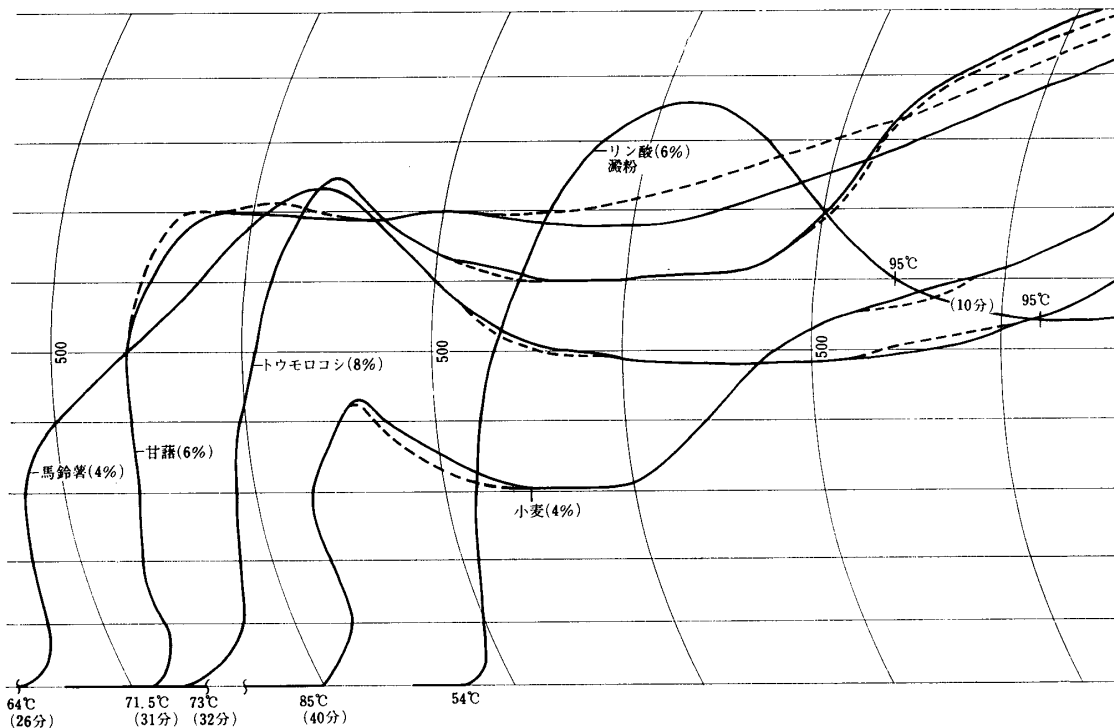


図 3 各種澱粉アミログラフ^(5,6)



を致したい。

図1, 2, 3は各種澱粉のアミログラフであるが全試料について、実施していない。図2および3は澱粉ハンドブック⁽⁴⁾ (二国他) および食研報^(5,6)より文献を引用紹介している。

表6は各種澱粉の糊化温度表であるが、各種澱粉の性質を糊化温度より知ることができる。

表6 各種でんぷん糊化温度

品名	糊化開始温度	品名	糊化開始温度
馬鈴薯	63.9	カタクリ	64
タピオカ	62.8	小麦澱粉	76.7
米澱粉	64.5	モチ米澱粉	67
ワックスコーン	75	コーン	86
米粉(モチ)	67	ソバ粉	60
小麦粉	70	小豆	73
いんげん	73	そら豆	67
山芋	76	クズ	73

Food Reserch 他)^(3,4)

(2) B及びC区分について

B区分の餡粉原料豆澱粉については、小豆の粘度は比較的大であり、アミログラフ図1も同様に粘度が大きいことを示している。他の豆類は小粘度である。

餡生成は、共存する蛋白質と関係するので速断はできないが、小豆餡の粘りが、他の豆類の餡より粘りが大なることの一因ではないかと考えている。今後検討したい。

アミログラフ図1より判断すると、糊化開始温度、ブラベンダー曲線の最高点等がクズ粉に類似しているが、糊化開始の粘度の急速発生状態が、小豆澱粉はクズ粉よりゆるやかであり地下茎澱粉と穀物澱粉の差異を示していると考えられる。

C区分においては、表3およびアミログラフ図1より、ソバ粉の性質が観察できる。ソバ粉のアミログラフは特異的曲線を示しているため、今後更に追求したい。

冷凍乾燥食品については、これが加水、加温等の処理で、元の食品に復元することが必要であるが本報ではその試験は実施していない。

(3) D区分について

表5が示すように、化工澱粉、あるいは澱粉誘導体製品の試験区である。試料は市販品であるが酸化型^(2,7)、エステル型、エーテル型、 α 化澱粉等の代表的なものを試験している。そして、それぞれの粘度は、化工澱粉類の特性と用途を特徴づけている。近来食品加工用として、乳製品、練製品等に使用されているが、それらの粘度変化は、また、その大小は、加工食品の品質、嗜好等に関係しているものである。

澱粉といえば、直ちに増量と粘結性の効果があると考えられがちだが、充分にその性質と用途を考えるべきである。

アミログラフの図3と、表5の粘度データより磷酸澱粉の粘度の性質が知られる。その粘度は特に高く、ジャム、マーマレード、アイスクリーム、ソース等の粘度に使用されているが、適当な利用であるといえる。

〔B〕澱粉粒度及び検鏡

(イ) 澱粉粒度より見た区分

(1) 粒度大のもの (50 μ 以上)

片栗粉, 小豆, ウズラ, エンドウ, トロクスン, 山芋, α 化澱粉, 可溶性澱粉

(2) 粒度中のもの (30~50 μ)

馬鈴薯 (一番粉・自家製) タピオカ・白色デキストリン

(3) 粒度小のもの (5~30 μ)

甘藷, 馬鈴薯, 小麦, コーン, ワックスコーン, 白玉粉, 米 (モチ), 米 (ウルチ), 本くず, ドングリクリ

(4) 粒度特に小のもの (5 μ 以下)

コンニャク, 里芋

豆類の澱粉粒は、いずれもその粒子は大である。山芋は、長隋円型の特異な型で、比較的大である。この大粒澱粉区のうち、粘度の大きいのは、小豆と片栗粉で、他は小さい。

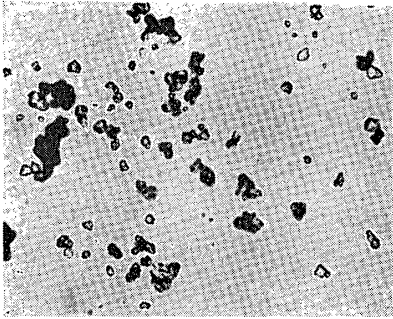
特異的な特質は、粘度の部でも記述したが、全試料中で最高の粘度を示しているため、調理のトロミ掛け、クズ湯として使用されるようなづけることである。80°Cにて約5万 (C.P) 55°Cにて約7万 (C.P) を示し、また、化学澱粉の粘度よりも高い。

甘藷、馬鈴薯の地下澱粉は穀類澱粉よりも大粒子であり、その粘度も遙かに大きい。また、自家製の馬鈴薯澱粉は、一番粉であり、自然乾燥品であるが、市販馬澱 (熱風乾燥品) より著しく粘度大の点は注目すべきである。

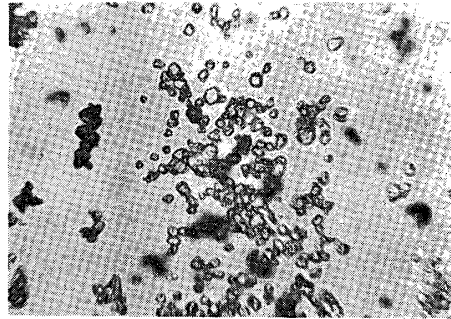
穀類の澱粉細胞は、そのミセル結合が強固なため、その糊化開始時の初期粘度の上昇はゆるやかで、芋類の地下澱粉は、そのミセル結合が、穀類に比し強固でなく、急速にほぐれて、かつ、急速に粘度ピークに達するといわれ、ピークに到達後は逆に、急速に粘度降下をなし、穀類はゆるやかな降下をすとされている⁽⁴⁾。本試験では、この点の追求がなされていない。また、アミログラフ図1~3も、この点は充分な説明を与えていないので、今後、検討の余地がある。

里芋およびコンニャクは、その澱粉粒子が、微小であり、共に粘性物質のある食品である。山芋も同様に粘性

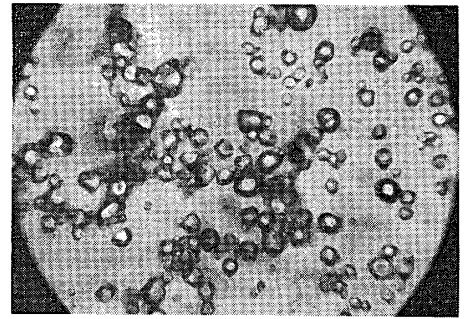
写 真 1
米 (ウルチ)



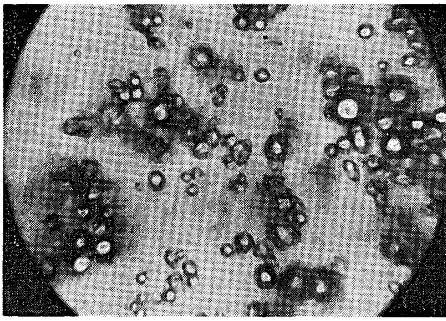
写 真 2
米 (モチ)



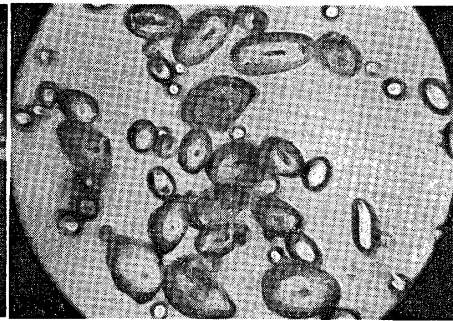
写 真 3
甘 藷



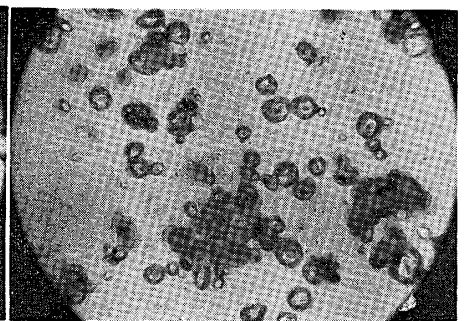
写 真 4
馬 鈴 薯 (市販)



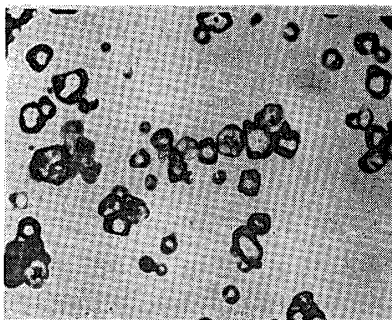
写 真 5
馬 鈴 薯 (自家製)



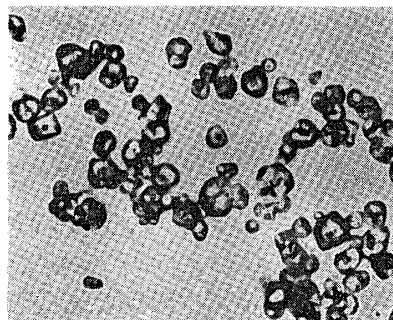
写 真 6
小 麦



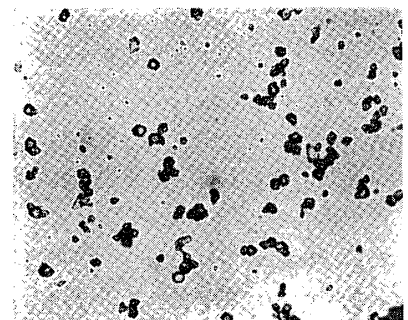
写 真 7
コ ー ン



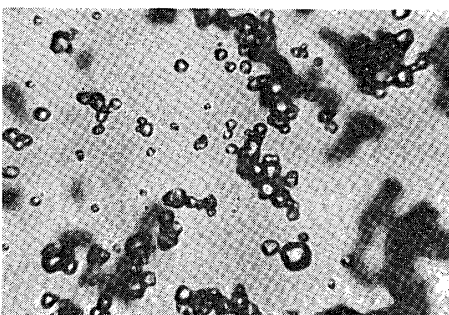
写 真 8
ワックスコーン



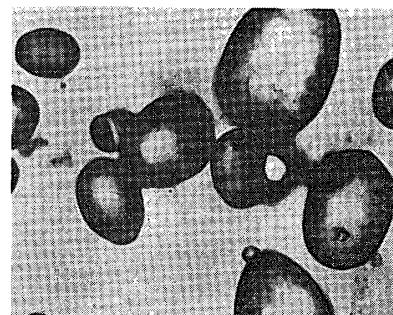
写 真 9
白 玉 粉



写 真 10
本 ぐ ず 粉



写 真 11
片 ぐ り 粉



写 真 12
タ ピ オ カ

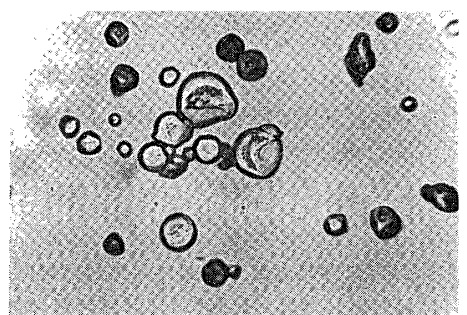


写真 13
小豆

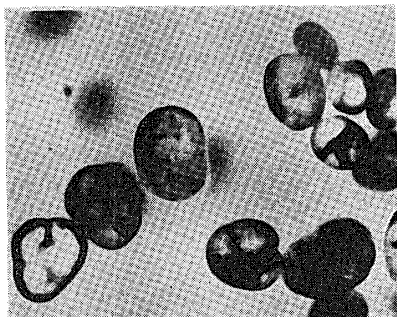


写真 14
ウズラ

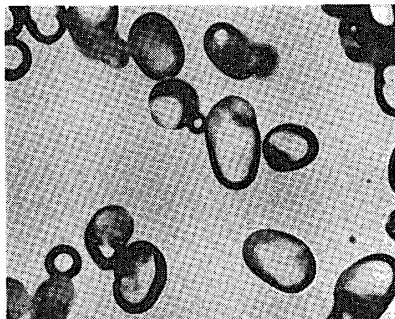


写真 15
エンドウ

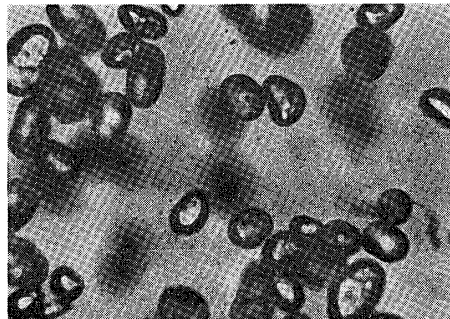


写真 16
トロクスン

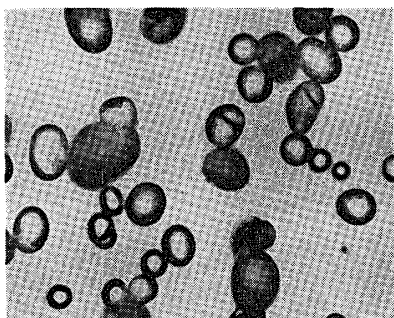


写真 17
レンコン



写真 18
里芋

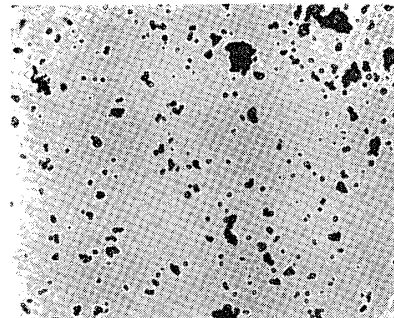


写真 19
山芋

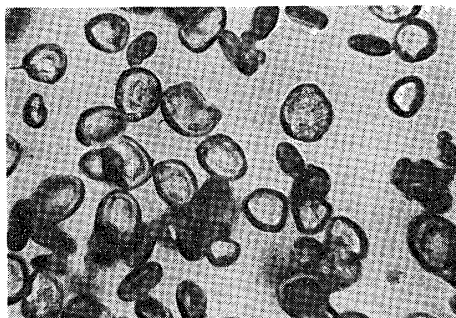


写真 20
コンニャク

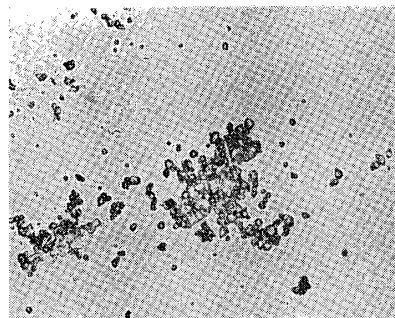


写真 21
クリ

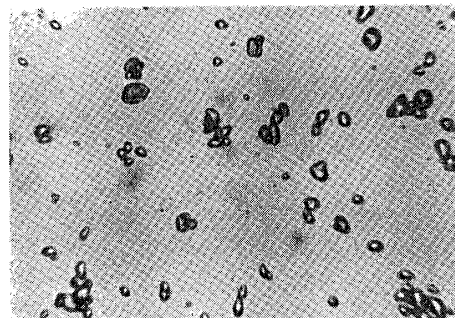


写真 22
ドングリ



写真 23
小豆餡

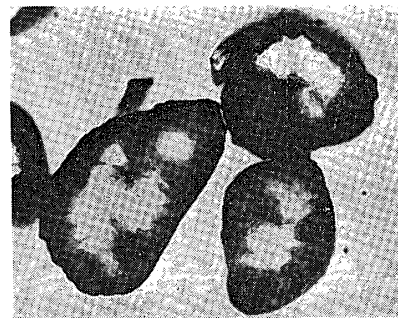
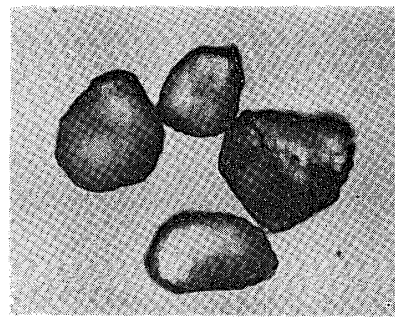
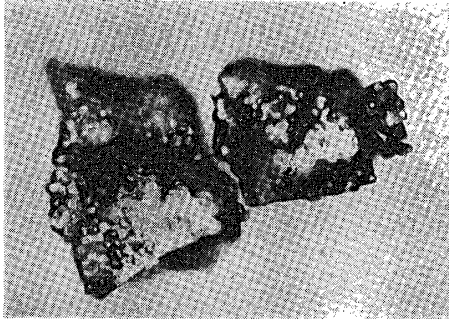


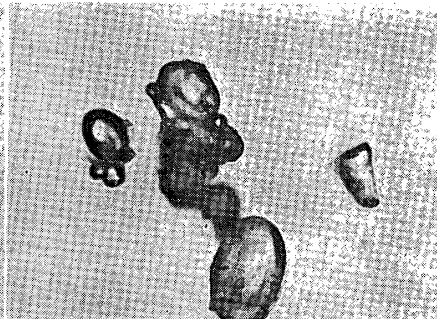
写真 24
ウズラ餡



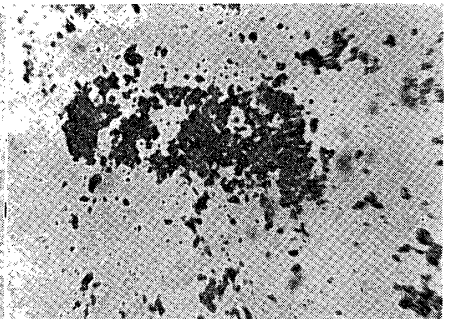
写 真 25
ソ バ 粉



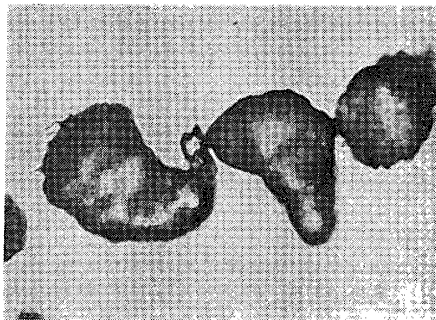
写 真 29
真空冷凍乾燥馬鈴薯



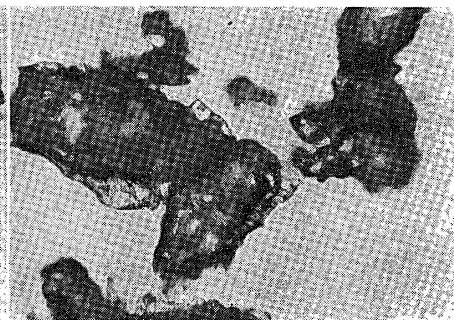
写 真 30
真空冷凍乾燥里芋



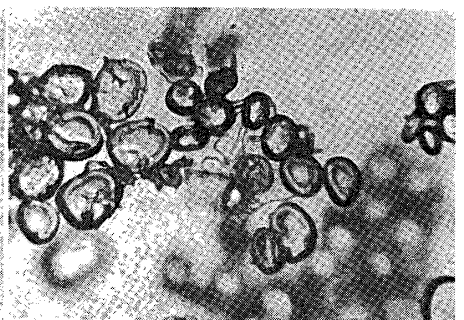
写 真 31
真空冷凍乾燥小豆



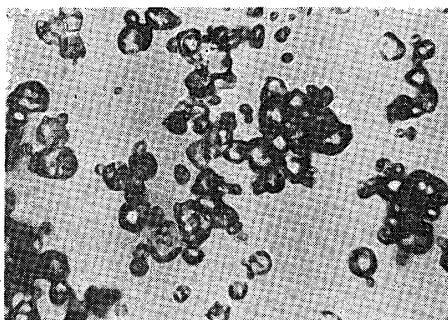
写 真 32
真空冷凍乾燥エンドウ



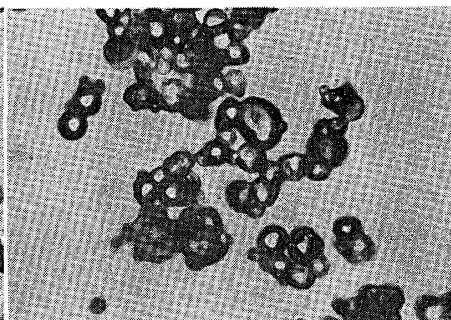
写 真 33
真空冷凍乾燥山芋



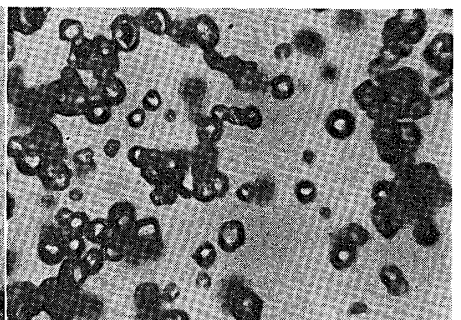
写 真 34
リン酸澱粉 (エステル)



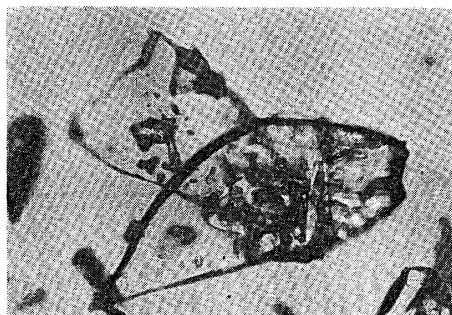
写 真 35
酸化澱粉



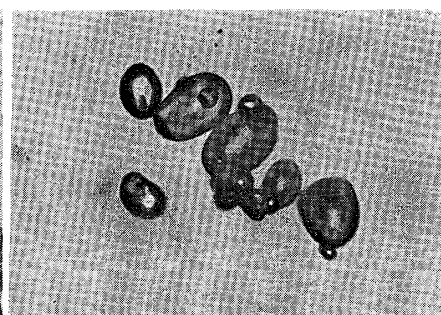
写 真 36
カルボキシメチルスターチ (エーテル)



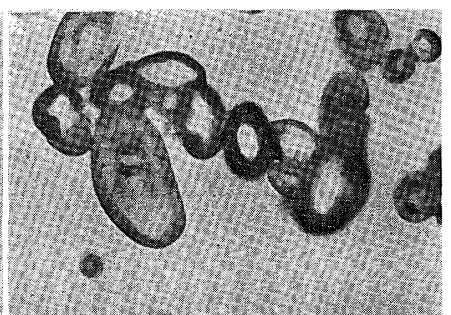
写 真 37
 α 化澱粉



写 真 38
白色デキストリン (焙焼)



写 真 39
可溶性澱粉



食品であるが，その澱粉粒子は大きいことが観察され，興味ある点である。

(ロ) 検鏡による特徴

倍率400倍にて検鏡した。写真No.は試料No.と一致している。写真No.23以下は，あんこ，ソバ粉，真空冷凍乾燥，化工澱粉の写真であり，比較的文献的にも少ないものであるので，特に紹介した。写真No.23とNo.24は，あんこ澱粉が，細胞中の蛋白質に包まれている状態で，幾分，膨潤しているのを示している。写真No.13，No.14と比較して観察される。写真No.25はソバ粉の写真であるが，ソバ澱粉ではない。ソバ粉に混用されるメリケン粉を検査するために利用できる。写真No.23～33は，真空冷凍乾燥食品の組織中にある澱粉の状態を示したものである。澱粉は加工前より膨潤して大型となり，蛋白質と共存した状態が観察される。

〔V〕 結 論

以上の実験および観察より，次の結果をまとめた。

- (1) 各種澱粉の粘度・粒度および顕微鏡写真によって，食用または，加工澱粉の基礎データが得られた。
- (2) 東京計器の粘度計は簡易的で，迅速かつ，容易である。データに若干のフレがあるが，各種澱粉の大きい特性を把握することができる。

(3) 食用澱粉の偽和増量については，更に各種澱粉の特性を追求することが必要である。しかし，本試験のデータ，写真等を利用できると思う。

(4) 同品名の澱粉の場合，その澱粉の品質の等級は，東京計器による粘度の比較にて，判別できると考える。

粘度の大きなものが一般に良品質であり，澱粉粒が損傷，変化をしていない。

(5) 各種の澱粉写真は，試料数が比較的多いので，参考になることを期待する。

(6) 東京計器による粘度はピーク粘度後の冷却時粘度であるが，図示したブラベンダー曲線の粘度，および表6の糊化温度表とを併用して使用すれば，澱粉の物理的，加工的な性質を知るうえで役立つ。

(7) 今後更に追求する点があるが，続報にて完成したい。

文 献

- 1) 二国二郎：澱粉ハンドブック。
- 2) 中部支部：澱粉工業学会誌，13，13(1967)。
- 3) E. M. Osmon: Food Reserch 23, 554 (1958)。
- 4) O. A. Sjostron: Ind. & Eng. Chemistry, 28, 63 (1936)
- 5) 鈴木，荒井：澱粉工業学会誌，10，54 (1963)。
- 6) 服部，岡田，竹沢：澱粉工業学会誌，5，72(1957)。
- 7) 貝沼：食品工業，11，13(1968)。