X線回折法及びアルカリ糊化法による葛澱粉、 甘藷澱粉の混合割合の測定

北田善三*・松本光弘*・永美大志*・佐々木美智子*・上田保之*

Determination of Sweet Potato Content Mixed in Kuzu Starch by Two Methods of X-ray Diffractometry and Thickening with Alkali

Yoshimi KITADA*, Mitsuhiro MATSUMOTO*, Hiroshi NAGAMI*,
Michiko SASAKI* and Yasuyuki UEDA*

*Nara Prefectural Institute of Public Health, 57-6 Ohmori-cho, Nara, 630

A method for determinating the mixing ratios of sweet potato and kuzu starches in commercial samples was investigated. In X-ray diffraction analysis, the ratio could be estimated by measuring the ratio of diffraction intensity at 2θ 16.85° (4a) and 17.7° (4b). These partially overlapped 4th X-ray diffraction lines of kuzu and sweet potato starches were able to separate them into the 2 normal distribution curves. In thickening analysis with alkali, starch was thickened by mixing with potassium hydroxide solution in a test tube and after 20 min it was observed whether the content moved or not in 5 sec by turning the test tube up-side down. The values of six commercial kuzu starches by the two methods described above coincided well with those by the three methods reported previously, i.e. scanning electron microscopy, light blocking and sedimentation. (Received Sep. 3, 1986)

葛澱粉は、山野に自生するマメ科の多年草クズの根から、繊維を取り除いた後、水晒しを繰り返すことにより調製したもので、我が国では古くから葛湯や和菓子等の原料として広く用いられてきた。しかし、近年とうもろこし、馬鈴薯、甘藷等の工業規模で生産される澱粉にとってかわられ、市販の葛澱粉にも商品名とは違って、異種澱粉を使用したものが多く出回っている。そこで、葛澱粉の産地として全国に知られている本県では、業界が自主規格¹⁾を設定し、原料として葛澱粉だけを使用したものを「本葛」、葛澱粉を主原料としたものを「葛」、葛澱粉以外の澱粉を主原料としたものを「葛類似品」と表示することとした。

著者らは、現在までに市販葛澱粉製品に使用されている異種澱粉が甘藷澱粉であることを明らかにするとともに²⁾、走査電子顕微鏡 (SEM)³⁾、光遮断式及び沈降式粒

度分布分析器³⁾による両者の混合割合を測定する方法を開発した。しかし、澱粉は天然物であるために、測定に当たっては生育環境等の影響を考慮する必要がある。

今回、著者らは、両澱粉の結晶状態の違いを利用したX線回折による混合割合の測定法を検討するとともに、合わせて澱粉がアルカリにより糊化する性質を利用し、両者のおおよその混合割合を求める簡便法についても検討したので報告する。

実験方法

1. 試料

既報²⁾の葛澱粉、甘藷澱粉、市販葛澱粉製品に加え、静岡県産の葛澱粉、鹿児島県産及び千葉県産の甘藷澱粉を用いた。なお、千葉県産の甘藷澱粉として自然乾燥によるものと火力乾燥によるものを用いた。

* 奈良県衛生研究所 (〒630 奈良市大森町 57-6)

2. 装置

X 線回折装置：理学電機(株)製自記式 X 線ディフラクトメーター

真空定温乾燥器：ヤマト科学(株)製 DPA-30

試験管振盪器：サーモニクス(株)製 TM 101 型マイクロサーモミキサー

3. アルカリ糊化用試料の調製法

蒸留水で数回洗浄した試料約 2 g を、85% メタノール溶液 200 ml とともにナス型フラスコに入れ、冷却器をつけて水浴上で 4 時間煮沸した後、No. 4 のガラスフィルターを用いて熱吸引ろ過し、熱 85% メタノール溶液で数回洗浄する。この操作をさらに 2 回繰り返した後、真空定温乾燥器で 50°C、15 時間乾燥した。乾燥後乳鉢で軽く粉砕し、混合試料の場合は重量比で混合した。なお、X 線回折法の場合は乾燥以降の操作を行った。

4. X 線回折法による葛澱粉、甘藷澱粉の混合割合の測定

乾燥した澱粉 0.40 g をサンプル瓶に秤取し、水 0.13 ml を加えてよく攪拌し、さらにメノウ製乳鉢でよく混合した後、回折窓 20×18 mm のアルミニウム製試料ホルダーに固定し、 2θ 16.85° (4a 環) 及び 17.7° (4b 環) における 10 秒間の積算 X 線回折強度を 5 回測定し、両者の平均値の比 (4a/4b) を求めた。以上の操作を標準試料では 5 回、その他の試料では 3~4 回繰り返して得られた値を用い、既報²⁾に従い、平均値の有意差検定及び回帰式による母平均の 95% 信頼区間を求めた。なお、X 線回折の操作条件を下記に示した。

X 線管：銅対陰極、フィルター：Ni、電圧：40 kV、電流：25 mA、時定数：5 sec、走査速度：1/2°/min、発散スリット：1°、散乱防止スリット：1°、受光スリット：0.15 mm

5. アルカリ糊化法による葛澱粉、甘藷澱粉の混合割合の測定

脱脂・乾燥した試料 60 mg を、硬質ガラス試験管 (105 mm×10 mm i.d.) に秤取し、水酸化カリウム溶液 1 ml を加え、直ちに試験管振盪器で 2 分間攪拌する。20 分間静置した後試験管を転倒させ、5 秒間に内容物が垂れてくるか否かを判定し、内容物が垂れてこない水酸化カリウム溶液の最低濃度をその試料の至適アルカリ濃度とした。以上の操作を葛澱粉、甘藷澱粉及び両者の混合物について行い、各至適アルカリ濃度を求め、その値に基づいて試料中の両者の混合割合を求めた。

結果及び考察

1. X 線回折法による葛澱粉、甘藷澱粉の混合割合の測定

澱粉粒は分子が無秩序に集合した非晶質部分と、規則正しく並んだ結晶質部分から成っており、銅からの X 線を当てると特有のデバイ・シェラー像を与え、その像は澱粉の種類により異なり、とうもろこしを代表とする A 図形と馬鈴薯を代表とする B 図形と、多くの変形をもつ C 図形が両者の中間にあり、連続的に変化していくことが知られている⁴⁾。この C 図形が A と B との混合型であるという考えから、C を A、B を用いて定量的に表わす試みがなされている。檜作ら⁵⁾は C に属する澱粉の微結晶構造が A、B 両結晶の混合型であると考え、C に属する澱粉の結晶部分の A と B との混合比を半定量的に求めている。その中で葛澱粉を取りあげ、これが A 50~40%、B 50~60% の混合であると報告している。また、井上ら⁶⁾は澱粉を多く含有する薬用植物及びそれらを水洗して得た精製澱粉粒の X 線回折を行い、A・B・C いずれの型を示すか調査するとともに、C については A、B の概略の混合比率を求めている。葛澱粉についても調査しており、A、B の比率が 8:2 であったと報告している。

Fig. 1 X-ray powder diffractograms of kuzu and sweet potato starches

Conditions: X-ray, Cu K α ; filter, Ni; KV/mA, 40/25; divergence slit, 1°; scattering slit, 1°; receiving slit, 0.15 mm

Fig. 2 Separation of the 4th ring of X-ray diffractograms into normal distribution curves of 4a and 4b
Cross mark shows observed intensities

以上の方法は、ともに X 線回折の全体像から半定量的に混合比を求めているが、比較的近似した葛澱粉と甘藷澱粉の混合比率を求めるためには、全体像よりも特徴のある部分像をとりあげ、そのピーク強度比あるいは面積比から両者の混合割合を求める方がよいと考えられる。そこで、 2θ 5~28° の間を 0.05° 毎に X 線を 10 秒間照射した時の積算値をプロットしたところ (Fig. 1), 4a 環及び 4b 環がもっともよく両デンプンの違いを表わしており、以下この 2 環に着目して検討を行った。

(1) 4a 環, 4b 環の正規分布曲線への分割

第 4 環は馬鈴薯では a 環のみで、とうもろこしではほぼ同じ強度の a, b 2 環から成っており⁵⁾、両者の中間に位置する葛では、b 環が a 環の半分位しかなく、甘藷では a, b がほぼ同じ強度を示している。また、X 線回折像は本来正規分布曲線を成すことが知られている。そこで、第 4 環が正規分布を成す a, b 2 環で形成されているか否かを、葛及び甘藷澱粉で調べた。その結果、Fig. 2 に示したように実験値と計算値がよく一致し、第 4 環が正規分布を成す a, b 2 環の合成されたピークであることが確認できた。なお、ピークの分割計算は一次近似と最小二乗法による赤嶺⁷⁾の方法に従い、計算の反復回数は 20 回とした。

(2) 4a 環, 4b 環, その他の位置 (2θ) の測定

4a 環, 4b 環, 4a 環から 4b 環への変曲点及び両環の共通のベースとなる位置 (2θ) を求めるために、まず Fig. 1 で得られた値から両澱粉の微分曲線を求め、次に、X 線回折図と対比させながらそれぞれの位置を求めた。その結果、4a 環, 4b 環のピーク頂点の位置が 16.85°, 17.7°, 4a から 4b への変曲点が 17.5°, そして両環の共通のベースが 15.8° と 19.2° であった。

(3) X 線回折に及ぼす水分含量の影響

試料の水分含量が X 線回折像及び回折強度に及ぼす影響を調べた。乾燥した葛澱粉, 甘藷澱粉に水分含有率が 10, 20, 30 及び 40% となるように水を加え、X 線回折像を求めた。その結果、20%・30% では他に比べ回折強度が大きく、両澱粉の差をよく表わしており、しかも成形性がよく試料ホルダーへの固定も容易であった。次に、水分含有率を 15, 20, 25 及び 30% とした甘藷澱粉の 2θ 15.8°, 16.85° (4a), 17.7° (4b) 及び 19.2° における回折強度をそれぞれ 4 回ずつ測定した時の含水率と変動係数の関係を Fig. 3 に示したが、すべての位置で 25% の時の変動係数がもっとも小さい値を示した。さらに、含水率 15, 20, 25 及び 30% の時の 16.85° と 17.7° の回折強度比の変動係数を求めた結果、1.13, 0.85, 0.57 及び 0.63% となり、25% の時の変動係数がもっとも小さい値を示した。

以上の結果より、X 線回折測定時の試料の水分含量

Fig. 3 Relationship between the water content (%) and variation of X-ray intensity in sweet potato starch

として 25% が適当であった。

(4) 葛澱粉, 甘藷澱粉の混合割合の測定

混合割合の測定法として, (1) で分割した 4a, 4b 2 つのピーク面積比を求める方法, 4a 環 (16.85°) と 4b 環 (17.7°) の回折強度比を求める方法及び第 4 環を 4a と 4b の変曲点 17.5° で 2 つに分け両者の積算強度比を求める, すなわち 15.8°~17.5° までの積算強度と 17.5°~19.2° までの積算強度の比を求める方法を検討した。試料として葛澱粉, 甘藷澱粉及び両者を 10% きざみで混合したものをを用いた。横軸に両澱粉の混合比率,

Table 1 X-ray intensity ratio (4a/4b) of standard starch samples by X-ray diffraction analysis

Starch sample Kuzu : sweet potato	Mean $\pm$ S. D. ^a
A (10 : 0)	1.206 $\pm$ 0.016
B (9 : 1)	1.189 $\pm$ 0.020
C (8 : 2)	1.176 $\pm$ 0.013
D (7 : 3)	1.150 $\pm$ 0.011
E (6 : 4)	1.135 $\pm$ 0.014
F (5 : 5)	1.115 $\pm$ 0.009
G (4 : 6)	1.102 $\pm$ 0.014
H (3 : 7)	1.076 $\pm$ 0.009
I (2 : 8)	1.065 $\pm$ 0.009
J (1 : 9)	1.049 $\pm$ 0.010
K (0 : 10)	1.037 $\pm$ 0.009

^a; Standard deviation

縦軸に面積比または強度比をとり, 各方法で得られた値の直線性を求めたところ, 4a 環と 4b 環の回折強度比を求める方法でもっとも良好な直線性が得られた。この方法により, 各澱粉濃度毎に 5 回ずつ測定した時の結果を Table 1 に, 平均値の有意差検定の結果を Table 2 に示した。有意差検定の結果, A (10 : 0) と B (9 : 1), B と C (8 : 2), D (7 : 3) と E (6 : 4), F (5 : 5) と G (4 : 6), H (3 : 7) と I (2 : 8) 及び J (1 : 9) と K (0 : 10) を除いた他の試料間で, 危険率 5% 以内で有意差が認められた。

2. 成育環境の違った澱粉の X 線回折に及ぼす影響

澱粉の X 線回折像は, その起源植物の成育環境によって変化することが知られており, HIZUKURI ら⁹⁾のダイズモヤシを使用した実験でも, 発芽温度が 13.5° では馬鈴薯と同じ B 形の結晶図形を, 30° ではほとんど A 形に近い C 形を, その中間の 22° ではちょうど A, B 形の中間の C 形が得られたと報告している。また, 甘藷澱粉を用いた実験でも同様の結果が報告されている⁹⁾。そこで, 成育環境の違いが澱粉の結晶状態に及ぼす影響を調べた。すなわち, 葛澱粉として新たに静岡県産を, 甘藷澱粉として鹿児島県産及び千葉県産の乾燥方法の違う 2 種類を用いた。X 線回折法による測定結果と平均値の有意差検定の結果を Table 3 に示したが, 葛澱粉では A (10 : 0) 及び B (9 : 1) と有意差がなく, 甘藷澱粉の鹿児島県産では K (0 : 10) と, また千葉県産の自然乾燥品, 火力乾燥品では J (1 : 9) 及び K (0 : 10) と有意差がなく, 従って今回検討した程度の環境変化で

Table 2 Certification of mean of X-ray intensity ratio (4a/4b) of standard starch samples by X-ray diffraction analysis^a

Starch sample	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
A		— ^b	*	***	***	***	***	***	***	***	***
B	—		—	**	**	***	***	***	***	***	***
C	*	—		**	**	***	***	***	***	***	***
D	***	**	**		—	***	***	***	***	***	***
E	***	**	**	—		*	**	***	***	***	***
F	***	***	***	***	*		—	***	***	***	***
G	***	***	***	***	**	—		**	**	***	***
H	***	***	***	***	***	***	**		—	**	***
I	***	***	***	***	***	***	**	—		*	**
J	***	***	***	***	***	***	***	**	*		—
K	***	***	***	***	***	***	***	***	**	—	

^a; Confidence limits at 95% (*), 99% (**) and 99.9% (***) level

^b; not significant

Table 3 X-ray intensity ratio (4a/4b) and comparison of means of standard and sample starches produced in different places

Sample starch	Number of measurement	Mean $\pm$ S. D.	Comparison of mean
Kuzu;			
Shizuoka	4	1.213 $\pm$ 0.008	A, B
Sweet potato;			
Kagoshima	3	1.017 $\pm$ 0.015	K
Chiba (natural drying)	4	1.038 $\pm$ 0.020	J, K
(flash drying)	4	1.037 $\pm$ 0.014	J, K

は、標準として用いた澱粉とはほとんど有意差がみられなかった。しかし、葛及び甘藷澱粉が、X線回折像の中でも特に生育温度の影響を受け易いC型に属することを考慮すれば、さらに生育環境の違ったものについても調査する必要がある。

3. アルカリ糊化法による葛澱粉、甘藷澱粉の混合割合の測定

澱粉粒を水の存在下で加熱したり、アルカリ、酸、塩類などの溶液で処理すると、水素結合の破壊による膨潤と糊化の起こることが知られている¹⁰⁾¹¹⁾。青木らは、アルカリ糊化法により、混在する馬鈴薯とわらび澱粉または葛とうもろこし澱粉の鑑別を行っている¹²⁾。すなわち、水酸化カリウムの適切な濃度の溶液を用い、2種の澱粉の一方のみが糊化し、他方は無変化のまま残存していることを光学顕微鏡で確認することにより、両者を鑑別している。

著者らは、この方法を参考にして、葛澱粉と甘藷澱粉の混合割合を測定する方法を検討した。澱粉の糊化を数値化するに当たっては、硬質ガラス試験管(105 mm $\times$ 10 mm i.d.)に試料とアルカリ、酸または塩類溶液などの糊化剤を入れ、2分間の振盪攪拌により試料を糊化

させ、20分後に試験管を転倒させて5秒間に内容物が垂れるか否かを判定し、内容物が垂れてこないときの糊化剤の最低濃度をその試料の至適糊化濃度として表わす方法をとった。

(1) 試料の前処理法の検討

澱粉の糊化に当たっては、澱粉に含まれる油分などの影響が考えられるため、水洗・脱脂後乾燥したものと、乾燥だけのものを比較した。なお、脱脂条件は実験方法の3.に示した。試料として、産地または乾燥方法の異なった葛澱粉及び甘藷澱粉を、糊化剤として水酸化カリウム溶液を用い、至適アルカリ濃度を求めた。その結果、Table 4に示したように両澱粉とも脱脂処理を加えた方が、乾燥だけのものより低いアルカリ濃度で糊化し、また産地間及び乾燥の違いによるばらつきが小さくなったために、以降の実験で用いる試料は脱脂することにした。なお、振盪時間は青木らの方法¹²⁾に従って2分間とした。

(2) 糊化剤の検討

糊化剤として水酸化カリウム、水酸化ナトリウム、過塩素酸、塩化カルシウム、ヨウ化カリウム及び尿素を用い、各糊化剤の至適糊化濃度を求めた。使用した糊化剤

Table 4 Effect of the defatted treatment on gelatinization with potassium hydroxide solution

Sample	Concentration of KOH (%)	
	No treatment	Defatted starch
Kuzu;		
Nara 1	1.8	1.9
Nara 2	2.1	1.9
Shizuoka	2.1	2.0
Sweet potato;		
Kagoshima	2.6	2.5
Chiba (natural drying)	2.4	2.4
(flash drying)	2.5	2.4

Table 5 The concentration of reagents required to gelatinization of various starches, %

Starches	Potassium hydroxide	Sodium hydroxide	Perchloric acid	Potassium iodide	Calcium chloride	Urea
Kuzu	1.8	0.7	18	21	20	35
Sweet potato	2.6	0.8	19	25	23	35
Rice	2.3	0.6	20	26	20	33
Wheat	1.8	0.5	18	23	22	32
Corn	2.6	0.8	19	22	21	29
Tapioca	2.5	0.7	19	22	20	28
Potato	0.8	0.5	15	21	18	39

のうち、水酸化カリウムと水酸化ナトリウムは 10 w/v % 溶液を、他の糊化剤は 50 w/w % 溶液を希釈することにより、必要な濃度の糊化剤を調製した。

結果を Table 5 に示したが、水酸化ナトリウムの場合がもっとも低濃度で糊化し、反対に尿素の場合もっとも高濃度を必要とした。また、尿素では馬鈴薯澱粉の至適糊化濃度が他の澱粉より高いのに対し、他の糊化剤では全く逆の現象を示した。また、水酸化カリウムの場合は比較的低濃度で糊化し、さらに各澱粉間の差、特に葛と甘藷澱粉の差をよく表わしているところから、糊化剤として水酸化カリウムを用いることにした。

(3) 糊化に及ぼす試料量、温度等の影響

糊化剤として水酸化カリウム溶液を用い、まず試料量の糊化に及ぼす影響を調べた。その結果、試料量が糊化剤 1 ml に対し 50 mg 以下の場合、完全に糊化しているにもかかわらず、転倒と同時に垂れてくるものがあったため、試料量は 60 mg とした。次に、40°、室温 (20~23°C) 及び 0°C における至適アルカリ濃度を、葛澱粉・甘藷澱粉を用いて比較したところ、室温での甘藷澱粉の至適アルカリ濃度が 2.4% に対し、0°C の時 2.3% と低くなった以外は温度による影響は受けなかった。

(4) 混合澱粉の至適アルカリ濃度の測定

奈良県産葛澱粉と鹿児島県産甘藷澱粉を用い、両者を 10% 間隔で混合した試料について至適アルカリ濃度を求めた。測定結果、回帰直線及び 95% 信頼区間を Fig. 4 に示したが、葛澱粉含有率と至適アルカリ濃度間の相関係数は -0.969 であった。また、産地の異なった澱粉の至適アルカリ濃度は Table 4 に示したように、葛澱粉、甘藷澱粉ともに産地によって 0.1% の違いがみられたにとどまったが、X 線回折法と同様にさらに生育環境の違ったものについても検討する必要がある。しかし、本法が特別な装置を必要とせず、比較的短時間に容易に判定結果が出せることから、簡易法として充分な利点があ

ると考える。

4. 市販葛澱粉製品の鑑別

X 線回折法による市販葛澱粉製品中の葛澱粉と甘藷澱粉の混合割合の測定結果と標準澱粉との平均値の有意差検定の結果を Table 6 に示した。その結果、2, 3, 6 が自主規格¹⁾の「葛類似品」(葛澱粉の含有率が 50% 未満)、5 が「葛」(50% 以上 100% 未満)で、1 では「葛」か「葛類似品」かの判定が困難であり、4 では甘藷澱粉とも有意差がみられた。しかし、現在までに測定した結果²⁰⁾から判断して、4 は甘藷澱粉であると考えられる。

次に、アルカリ糊化法による測定結果を Table 7 に、またアルカリ糊化法を含め現在までに開発した方法を比較する目的で、回帰式による母平均の 95% 信頼区間より求めた結果を Table 8 に示した。その結果、2, 4, 6 がすべての方法で「葛類似品」と判定され、1 では沈降法と X 線回折法で「葛類似品」と判定された以外は「葛」か「葛類似品」かの判定が、また、3 では他の方法で「葛類似品」と判定されたのに対し、SEM 法だけが、「葛」か「葛類似品」かの判定が、また 5 では SEM 法、X 線回折法及びアルカリ糊化法で「葛」と判定されたのに対し、光遮断法及び沈降法では同じく「葛」か「葛類似品」かの判定がそれぞれ困難であった。以上、全体的にみれば 5 つの方法は比較的よく一致した結果を示していると考えられるものの、試料が天然物であり生育環境の影響を受け易いことを考慮したとき、より正確に判定するためには、単一の方法より観点の異なった複数の方法を組合わせて判断する必要がある。

葛澱粉を α 化した葛湯は、古くから胃腸の弱った病人食として用いられてきたが、その理由として第一に α 化された澱粉の消化の良さが掲げられるが、それとともに著者らは成分面にも有効性の一因があると考え、調査したところ、葛澱粉にダイゼインのような生理活性物質が含まれていることを先に報告した¹⁸⁾。このように葛澱粉

Table 6 X-ray intensity ratio (4a/4b) and comparison of means of standard and commercial kuzu starchs

Sample	Number of measurement	Mean $\pm$ S. D.	Comparison of mean
1	3	1.104 $\pm$ 0.011	F, G
2	3	1.070 $\pm$ 0.008	H, I
3	3	1.051 $\pm$ 0.011	I, J, K
4	4	1.014 $\pm$ 0.007	— ^a
5	3	1.148 $\pm$ 0.005	D, E
6	4	1.047 $\pm$ 0.009	J, K

^a; not significant with sweet potato starch

Fig. 4 Regression line and confidence limit at 95% level of mean

°; observed data

には他の澱粉にみられない有効性があり、この有効性を活かしていくためには、できるだけ葛澱粉を多く含んでいるほうがよく、その意味からも葛澱粉と甘藷澱粉の混合割合の測定が必要である。

Table 7 The concentration of alkali to gelatinize commercial kuzu starchs

Sample	Concentration of KOH solution (%)
1	2.2
2	2.4
3	2.5
4	2.5
5	2.0
6	2.4

要 約

X線回折法及びアルカリ糊化法による葛澱粉と甘藷澱粉の混合割合測定法を検討した。

(1) X線回折像から定量的に混合割合を測定する方法を検討したが、両澱粉の特徴をよく表わしている第4環に着目し、4a環と4b環の強度化を求める方法がもっとも良好であった。

(2) 両澱粉の第4環がa, b 2つのピークの合成され

Table 8 Comparison of confidence limit at 95% level of means measured by 5 methods^a (%)

Sample	Scanning electron microscopy	Light blocking	Sedimentation	X-ray diffractometry	Alkali gelatinization
1	37.2~53.1	35.0~45.6	26.0~35.3	35.4~47.7	38.7~52.0
2	11.3~34.5	24.8~36.2	9.8~21.2	14.0~29.3	0.3~21.3
3	38.8~54.0	37.3~47.7	18.0~28.2	1.3~19.0	0~6.5
4	17.9~35.6	0~2.8	12.5~23.3	0~1.0	0~6.5
5	59.4~76.3	37.8~48.3	48.0~54.7	61.0~74.1	71.0~89.0
6	4.8~25.6	2.0~18.1	0~8.4	0~17.2	0.3~21.3

^a; Each value shows the range of content of kuzu starch.

たものと考え、第 4 環を 2 つの正規分布曲線に分割したところ実験値と計算値がよく一致した。

(3) 澱粉のアルカリ糊化を利用した測定法を検討した結果、糊化剤として水酸化カリウム溶液を用い、混合割合を数値化する方法として、試験管転倒法による至適アルカリ濃度を求める方法を開発することができた。

(4) 現在までに開発した SEM 法、光遮断法、沈降法、X 線回折法及びアルカリ糊化法を比較したところ、比較的良好一致した結果が得られたものの、より正確な結果を得るためには、観点の違った複数の方法を組合わせて判断する必要がある。

試料を提供いただいた千葉県東部澱粉工業組合、鹿児島県農業試験場前屋氏及び静岡県掛川市児玉氏にそれぞれ深謝致します。

文 献

- 1) 奈良県観光土産品公正取引協議会・吉野葛製造事

業協同組合：吉野葛適正表示基準 (1983)。

- 2) 北田善三・佐々木美智子・上田保之・新井信義・中村光秀・天野立爾：食衛誌，27，9 (1986)。
3) 北田善三・玉瀬喜久雄・佐々木美智子・上田保之・新井信義：食衛誌，27，224 (1986)。
4) 二国二郎：澱粉科学ハンドブック (朝倉書店)，p. 25 (1980)。
5) 檜作 進・二国二郎：農化，31，525 (1957)。
6) 井上正敏・太田長世・三野芳紀・津村博一・沖中深幸・榊 寿昌：生薬誌，29，125 (1975)。
7) 赤嶺達郎：日水研報告，33，163 (1982)。
8) HIZUKURI, S., FUJII, M. and NIKUNI, Z.: *Nature*, 192, 239 (1961)。
9) 二国二郎・檜作 進・藤井ミチ子・土井健三・長谷川浩・森脇 勉・奈良省三・前田 巖：農化，37，673 (1963)。
10) 川村信一郎：澱工誌，16，120 (1968)。
11) 高橋礼治・山本正樹：澱工誌，17，289 (1969)。
12) 青木みか・谷由美子：家政誌，26，249 (1975)。
13) 小菅卓夫・石田均司・北田善三・上田保之：日食工誌，33，492 (1986)。

(昭和 61 年 9 月 3 日受理)