

ながいものデンプンについて

坂入 和彦・岡 啓次郎

はじめに

ながいものは、本邦に野生するじねんじよと、その栽培種である「ながいも」、「やまといも」、「つくねいも」、「こぶしいも」、などの総称¹⁾であり、俗に「とろろいも」ともいう。そしてこれらを食用するときは、とろろ汁とするのがもっともふつうのようであるが、その他結料(つなぎ)や特殊な郷土食品として利用される例もある。

とろろ汁とした場合興味をひくことは、これが生のまま食用にされるということであり、これはデンプンを多く含む食品、すなわちデンプン質食品では非常にめずらしいことである。

一般にデンプンは、生のままでは消化が悪く、地下デンプンでは特にその傾向がいちじるしいことが、すでに報告されている²⁾。

「ながいも」は日本標準食品分析表³⁾によると、約23.7%の糖質(おそらくその大部分はデンプンであろう)を含む。それにもかかわらず、とろろ汁は消化のよい食物とされているのは、ながいもに含まれている成分に、なにか特徴があるのではないかと考えられる。

この特徴と考えられるものは次のように大別できるであろう。

1. ながいもデンプンが生のままで非常に消化されやすい。
2. ながいもに含まれているアミラーゼが消化を助ける。
3. ながいもに含まれている粘質物のようなものなどが消化を助ける。

このようにながいもが、食品学のうえからみていくつかの興味ある課題を持つにもかかわらず、その研究はほとんど手がつけられておらず、古くは片山⁴⁾が、また近

くは、インドにおいて Ras, Ben⁵⁾らが報告を出しているにすぎない。

そこで、わたしたちはながいもの成分の研究に着手することにしたが、この研究は、ながいものデンプンと、ながいものアミラーゼと、ながいもに含まれる他の夾雑物との、三つの立場からの追及が必要である。

本実験は、はじめにながいもの一般分析を行い、次にながいものデンプンをとりあげ、最初粒の形状、ついでその物理学的、化学的性状、さらに酵素に対する性質、の順でしらべ、ながいもの示すききにのべた性質の理解を深めようとしたものである。

実 験

1. 品種および産地

ながいも⁶⁾ *Dioscorea Batatas Decne, forme Typica Makino*

かなざわながいも ながいもの栽培種で、石川県金沢附近で得られたものであるという。形態はながいものに似る。

らくだ 形態はながいものにほぼ似ているが、ながいもとの間で雑種はできないので、別の栽培種と考えられる。

やまと⁶⁾ (別名つくねいも) *Dioscorea Batatas Decne forma Tsukune Makino*

以上の品種を、いずれも埼玉県大宮市蓮沼1203番地附近で、1957年5月3日に求めたもの。

2. 一般分析

常法にしたがって一般分析を行った。その結果を第1表に示す。

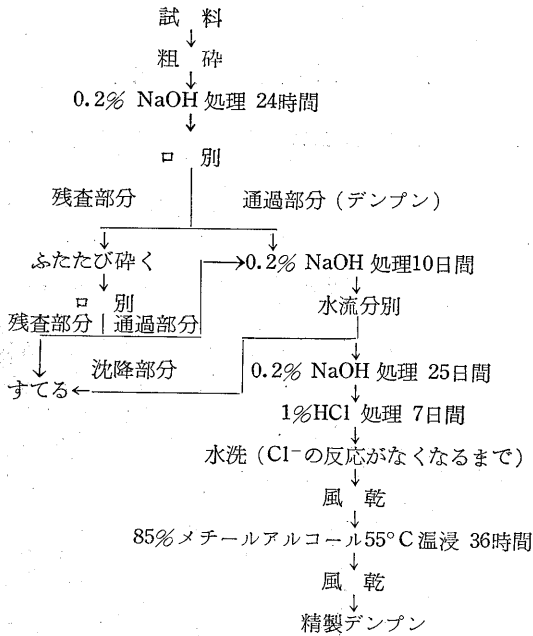
3. デンプンの採取

第1図に示す方法によって精製デンプンを得た。

第1表 ながいも類の一般分析

	乾 物 量 に 対 し て						試料中の水分
	粗 灰 分	粗タンパク質	粗 脂 肪	粗 セ ン イ	可 溶 性 物 無 窒 素	デ ン プ ン	
	%	%	%	%	%	%	%
な が い も	3.82	9.33	2.37	1.50	82.98	71.12	80.00
かなざわながいも	3.00	9.63	0.57	1.21	85.60	61.26	77.40
ら く だ	3.49	9.65	1.16	1.66	84.05	75.13	86.65
や ま と	3.79	12.14	0.66	1.43	81.99	78.55	74.48

第1図 デンプンの精製



得た精製デンプンの純度を、アンスロン試薬を用いて分光型光電比色計で測った結果、各試料デンプンとも98%以上の純度であった。

4. デンプン粒の測定

(1) デンプン粒の形状の測定 試料デンプン各四種のプレパラートを作り、400倍で粒形を観察した。粒形の分類は、卵形、三角形、不定形の三種とした。各品種ごとの粒形の比率を第2表に示す。

第2表 各種デンプン粒の比率

	ながいも	かなざわながいも	らくだ	やまと
	%	%	%	%
三角形	55.9	60.7	39.6	57.3
卵形	34.0	25.4	41.3	34.3
不定形	10.1	13.9	16.1	8.4
合計	100	100	100	100

(2) デンプン粒の粒径の測定 卵形については、長径と短径とを測り、三角形については、高さや底辺とを測り、また不定形については、最大辺と、最小辺とに相当する部分を測定した。測定は各形について700粒ずつ行った。結果を第3, 4, 5, 6, 表示す。また各粒の平均をとると、第7表になる。

5. 青色度⁸⁾ (blue value)

各品種ごとに精製デンプン 1g (乾物量) をとり、これを水で冷やしながらか 52% HClO₄ 溶液に溶解し、水を加

えて100ccにする。次にその5ccをとり、さらに水でうすめ、0.2%ヨードヨードカリ溶液を1cc 加え発色させ、全量を100ccとする。この発色液を分光型光電比色計を用い、波長660m μ で吸光係数を測定して第8表に示す値を得た。また比較のため地上デンプンとして、米(うるち)、小麦、とうもろこしを、地下デンプンとして、じゃがいも、さつまいも、くず、タピオカ、をとり、同様の処理をしてその値を比べた。

第3表 ながいもの粒径

粒径 μ	三角形		卵形		不定形	
	底辺	高さ	長径	短径	長径	短径
	粒数	粒数	粒数	粒数	粒数	粒数
以上 未満	0	0	0	0	0	0
0~3.9	0	0	4	2	8	0
3.9~7.7	0	0	35	34	11	31
7.7~11.5	129	132	29	72	13	63
11.5~15.4	244	226	101	195	49	164
15.4~19.2	199	200	187	220	156	226
19.2~23.0	63	99	185	112	200	149
23.0~26.9	16	11	113	37	147	68
26.9~30.3	1	2	47	20	85	21
30.3~34.6	0	1	16	4	32	15
34.6~38.4	0	0	4	1	11	3
38.4~42.2	0	0	3	1	4	0
42.2~46.1	0	0	0	0	4	0
46.1~49.9	0	0	1	0	0	0
49.9~53.8	0	0	0	0	0	0
53.8~57.6	0	0	0	0	0	0
57.6~61.4	0	0	0	0	0	0
最小~最大	8.1~31.1	7.7~35.3	5.8~41.5	5.8~46.1	11.5~49.9	9.6~42.2

第4表 かなざわながいもの粒径

粒径 μ	三角形		卵形		不定形	
	底辺	高さ	長径	短径	長径	短径
	粒数	粒数	粒数	粒数	粒数	粒数
以上 未満	0	1	0	0	0	0
0~3.9	4	1	5	19	0	1
3.9~7.7	23	20	21	45	0	11
7.7~11.5	148	115	39	104	23	76
11.5~15.4	240	215	91	202	78	193
15.4~19.2	186	199	162	186	171	214
19.2~23.0	114	104	188	102	179	136
23.0~26.9	23	36	119	35	135	49
26.9~30.3	5	8	48	12	61	17
30.3~34.6	1	1	15	4	19	2
34.6~38.4	0	0	7	1	5	1
38.4~42.2	0	0	5	0	0	0
42.2~46.1	0	0	0	0	0	0
46.1~49.9	0	0	0	0	0	0
49.9~53.8	0	0	0	0	0	0
53.8~57.6	0	0	0	0	0	0
57.6~61.4	0	0	0	0	0	0
最小~最大	5.8~36.6	3.6~38.1	7.3~46.2	4.6~42.4	12.3~42.4	7.7~38.9

第5表 らくだの粒径

粒径 μ	三角形		卵形		不定形	
	底辺	高さ	長径	短径	長径	短径
	粒数	粒数	粒数	粒数	粒数	粒数
以上 未満						
0~3.9	0	0	1	1	0	0
3.9~7.7	5	15	5	16	0	2
7.7~11.5	78	108	20	62	1	28
11.5~15.4	221	197	4	96	48	108
15.4~19.2	240	206	81	161	110	188
19.2~23.0	104	114	132	188	183	207
23.0~26.9	29	47	171	105	178	107
26.9~30.3	9	11	137	35	101	43
30.3~34.6	4	2	44	22	51	16
34.6~38.4	0	0	29	9	22	3
38.4~42.2	0	0	21	4	4	0
42.2~46.1	0	0	10	1	2	0
46.1~49.9	0	0	2	0	0	0
49.9~53.8	0	0	0	0	0	0
53.8~57.6	0	0	0	0	0	0
57.6~61.4	0	0	0	0	0	0
最小~最大	7.7~ 33.1	5.7~ 33.9	7.7~ 49.7	3.9~ 46.2	9.6~ 46.2	7.7~ 37.3

第6表 やまとの粒径

粒径 μ	三角形		卵形		不定形	
	底辺	高さ	長径	短径	長径	短径
	粒数	粒数	粒数	粒数	粒数	粒数
以上 未満						
0~3.9	0	1	0	3	0	1
3.9~7.7	6	5	15	39	4	7
7.7~11.5	78	73	53	67	19	42
11.5~15.4	255	163	77	89	63	117
15.4~19.2	183	174	63	93	117	186
19.2~23.0	115	136	96	141	146	127
23.0~26.9	44	81	109	106	114	113
26.9~30.3	14	40	99	65	100	69
30.3~34.6	4	18	85	43	69	28
34.6~38.4	0	6	52	22	34	8
38.4~42.2	1	3	35	10	13	8
42.2~46.1	0	0	12	4	19	5
46.1~49.9	0	0	2	2	2	0
49.9~53.8	0	0	4	0	0	0
53.8~57.6	0	0	3	0	0	0
57.6~61.4	0	0	1	0	0	0
最小~最大	5.8~ 42.2	3.8~ 41.9	4.6~ 62.2	3.8~ 48.0	6.9~ 47.2	3.8~ 46.6

第7表 各種デンプン粒径の平均

		ながいも	かなざわながいも	らくだ	やまと
三角形	底高 辺さ	19,146 μ 19,046	20,028 μ 19,747	17,433 μ 17,414	17,906 μ 19,115
卵形	長短 径径	24,390 20,794	24,794 20,151	24,525 20,351	25,957 25,083
不定形	長短 径径	26,754 26,580	25,364 21,637	25,364 21,637	25,137 21,287

第8表 各種デンプンの青色度(吸光係数)

ながいも類		地上デンプン		地下デンプン	
ながいも	0.587	米	0.570	じゃがいも	0.614
かなざわながいも	0.508	小麦	0.532	さつまいも	0.471
らくだ	0.598	とうもろこし	0.522	くず	0.524
やまと	0.614			タピオカ	0.456

6. コ化曲線

デンプン 20g(乾物量)をとり、400ccの蒸留水を加え、徐々に加熱してコ化させる。このときの粘性係数をB型粘度計⁹⁾で測定し、第2図に示すような粘性係数によるコ化曲線を得た。測定に用いたローターは No. 3、回転数は毎秒12回転である。

このときの温度上昇は 0分 50°C
 10分 約 70°C
 15分 約 76°C
 35分 約 95°C

の経過をたどった。加熱は700ワットのニクロム線による電熱で行い、湯浴の水の量は4lである。

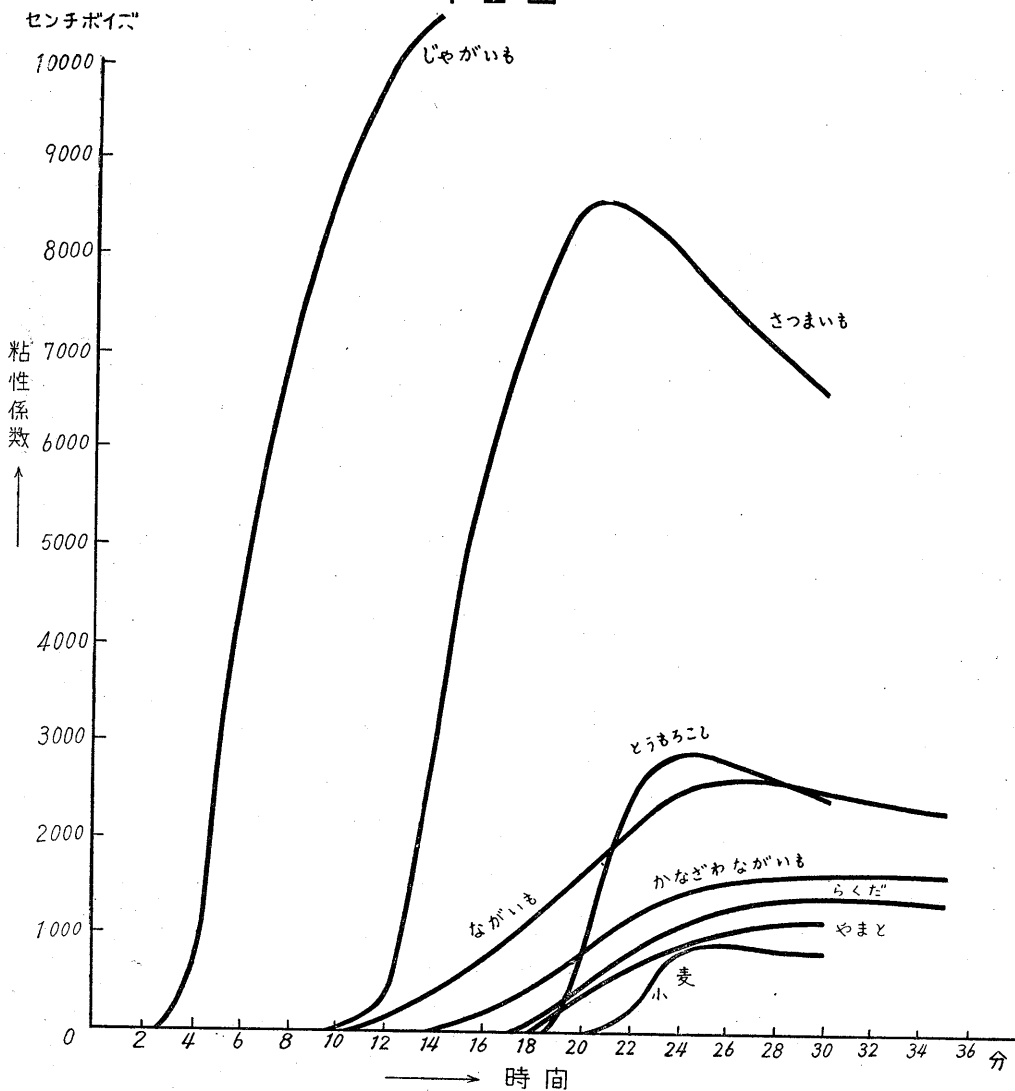
7. 生デンプンの状態での酵素分解

ながいも類のデンプンの特性を知るためのひとつとして、次に示す方法で生デンプンの酵素分解を行い、青色度の場合と同じように、他のデンプンとの間でその結果を比較した。

(1) 酵素分解に用いたデンプン

ながいも類のデンプン かなざわながいもデンプン
 とうもろこしデンプン 市販輸入とうもろこしデンプン

図 2



プン 紅農林種から得たデンプン
 さつまいもデンプン 日本薬局方ジャガイモデンプン
 ジャガイモデンプン プン

(2) 酵素液

唾液アミラーゼ ヒトの唾液22.3ccを遠心分離し、上澄液をとり、その10ccに対しアセトン6.5ccの割合に加え、生ずる沈澱を遠心分離によって分け、これを100ccの水に溶解した。このものは、 α -アミラーゼを主に含む。

さつまいもアミラーゼ 常法⁹⁾により分離した β -アミラーゼ粗ペーストを、1%溶液として用いた。このものは β -アミラーゼを主に含む。

黒こうじアミラーゼ asp. awamori を常法にし

たがって、3日間30°に培養したのち、アセトンで処理して乾燥したものを、こうじとして使用した。このこうじ(36.1%の水分を含む)15.65g(乾物10gに相当)に水100ccを加え、30分かきまぜ、口過し、透明な液を酵素液とした。このものは強力な生デンプン分解力を持つ。

(3) 反応と定量

反応液の組成は、次のとおりである。

唾液アミラーゼを用いた酵素分解の場合

生デンプン 0.5g (乾物量)

緩衝溶液 pH 7.7 9cc

2% 2NaCl 溶液 1cc

酵素液 5cc

さつまいもアミラーゼを用いた酵素分解の場合

生デンプン 0.5g (乾物量)

緩衝溶液 pH 4.8 10cc

酵素液 5cc

黒こうじアミラーゼを用いた酵素分解の場合

生デンプン 0.5g (乾物量)

緩衝溶液 pH 3.6 10cc

酵素液 5cc

緩衝溶液は、Mc. Ilvaine 緩衝溶液を用いた。

反応は、これらのものを 50cc の円錐フラスコにとり、31°C の恒温器に入れ、0時間、15時間、40時間、64時間ごとに反応液の一部をこしわけて 1cc とり、micro Bertrand 法により生成したグルコース量を定量して、分解過程を追跡した。

得られた結果を以下の表に示す。

第9表 唾液アミラーゼによる分解

種類	作用時間			
	0時間	15時間	40時間	64時間
	mg	mg	mg	mg
とうもろこしデンプン	0	123	174	181
さつまいもデンプン	0	46	105	136
じゃがいもデンプン	0	15	35	47
ながいもデンプン	1	14	42	76

第10表 さつまいもアミラーゼによる分解

種類	作用時間			
	0時間	15時間	40時間	64時間
	mg	mg	mg	mg
とうもろこしデンプン	0	9	8	8
さつまいもデンプン	0	1	2	2
じゃがいもデンプン	0	2	3	8
ながいもデンプン	0	8	3	3

第11表 黒こうじアミラーゼによる分解

種類	作用時間			
	0時間	15時間	40時間	64時間
	mg	mg	mg	mg
とうもろこしデンプン	0	229	458	507
さつまいもデンプン	0	140	379	458
じゃがいもデンプン	0	52	123	196
ながいもデンプン	0	95	206	365

8. その他

このほかデンプンのアミロース・アミロペクチン成分の分離、その存在比、重合度などについて実験を行っているが、なお検討の段階にあるので追って報文とする予定である。

考 察

以上、ながいも類のデンプンについて行った実験結果に検討を加えてみる。

1. デンプンの粒形について、第2表からわかるように、形状の比率については、各品種間に次のような順序がある。

三角形 かなざわながいも>やまと>ながいも>らくだ

卵形 らくだ>やまと>ながいも>かなざわながいも

不定形 らくだ>かなざわながいも>ながいも>やまと

また四品種間の平均粒径を比較すると、卵形の長径では、

やまと>かなざわながいも>らくだ>ながいも、となる。

卵形の短径では、

やまと>ながいも>らくだ>かなざわながいも

となる。

このことから、一番粒子の大きいのは、やまとであることがわかる。

また長径と短径の比率（離心率）をみると

ながいも; 1.17 らくだ; 1.21

かなざわながいも; 1.23 やまと; 1.03

となる。

このことから、やまとの卵形デンプンはもっとも球に近く、つづいてながいも、らくだ、かなざわながいも、の順に細長くなることがわかる。

三角形のデンプンについては、三角形の底辺では、かなざわながいも>ながいも>やまと>らくだ>ながいも

高さでは、

かなざわながいも>やまと>ながいも>らくだ>ながいも

このことから三角形を示すデンプン粒で、いちばん大きいのはかなざわながいもで、いちばん小さいのはらくだであることがわかる。

不定形を示すものについては、長径相当部分では、

ながいも>かなざわながいも>やまと>らくだ

短径相当部分では、

ながいも>かなざわながいも>やまと>らくだ

である。したがって、この形では大きさは

ながいも>かなざわながいも>やまと>らくだ

の順であることが知れる。

以上総合して、各品種ごとに見られるデンプン粒の特

徴を比較して示すと、次のようになる。

- (1) ながいもは、不定形が多くしかも大きい。
- (2) かなざわながいもは、卵形のものが多いがその形は細長い。三角形のものは少いが大きい。
- (3) やまとは、卵形のは球に近くしかも大きい。
- (4) らくだは、卵形が少く三角形が多くしかも小さい。

2. ながいも類のデンプンと他のデンプンとの比較

わたしたちの得た結果を各種デンプンの粒径と比較すると、次の第12表のようになる。

第12表 各種デンプンの粒径の比較

種類	大きさ
米	2 ~ 10 μ
小麦	5 ~ 40
とうもろこし	10 ~ 30
ジャがいも	18 ~ 78
さつまいも	5 ~ 27
ながいも	6 ~ 50
かなざわながいも	4 ~ 46
やまと	4 ~ 62
らくだ	4 ~ 50

すなわち、ながいも類のデンプンは、一般に地上デンプンより大きく、地下デンプンでは中位の大きさである。二国によるX線ダイフラクトメーターの結果では、ながいもデンプンの図型は、ジャがいもデンプンと、さつまいもデンプンとの中間を示したが、粒径についてもほぼ同様の結果がみられる。

3. 青色度について 青色度すなわちヨード呈色反応は、デンプンのおおまかな性質を判定するためにはしばしば用いられる。それは、この色がデンプン分子の直鎖部分のグルコース基の数によるからである。すなわちデンプン分子の連鎖部 (α -1,4結合) の長さが

- 約30附近では 青色
- 約20附近では 紫
- 約10附近では 赤
- 約6附近では 淡橙色
- それ以下では 無色

となる

ここで得られた吸光係数の結果では、ヨード呈色反応は、かなざわながいもを除いては、一般に地上デンプン類より小さく、地下デンプンのうちではジャがいもに次ぐ。これはながいも類のデンプンのグルコース鎖の長さが、地上デンプンより長く、地下デンプンのなかでは、ジャがいもとさつまいもの中間であることを意味している。さらにこのことは、さきの粒形についての測定結果や、X線ダイフラクトメーターの値と一致することでも

ある。しかし、これがただちにデンプン分子の大小を決定するものでない。またグルコース直鎖部の長さは、水素結合の強弱に密接なつながりを持つものようであり、これは次のコ化現象の解釈にあたっては、重要なこととなる。

4. コ化曲線について 同一濃度のデンプン懸濁液のコ化過程は、大きく分けて地上デンプン型と地下デンプン型となる。

地上デンプン型は、一般にコ化温度が高く最高粘度が低く、その後の粘度変化が少ない。

地下デンプン型は、一般にコ化温度が低く、最高粘度が高く、その後の粘度変化が大きい。

ながいも類のデンプンのコ化過程をこの二つの典型的な過程と比較すると、コ化開始の時間は、地上デンプンより早く地下デンプンに近いにもかかわらず、最高粘度に達するまでの時間は長く、その値は地上デンプンなりに低い。これは地上、地下の両方のデンプンの要素も持つことを示す。コ化はデンプン分子の水和であるとすると、このためには、デンプンのミセル結合がくずれなければならない。デンプンのミセル結合の大部分は水素結合であるから、コ化開始から最高粘度に達するまでの時間がこのように長いということは、ミセルを作っている水素結合に強弱があり、そのためにコ化が、水素結合の弱い部分から次第に強い部分へ順に起るためと思われる。しかしこのことの詳細は、デンプンの重合度、直鎖部分の長さ、アミロース・アミロペクチン比、などを検討したうえで決められなくてはならない。

5. 生デンプンの酵素分解について はじめに唾液アミラーゼによる酵素分解について考えてみると、下表のようになる。

第13表 唾液アミラーゼによる酵素分解の順

作用時間	順位
15時間	とうもろこしデンプン > さつまいもデンプン > ジャがいもデンプン > ながいもデンプン
40時間	とうもろこしデンプン > さつまいもデンプン > ながいもデンプン > ジャがいもデンプン
64時間	とうもろこしデンプン > さつまいもデンプン > ながいもデンプン > ジャがいもデンプン

次にさつまいもアミラーゼについて調べてみると、第2表に示すように、とうもろこしデンプンを除いては事実上酵素分解を受けていない。

このことは、さつまいもから得られるアミラーゼが β -

アマラーゼであり、一般にこのものは生デンプンに非常に作用しにくく、地下デンプンに対しては特にこの傾向が強いとされていることから、当然の結果であらう。

地上デンプンであるとうもろこしデンプンが、15時間までで一定値を示すことも、β-アマラーゼの作用がここですでに限界となり、β-リミットデキストリン様のものを生成したためと考えられる。

黒こうじアマラーゼは、まえに述べたように生デンプンに対して強力な糖化作用をもつものであるから、次表に示された糖化度の順位は、これらのデンプン間の生のままでの易消化性の順位を、もっともよく示していると思われる。

第14表 黒こうじアマラーゼによる酵素分解

作用時間	順	位
15時間	とうもろこし デンプン	さつまいも デンプン
	ながいも デンプン	じゃがいも デンプン
40時間	とうもろこし デンプン	さつまいも デンプン
	ながいも デンプン	じゃがいも デンプン
64時間	とうもろこし デンプン	さつまいも デンプン
	ながいも デンプン	じゃがいも デンプン

ま と め

以上、ながいも類の成分からデンプンを取り出し、その性状をしらべた。その結果、次のことを知ることができた。

1. ながいも類のデンプンの粒形は、ほぼ、卵形、三角形、この二つの形に属さない不定形、の三種に分れる。
2. 粒の大きさは、平均して地下デンプンのじゃがいもとさつまいもの中間である。
3. 青色度を測定した結果、デンプン分子のグルコー

スの直鎖部の長さは、地下デンプンのじゃがいもとさつまいもの中間である。

4. コ化現象は地上・地下の両方のデンプンの要素を持つ。

5. 生デンプンのままでアマラーゼを用いて酵素分解を行い、他種のデンプンと比較すると、分解の受けやすさは、

とうもろこし>さつまいも>ながいも>じゃがいも
デンプン>デンプン>デンプン>デンプン

の順となる。

6. 以上の実験結果から、ながいも類が食品として示す興味ある事実を、含まれるデンプンからのみ説明することは困難である。

なおこの実験を進めるにあたり、岩佐恵子、江川知子、小川淑江、窪田檀、永友洋子、富岡慶子、八田玲、の諸氏の助力をいただいた。終りに附記して謝意とする。

文 献

- 1) 永井威三郎; 作物栽培各論, 中巻. 372. 養賢堂 (昭18)
- 2) 桜井芳人, 増原泰三, 渡辺至子, 早川清一; 食糧研究所報告 5, 41, (1951) *ibid*; 6, 125 (1952)
- 3) 日本標準食品分析表; 第1出版 (昭26)
- 4) 片山崑; 薬学雑誌 315, 446, (1908)
- 5) P.S.Ras and P. M. Ben; Science and Culture, 20, 397 (1955)
- 6) 村越三千男; 内外植物原色図鑑, 817 誠文堂新光社 (昭19)
- 7) R. M. Mc Cready, J. Guggory, V. Silveira and H. S. Owens; Anal. Chem. 22, 1156 (1950)
- 8) 倉沢文夫, 山本幸正; 農化, 31, 518 (1950)
- 9) 東京計器製; 型式BM型

坂 入 和 彦 本学専任講師 化学専攻
岡 啓次郎 本学専任教授 食品化学専攻