

西洋わさびでん粉の特性

村瀬 誠*・永田美世*・木島 勲**・石田欽一*
杉本勝之*・山田哲也***

Some Properties of Horseradish Starch

Makoto MURASE*, Miyo NAGATA*, Isao KIJIMA**, Kin-ichi ISHIDA*,
Masayuki SUGIMOTO* and Tetsuya YAMADA***

* Food Research Institute, Aichi Prefectural Government, 2-1-1, Shinpukuji-cho,
Nishi-ku, Nagoya 451-0083

** Kinjirushi-wasabi Co.Ltd., 2-61, Yawatahonndoori, Nakagawa-ku, Nagoya 454-0031

*** Faculty of Bioresources, Mie University, 1515, Kamihama-cho, Tsu-shi, Mie, 514-0008

Horseradish starch granules were extracted by wet milling and decantation method. Extracted starch was dried into powder through ethyl alcohol and diethyl ether washing and was subjected to the physicochemical analysis. The starch granules were spherical in shape and 3~10 μm in diameter. The granule size was bigger than that of bamboo, smaller than that of kiwifruit, while similar to those of rice and buckwheat. Amylogram of horseradish starch showed lower gelatinization temperature, whereas the starch suspension had to be heated to 95°C to attain the maximum viscosity. The lower gelatinization temperature was also recognized by the methods of differential scanning calorimetry and photopastograph. Among starches reported, horseradish starch had lowest gelatinization temperature. X-ray diffraction showed the starch had a C type to which type starches originated from roots belonged. Amylose content was similar to those from underground grown.

(Received Apr. 27, 1998 ; Accepted Jun. 29, 1998)

わさびは特有の辛味成分が賞味され、香辛料の一つとして食卓に欠かせない存在で、芥子とともに重用されている。わさびは沢わさびと西洋わさびに大別され、その辛味成分については報告¹⁾²⁾されている。しかし、西洋わさびにでん粉が含まれていることはあまり知られていない。でん粉は重要な栄養成分・加工原料であり、コーンスターチやばれいしょでん粉など、広く利用されているでん粉の基本的な性質や加工特性については研究が多い。最近、食品加工への利用例がほとんど見られないでん粉についても報告^{3)~7)}され、その食味や食感への寄与や資源の見直し・有効利用などの観点から興味もたれる。本報では、栽培されている西洋わさびからでん粉を

単離し、将来における食品加工への利用の可能性などを探ることを目的として、その性質を調べた。

実験方法

1. 実験材料

金印わさび(株) 網走圃場で栽培され、平成7年度に収穫された西洋わさびをでん粉単離原料として使用した。

2. でん粉の単離

根茎部をよく水洗い後、細切し、約5倍量の水と共に家庭用ミキサーを用いて磨砕し、さらし木綿、篩(100メッシュ、200メッシュ)で順次濾過し、濾液を3000rpmで5分間遠心分離し、粗でん粉画分を得た。粗でん

* 愛知県食品工業技術センター (〒451-0083 名古屋市西区新福寺町 2-1-1)

** 金印わさび(株) (〒454-0031 名古屋市中川区八幡本通 2-61)

*** 三重大学生物資源学部 (〒514-0008 三重県津市上浜町 1515)

粉画分を十分量の水に懸濁させ、デカンテーションを繰り返して洗浄した。十分に洗浄後ガラス濾過器上に沈澱物を集め、エチルアルコール、ジエチルエーテルで脱水・乾燥後、風乾し、供試した。なお、単離操作は全て10°C以下で行った。

3. 成分分析⁹⁾

水分は105°C乾燥法、灰分は直接灰化法、脂質はクロロホルム-メタノール混液抽出法により求めた。タンパク質はケルダール法で得た窒素に係数6.25を乗じて算出した。でん粉はグルコースを標準としてフェノール硫酸法により求め、係数0.9を乗じて算出した。アミロース含量はBRAN+LUBBE社製 Auto Analyzer IIにより測定した。結果は無水物換算で表示した。

4. 白度

光電白度計(ケット科学研究所製, C-1型)を用いて青色フィルター(452 nm)における反射光量を測定し、酸化マグネシウムを84.0%とする相対値で表示した。

5. 走査型電子顕微鏡による観察

根茎部の一部を真空凍結乾燥後、剃刀で観察面を切り出し、またでん粉は風乾後の試料を観察に供した。観察は日本電子(株)製走査型電子顕微鏡 JSM 8200 型で行った。

6. 示差走査熱量計による分析

(株)リガク製示差走査熱量計(DSC 8230 B)により、リファレンスとしてアルミナを使用し、昇温速度 4°C/minで、30~110°Cの範囲で測定した。

7. X線解析による分析

(株)リガク製X線解析装置(ガイガーフレックス RAD-II C)により、水平ゴニオメーターを使用して測定した。測定条件は、X線源: Cu-K α 線, X線電圧: 40 kV, X線管電流: 40 mA, 時定数: 4秒, サンプリグ角度間隔: 0.02°とした。

8. アミログラフによる分析

ブラベンダー社製アミログラフにより、固形物濃度6%で行った。昇温・降温速度は1.5°C/minとし、35°Cから95°Cまで加熱し、10分間保持後50°Cまで冷却した。

9. フォトベーストグラフによる分析

(株)平間理化学研究所製フォトベーストグラフ(ART-3型)によって、でん粉の希薄懸濁液(0.1%)を2°C/minで95°Cまで昇温し、その時の372 nmにおける透光度を測定した。

10. ゲルクロマトグラフィによる鎖長分布の測定

でん粉のゲル濾過クロマトグラフィ(GPC)試料液

の調製はTAKIら⁹⁾の方法によった。でん粉(50 mg)に過塩素酸(0.5 ml)を加え、0°Cにおいて攪拌した。中和後、2つのカラム(担体は, Toyopearl HW-75 FとHW-65 F, 2.5×100 cm)で伊藤ら⁹⁾と同様な条件(溶媒: 50 mMNaCl, 溶出速度: 1 ml/min)でGPCを行った。でん粉の枝切りはASANTEら¹⁰⁾の方法(イソアミラーゼ; 林原株式会社製)により行った。枝切りしたでん粉は上記と同じ条件でGPCを行った。

11. 酵素消化性の検討

市販のグルコアミラーゼ(糸状菌由来, ナガセ, 1×10⁴ GUN/g)を使用し、伊藤ら⁹⁾の方法に準じて行った。

実験結果及び考察

1. 成分分析

西洋わさびから単離したでん粉の分析値をTable 1に示した。タンパク質、脂質及び灰分はほとんど含まれなかった。高い白度の値から判断して土壌や皮部などの夾雑物は含まれず、単離過程において変色も生じなかったと考えられた。また、乾燥でん粉の収率は生の西洋わさびの根茎部の重量に対して1%以下であった。

2. 走査型電子顕微鏡による観察

西洋わさびの根茎部切断面および単離でん粉を観察した結果をFig. 1に示した。根茎部の断面は一辺が10~30 μ m, 成長方向の長さが30~50 μ m程度の細胞で構成され、内部にでん粉粒子が付着し(Fig. 1-A, B), その状態はキウイフルーツ³⁾, コンニャク芋⁴⁾, 竹の子⁷⁾などの場合に類似していた。なお、細胞膜の厚さは1 μ m程度であった。一方、粒子の形状は米でん粉, こんにゃくでん粉⁴⁾が角張った多角形, そばでん粉は球形で複数の突起を有するのとは異なり, 西洋わさびでん粉は球形から楕円形を呈し, 表面は滑らかであった(Fig. 1-C, D)。電子顕微鏡写真から測定したでん粉粒子の大きさは長径が10 μ m以下(Table 1)で, 米でん粉の平均値5.5 μ m, そばでん粉の6 μ mなどと類似し, キウイフルーツのでん粉³⁾よりは小さかったが, 竹の子でん粉⁷⁾(1~5 μ m)よりは大きかった。

Table 1 Analytical data of horseradish starch

Proteins	0.2%
Fats	0.0%
Ash	0.2%
Amylose	23.7%
Whiteness	93
Size (W×L)	3~6×5~10 μ m

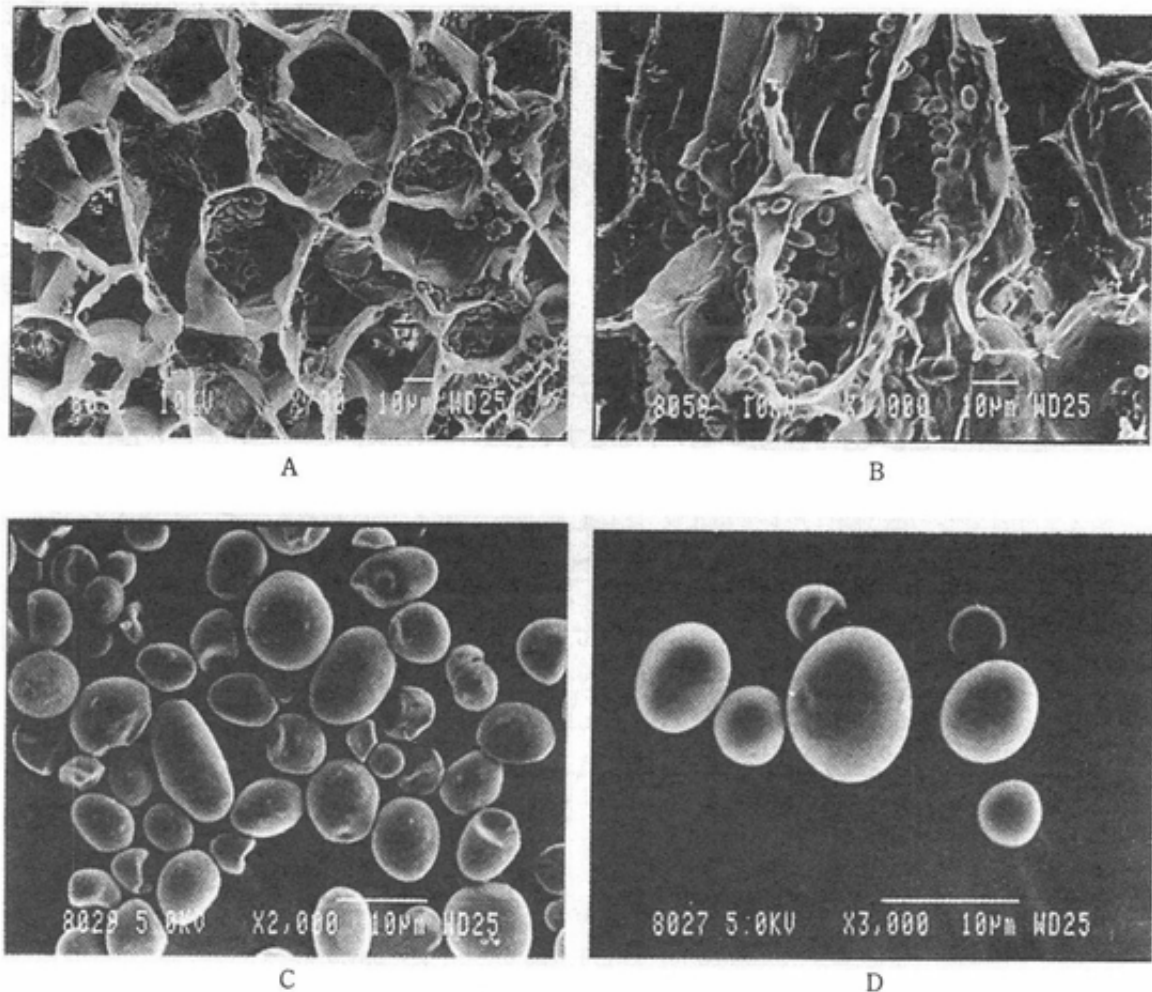


Fig. 1 Scanning electromicroscopic observations of the section of horseradish root and its starch
Root : A, cross section ; B, vertical section
Starch : C, D

3. 糊化特性

アミログラムの測定例を Fig. 2 に示した。糊化開始温度は 55°C であったが、示差走査熱量計で求めた糊化温度は 51.8°C、フォトペーストグラムからは約 50°C といずれの方法でも低い値を示した。一般に、アミログラフ法で得られる糊化温度は、他の方法で得られた値に比べ高くなる¹²⁾が、西洋わさびでん粉でもその現象が確認された。糊化開始後粘度は徐々に上昇し、95°C 付近で漸く最高粘度 (560 B.U.) に達した。ばれいしょ、タピオカ、蓮根などの地下茎でん粉では糊化開始から最高粘度への到達は速やかであり、地上でん粉を含め、西洋わさびでん粉で認められたような事例は未だ報告されていない。冷却過程におけるブレイクダウンも小さく、膨潤粒子の崩壊が少ないことを示した。50°C 冷却時の粘度は最高粘

度のほぼ 2 倍であった。また、冷却ゲルの透明度は高かった。

一般に穀類でん粉は最高粘度が低く、ブレイクダウンが小さく、安定した粘度を示すのに対して、いも類でん粉はその逆の傾向があるといわれる¹¹⁾。西洋わさびでん粉は地下茎でん粉であるが、最高粘度が低くブレイクダウンが小さい点では穀類でん粉に類似した性質を有する。アミログラムの形状から低い温度で吸水・膨潤を開始するが粒子全体が吸水・膨潤するまでには時間を要し (高温まで加熱する必要があり)、粒子の破裂は少ないと推察された。これは自然界に存在するでん粉としては珍しく、むしろ化工でん粉の性状に近いと言える。いずれにしる、西洋わさびでん粉で得られた、50°C 程度の糊化開始温度は非常に低い値であり、これまでに報告された

例はみられない。

4. X線回折図形

X線回折図形を Fig. 3 に示した。2 θ が 17° の位置 (4 a) に明確な一つのピークが見られ、22° (6 a) と 24° (6 b) では不明瞭なピークがみられた。他のピークの出現状態ともあわせ、西洋わさびでん粉は C 図形に属するものと考えられる。楡作¹³⁾によれば穀類でん粉は A 図形、根茎や球根類は B 図形、根や豆類は C 図形に属するも

のが多いことから考えると、西洋わさびでん粉が C 図形を示したのは妥当である。また、西洋わさびでん粉の回折図形はヤマノイモでん粉の図形に近いので、B 図形の混合割合は 40% 程度であると推測される¹³⁾。

5. 分子量分布と鎖長分布

でん粉の分子量分布を Fig. 4 に示した。アミロペクチンの溶出位置がきわめて特徴的で、通常のでん粉に見られる限界排除体積位置に西洋わさびでん粉のアミロペク

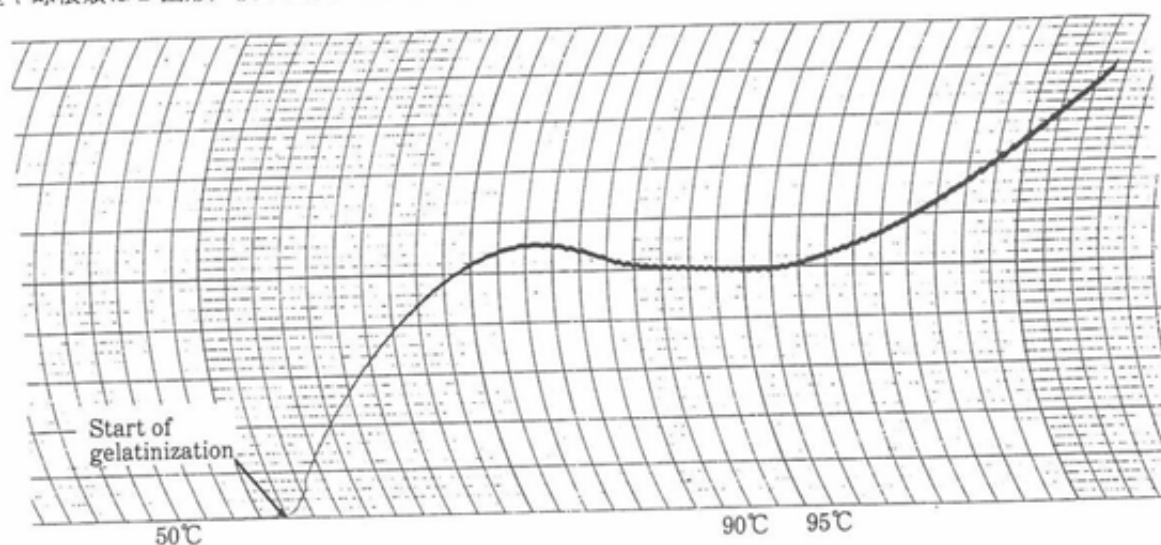


Fig. 2 Amylogram of horseradish starch
Starch concentration was 6% on dry basis.

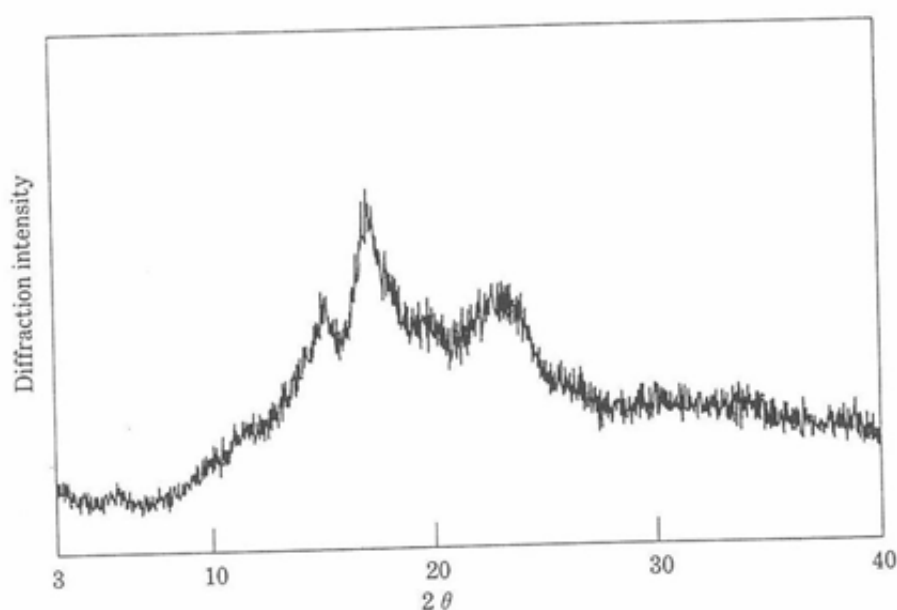


Fig. 3 X-ray diffraction pattern of horseradish starch
Details are shown in the text.

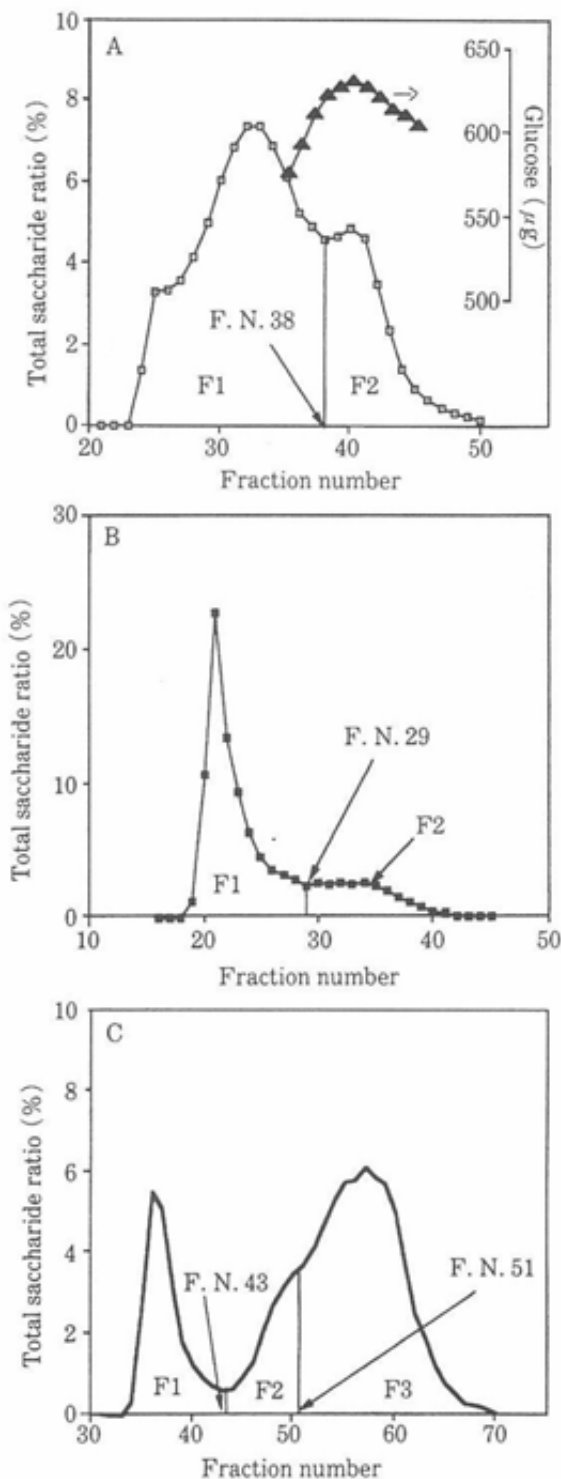


Fig. 4 GPC patterns of horseradish starch and its debranching sample by isoamylase

- A, Horseradish starch on Toyopearl HW-75 F ;
- B, Horseradish starch on Toyopearl HW-65 F ;
- C, Debranched horseradish starch on Toyopearl HW-50 S.

チンは溶出せず、アミロースに近い、いわゆる中間区分に溶出しており、西洋わさびでん粉のアミロペクチンの分子量は比較的小さいと考えられる (Fig. 4, A, F2)。しかし、同一試料を Toyopearl HW-65 F でみると (Fig. 4, B)、通常のでん粉のパターンに類似しており、Table 2 の F2 はそれぞれ 24%、20% でその溶出位置もヨード呈色反応も通常のアミロースと変わらないことから、アミロペクチンの分子量のみが小さいと思われる。次に、このでん粉を枝切りし、短鎖アミロースにした試料の GPC パターン (Fig. 4, C) をみると、アミロース区分 (F1) は 22% で、この値はばれいしょでん粉とほぼ同じである。これに比べ、アミロペクチンの B2 鎖、B3 鎖に相当する F2 と F3 の比は、Table 2 に示したように、18:60 で、ばれいしょでん粉の 26:53 に比べて短鎖区分の比がかなり大きいことになり、小麦の 16:56 の比に近い。これは B2 鎖、B3 鎖に対し、A 鎖と B1 鎖の比が高いことを示唆しており、わさびでん粉の物理的特性に関係していると思われる。こうしたことは、アミロペクチンの分子量が、前述のように、小さいことと関連があると考えられる。すなわち、クラスターを貫通することで結果的にアミロペクチンの分子を拡大する働きをしている B2 鎖、B3 鎖がなければ、全体としての分子量が小さくなることは当然考えられる。このことはこのでん粉の糊化特性にも影響することが予想され、事実、糊化温度は前述のように 51.8°C であり、西洋わさびでん粉と対照的な構造を有するばれいしょでん粉のそれが 63.7°C⁽⁴⁾ であることと比較するとかなり低い。

6. 酵素による分解性

グルコアミラーゼによる西洋わさびでん粉の分解性の経時的变化を Fig. 5 に示した。処理 20 時間までに 90% 程度が分解された。地上でん粉に比べ地下でん粉は酵素分解性が悪いといわれるが、西洋わさびでん粉は地下でん粉であるにもかかわらず分解され易いことがわかった。

要 約

西洋わさびからでん粉を単離し、その性質を調べ以下の結果を得た。

- (1) 生の西洋わさびに対して乾燥でん粉の収率は 1% 以下であった。
- (2) 西洋わさびでん粉は長径が 10 μm 以下の球形に近い楕円形を呈し、表面は突起もなく滑らかであった。
- (3) アミログラフにより求めた糊化特性から、糊化開始温度は 55°C、最高粘度の時の温度は 95°C で、最高粘

Table 2 Ratio of horseradish starch components separated by GPC

Starch	Toyopearl HW-75 F		Toyopearl HW-65 F	
	F 1	F 2	F 1	F 2
Horseradish	76%	24%	80%	20%

Starch	Toyopearl HW-50 S		
	F 1	F 2	F 3
Horseradish	22%	18%	60%

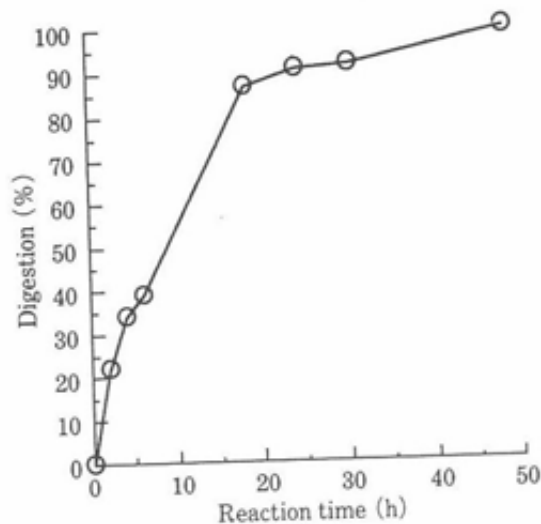


Fig. 5 Digestibility of raw starch of horseradish by fungal glucoamylase

10 mg of glucoamylase was mixed with 100 mg of starch in acetate buffer. The mixture was incubated for appropriate length to measure released sugar upto 50 h.

度に至る所要時間が非常に長く、ブレイクダウンが小さかった。

(4) 西洋わさびでん粉糊の冷却物は透明度の高いゲルを形成した。

(5) 示差走査熱量計、フォトベーストグラフ分析によっても糊化温度は低く、それぞれ約 51°C、50°C であった。

(6) 西洋わさびでん粉の X 線回折図は根類でん粉に共通な C 図形を示した。

(7) 西洋わさびでん粉のアミロペクチンの分子量は小

さいために低い糊化開始温度を示すと考えられる。

(8) 地下茎でん粉であるにもかかわらず、西洋わさびでん粉は高い酵素分解性を示した。

文 献

- 1) 伊奈和夫・呉 建生・衛藤英雄・八木昭仁・木島 勲: 日食工誌, 40, 859 (1993).
- 2) 衛藤英雄・呉 建生・八木昭仁・河野高士・木島 勲・伊奈和夫: 食科工, 41, 531 (1994).
- 3) 松本信二・三森一司・谷口正幸・高野克己・鴨居 郁三: 日食工会誌, 40, 262 (1993).
- 4) 杉本温美・山下安代・国重直美・不破英次: 応用糖質科学, 42, 223 (1995).
- 5) 伊藤友美・村瀬 誠・山田哲也・並木和子: 応用糖質科学, 43, 7 (1996).
- 6) 田中康夫・富岡和夫・吉地真由美・豊島英親・高野博幸: 食科工, 43, 1049 (1996).
- 7) 杉本温美・山下安代・村上恵美子・井ノ内直良・不破英次: 応用糖質科学, 43, 179 (1996).
- 8) 食品分析法 (日本食品工業学会食品分析法編集委員会編) 光琳, (1982).
- 9) TAKI, M., SUZUKI, K. and YASUDA, A.: *Carbohydr. Res.*, 94, 205 (1981).
- 10) ASANTE, S.A., YAMADA, T., HISAMITSU, M. and SHIOTANI, I.: *Starch*, 45, 299 (1993).
- 11) 檜作 進: 澱粉科学ハンドブック (中村道徳, 鈴木繁男編) p. 34, 朝倉書店, (1978).
- 12) 檜作 進・外山忠男: 澱粉科学ハンドブック (中村道徳, 鈴木繁男編) p. 242, 朝倉書店, (1978).
- 13) 檜作 進: 澱粉科学ハンドブック (中村道徳・鈴木繁男編) p. 26, 朝倉書店, (1978).
- 14) 檜作 進: 澱工誌, 17, 73 (1969).

(平成 10 年 4 月 27 日受付, 平成 10 年 6 月 29 日受理)