

産地の異なる食用カンナの澱粉の構造と物理化学的性質との関係

中浦嘉子^{*}、倉掛昌裕、田中伸幸[†]、井ノ内直良

台湾、ミャンマー、ベトナム、インドネシアのアジア各地で栽培された食用カンナについて、その澱粉の構造と糊化物性との関係を調べた。カンナ澱粉の 85℃の熱水中での溶解度はポテト澱粉と同様に高かった。膨潤力はポテト澱粉が 64.1g/g であるのに対して、13.7-25.2 g/g と低く、ノーマルコーン澱粉に比較的近かった。ベトナム産は食用カンナ澱粉の中では比較的高い膨潤力と低い溶解度を示した。DSC 分析において、ポテト澱粉に比べカンナ澱粉の吸熱量は低かったが、糊化ピーク温度はポテト澱粉の 63.9℃に比べカンナ澱粉ではいずれも 65.8℃以上と高く、その中でも台湾産が最も高い 72.0℃の値を示した。これはアミロペクチン結晶部が、より強固な構造であるためと考えられた。食用カンナ澱粉粒のグルコアミラーゼによる消化性はポテト澱粉粒よりも低く、その中でも台湾産が最も低かった。澱粉のアミロース含量はベトナム産およびインドネシア産の 2 種が高く、特にベトナム産は 31.1%とノーマルコーン澱粉よりも高かった。台湾産カンナではアミロースとアミロペクチン側鎖の中間画分が 16.5%と他のものと比べ 1.5-2.1 倍程度高かった。HPAEC-PAD 法により、台湾産カンナの アミロペクチン側鎖は重合度 23-37 の長鎖画分が多いことが認められた。産地の異なるカンナ澱粉は、食品素材として汎用されるポテトおよびノーマルコーン澱粉と異なる物性を示し、またその産地によってもその性質は異なった。各産地での特性を活かすことで食用カンナの新たな食品素材としての可能性が示唆された。

キーワード： 食用カンナ， アミロース， アミロペクチン， 澱粉， DSC， HPAEC-PAD

食用カンナ (edible canna) は、ショウガ目カンナ科の植物のうち、その肥大する根茎を食用に利用している種類の総称である (写真)。食用カンナは中南米を原産とする草丈が 2-3m にもなる大型の多年草で、澱粉を蓄える根茎は太さ 3-5cm、長さ 20-50cm になる。4000 年以上前からアンデスで食用として利用されており、その後アジアおよびアフリカへと広がり、その生産量は世界規模となった。その用途は様々で、南米、アフリカ、アジアでは食料、薬剤、家畜飼料、アルコールの発酵原料などに広く利用されている。食用カンナは主に *Canna edulis* に分類されており、その色調により purple canna や green canna と呼ばれている。カンナ澱粉はその粒径が 100 μ m 程度と植物澱粉の中で最大級であるのが特徴で、その糊化ペーストは、同じ根茎澱粉

〒729-0292 福山市学園町 1 番地三蔵 福山大学生命工学部応用生物科学科。

^{*}Tel: +81-84-936-2111, Fax: +81-84-936-2023, E-mail: nakaura@fubac.fukuyama-u.ac.jp

[†]〒781-8125 高知県高知市五台山 4200-6 高知県立牧野植物園。

で生産量が高いキャッサバ澱粉や穀粒澱粉のコーンスターチと比べ高粘度で透明度が高い^{1,4)}。カンナ澱粉はアミロペクチン分岐鎖にリン酸エステルを含み、そのリン含量はポテトに次いで多く、日本産 (green canna) やタイ産 (green canna, purple canna) で 362-399 ppm になる²⁾。アミロペクチン鎖にリン酸が結合しており³⁾、ペーストの透明度が高いのは、その結合リン酸基陰イオン間の反発により、分子鎖間の再配列が抑制されるためと考えられる。これはコーンスターチに陰イオン性界面活性剤を添加して糊化すると、アミロペクチン分子鎖末端と複合体を形成し、その糊化ペーストが改質されることから説明される⁹⁾。

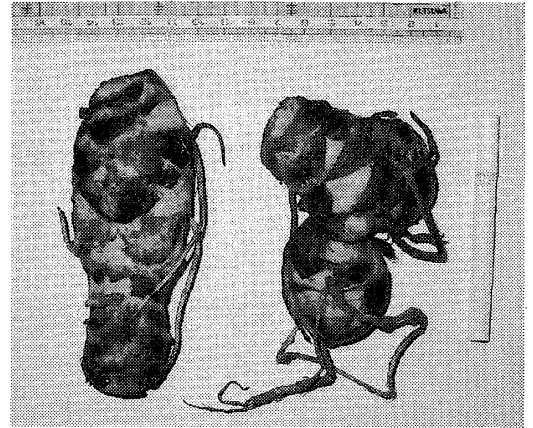


写真 台湾産赤カンナ

カンナ澱粉の構造については、アミロースがポテトやキャッサバ澱粉に比べて多く、アミロペクチンの分岐鎖 B2 および B3 鎖⁷⁾の割合が多いことが報告されているが^{5,8)}、報告例は非常に少ない。また、カンナは世界中に分布し、様々な地域で栽培され、広い用途に利用されているにも関わらず、その澱粉の構造や物性を栽培地別に比較した報告もほとんどない。ここでは台湾、ミャンマー、ベトナム、インドネシアのアジア各地で栽培された食用カンナを用い、その澱粉の構造と糊化物性との関係について調べた。

実験方法

実験材料 食用カンナは一般的に *Canna edulis* に分類されるが、今回用いた食用カンナは *Canna discolor* Lindl. に属し、葉の色により赤紫 (purple canna)、緑 (green canna) 系統に分類された。ここでは台湾産赤カンナ (南投県)、ベトナム産赤カンナ (ソーロン村)、インドネシア産赤カンナ (チオマス)、インドネシア産緑カンナ (チオマス)、ミャンマー産赤カンナ (マングレー) の 4ヶ国 5 試料の食用カンナの根茎を用い、それぞれの根茎から澱粉を調製し、各種実験に供した。

澱粉調製 食用カンナの根茎からの澱粉調製には Schoch⁹⁾の方法を用いた。食用カンナの根茎より外皮を除去した後、1cm 角に切断し、ミキサーによって粉碎した。粉碎物をナイロンメッシュでろ過する操作を繰り返した後、ろ液を 5℃で 1 晩放置し、上清を除去した。ネジ蓋遠沈管に沈澱物とイソアミルアルコールと水 (イソアミルアルコール:水=1:3-4 (V/V)) を適量加え、約 15 分間振とうした。遠心分離 (1,870 x g, 10 分, 5℃) を行い、その上澄みを除いた。遠心分離後、水とイソアミルアルコールの界面に蛋白質が浮遊しなくなるまで、この操作を繰り返し行った。次に、イソアミルアルコールの臭いがなくなるまで、澱粉をイオン交換水で洗浄後、遠心分離で澱粉を回収し、乾燥させたものを試料澱粉とした。

X線結晶回折法による澱粉粒の結晶図形の測定 澱粉の X線回折図形は、水分含量が高い程鋭敏となるため、相対湿度 100% に保ったデシケーター中にシャーレに広げた澱粉を 3 日間置いて澱粉を十分に吸湿させた。澱粉試料を X線測定用ガラス板に装着し、RINT2100 (理学電機製) により X線回折図形の測定を行った。測定条件は X線 ; Cu/K α , 40kV/40mA、発散スリット ; 1/2 $^\circ$ 、スキャンスピード ; 4 $^\circ$ /分、測定範囲 ; 2 $^\circ$ -30 $^\circ$ とし

カンナ澱粉の構造と物理化学的性質との関係

た。

膨潤力および溶解度の測定^{10, 11)} 予め重量を測定しておいた遠心管に 120mg の澱粉を秤り取り、イオン交換水 10ml を加え、85°C の恒温槽内に置き、10 分間隔で攪拌しながら 1 時間加熱した。遠心分離 (20,410 x g, 20 分, 20°C) 後、沈殿物と上清とに分離し、沈殿物の重量を測定することにより膨潤力を、上清の全糖量をフェノール・硫酸法によって定量することにより溶解度を求めた。

DSC による糊化温度と糊化熱量の測定 ハステロイ C 製の試料容器 (SETARAM 社) に澱粉約 50mg を精秤し、そこへ澱粉乾物重量の 2.5 倍量になるように水を加え、密栓後、示差走査熱量計 micro DSC III (SETARAM 社製) により、昇温速度 1°C/分で測定した。吸熱曲線の偏曲点より、糊化開始温度 (T_0)、および糊化終了温度 (T_c) を、吸熱ピーク点より糊化ピーク温度 (T_p) を読み取り、吸熱曲線とベースラインによって囲まれる面積より糊化熱量 (ΔH) を求めた。

生澱粉分解酵素による澱粉粒の酵素消化性 約 20mg の澱粉に 4mM 塩化カルシウムを含む 100mM 酢酸緩衝液 (pH 5.5) を 2ml 加え 40°C に保温した。そこへ 0.25% のダビアーゼ K-27 酵素液 (*Aspergillus* 起源; グルコアミラーゼおよび α -アミラーゼ, 20,000 AUN/g, 長瀬産業 (株)) を 0.5ml 加え、40°C で 48 時間静置した状態で反応させた。沸騰水中で 10 分間加熱することにより酵素を失活させ、冷却後、グルコースオキシダーゼ法とフェノール・硫酸法により、グルコース量および全糖量をそれぞれ測定した。全糖量に対するグルコース量を分解率とした。

アミロースおよびアミロペクチン単位鎖の分画¹²⁾ 45mg の澱粉に 1N 水酸化ナトリウム 0.5ml を加え 5°C で 1 晩糊化した後、イオン交換水 3.5ml を加え、0.5N 塩酸で中和した。これに 60mM 酢酸緩衝液 (pH 3.5) 5ml およびアミロペクチンの α -1,6-グルコシド結合を切断するためにイソアミラーゼ (*Pseudomonas amyloclavata* 起源; E.C.3.2.1.68, 59,000 unit/mg protein, 林原生物化学研究所) 25 μ l を加え、40°C で 24 時間反応させた。反応後、エタノールを加え減圧乾固させた後、1N 水酸化ナトリウムを 1ml 加え 5°C で 1 時間保持した。1ml のイオン交換水を加えて混ぜ、遠心分離 (1,870 x g, 10 分, 5°C) した上清 1ml を TSKgel Toyopearl HW55S カラム (300 mm x 20 mm ID) 1 本および HW50S カラム (300 mm x 20 mm ID) 3 本を連結した中圧ゲルろ過カラムに流し、溶出液を 3ml ずつ分取した。キャリアーは 0.2% 塩化ナトリウム-0.05N 水酸化ナトリウムとし、流速は 0.2ml/min とした。溶出液を 1N 酢酸で中和した後、全糖量をフェノール・硫酸法で測定した。

溶出液とヨウ素との複合体吸収曲線の最大吸収波長 (λ_{max}) により、以下に示す 4 画分 (Fraction; Fr.) に分類した。Fr. I; $\lambda_{max} \geq 620\text{nm}$, Intermediate (Int.) Fr.; $620\text{nm} > \lambda_{max} \geq 600\text{nm}$, Fr. II; $600\text{nm} > \lambda_{max} \geq 540\text{nm}$, Fr. III; $540\text{nm} > \lambda_{max}$ 。この Fr. I はヨウ素比色法により得られる見かけのアミロースに相当する画分と考えられる。

パルスドアンペロメトリー検出器を用いた陰イオン交換クロマトグラフィー (HPAEC-PAD) によるアミロペクチンの短鎖領域の鎖長分布の測定^{13, 14)} 約 6mg の澱粉にメンブランフィルター ($\phi 0.2\mu\text{m}$, ADVANTEC) でろ過し、脱気した超純水 4.69ml を加え 100°C で 10 分加熱することで糊化させた後、1M 酢酸緩衝液 (pH 3.5) 100 μ l およびイソアミラーゼ (*Pseudomonas amyloclavata* 起源, E.C.3.2.1.68, 林原生物化学研究所) 10 μ l を加え、45°C で 2.5 時間反応させた。100mM 水酸化ナトリウムを 200 μ l 加え反応停止後、メンブランフィルター ($\phi 0.2\mu\text{m}$, ADVANTEC) でろ過し、脱気した超純水 5ml を加え、メンブランフィルター ($\phi 0.22\mu\text{m}$, Millipore) で

再度ろ過した。そのろ液 50 μ l を Dionex Model DX-300 (Dionex 社製) に負荷し、流速 1ml/min で Guard column (15 \times 4 mmID) と Carbowac PA-1 (250 \times 4 mmID) を用いて分離し、PAD 上で電圧を 300msec : +0.10V、120msec : +0.60V、300msec : -0.80V と印加することにより糖を検出した。溶離液として 150mM 水酸化ナトリウム (Eluent A) および 150mM 水酸化ナトリウム-100mM 硝酸ナトリウム (Eluent B) を用いた。溶離液のグラジエント条件は、Eluent B を 0-5 分 : 40.0-54.1%、5-10 分 : 54.1-63.5%、10-15 分 : 63.5-70.7%、15-20 分 : 70.7-77.0%、20-25 分 : 77.0-82.9%、25-30 分 : 82.9-88.6%、30-35 分 : 88.6-94.3%、35-40 分 : 94.3-100% として曲線勾配させ、40-50 分間は Eluent B 100% で溶出させた。得られた各分子鎖の検出ピークの重合度別面積パーセントから対照としたノーマルコーン澱粉での重合度別面積パーセントを差し引いた値を用い比較、考察した。

結果および考察

図 1 は各種カンナ澱粉の X 線回折図形をポテト澱粉 (B 図形) およびノーマルコーン澱粉 (A 図形) の図形と比較したもので、いずれのカンナ澱粉ともポテト澱粉と同様に、主として根茎澱粉で観察される B 図形を示したことから、カンナ澱粉のアミロペクチン結晶構造はポテト澱粉に近いものと推定された。表 1 は各種澱粉の 85 $^{\circ}$ C の熱水中における膨潤力および溶解度を示したもので、カンナ澱粉の溶解度は高く、ポテト澱粉に近い値であったが、膨潤力はポテト澱粉が 64.1 g/g であるのに比べ、13.7-25.2 g/g と低く、どちらかと言えばノーマルコーン澱粉 (9.4 g/g) の値に近かった。カンナ澱粉の中ではベトナム産が比較的高い膨潤力と、低い溶解度を示した。

図 2 および表 2 は、それぞれ DSC による澱粉の吸熱曲線およびその糊化特性値を示したものである。吸熱ピークは主として澱粉粒のアミロペクチン結晶部の融解による糊化吸熱を示すもので、そのピーク面積が吸熱量を表すことになる^{15, 16)}。糊化熱量 (ΔH) はいずれのカンナ澱粉とも、ノーマルコーン澱粉とポテト澱粉の中間域の値であった。ポテト澱粉と比べ、カンナ澱粉の糊化吸熱量が低いことから、カンナ澱粉粒の方がアミロペクチン結晶領域が少ないことが推察された。しかし、この吸熱ピークが最大となる温度、すなわち糊化ピーク温度 (T_p) はポテト澱粉の 64.0 $^{\circ}$ C に比べてカンナ澱粉ではいずれも高い値となった。ミャンマー産およびベトナム産赤カンナの澱粉はノーマルコーン澱粉の 68.9 $^{\circ}$ C と同程度であったが、台湾産赤カンナの澱粉は 72.0 $^{\circ}$ C の高い値を示した。

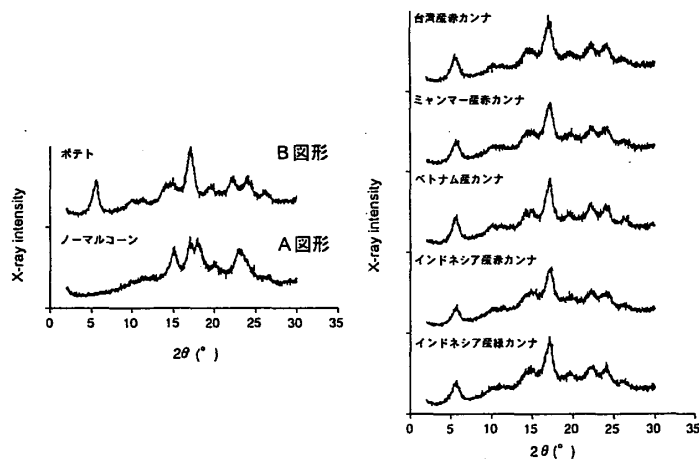


図 1 X線回折法による澱粉粒の結晶図形

表 1 各種澱粉の 85 $^{\circ}$ C での膨潤力および溶解度

試料	膨潤力 (g/g)	溶解度 (%)
台湾産赤カンナ	13.7	68.7
ミャンマー産赤カンナ	14.2	75.3
ベトナム産赤カンナ	25.2	44.7
インドネシア産赤カンナ	18.4	67.1
インドネシア産緑カンナ	14.2	71.8
ノーマルコーン	9.4	7.8
ポテト	64.1	65.6

カンナ澱粉の構造と物理化学的性質との関係

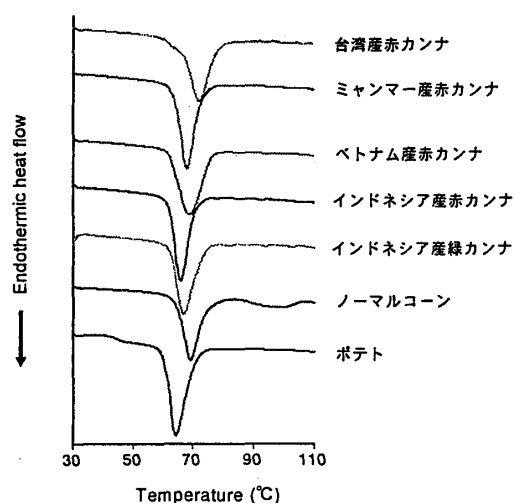


図2 示差走査熱量測定による生澱粉の吸熱曲線

表2 各種澱粉のDSCにおける糊化特性値

試料	To (°C)	Tp (°C)	Tc (°C)	ΔH (J/g)
台湾産赤カンナ	66.2	72.0	77.8	15.8
ミャンマー産赤カンナ	64.0	67.8	72.9	15.9
ベトナム産赤カンナ	62.5	68.7	75.9	17.0
インドネシア産赤カンナ	61.9	65.8	70.2	14.8
インドネシア産緑カンナ	62.5	66.3	73.3	15.2
ノーマルコーン	64.6	68.9	74.2	13.9
ポテト	60.2	63.9	70.2	17.8

DSCでの糊化温度の上昇は澱粉分子と脂質との複合体形成、アミロースなど長鎖間の配向、アミロペクチンのアニーリングなどによって起こることが知られている¹⁷⁻¹⁹⁾。またDSC分析時での水分含量を低くすることで、糊化ピーク等が高温側に移行することが知られており²⁰⁾、水分子の澱粉分子鎖間への介入が糊化に及ぼす大きな因子となる。DSCの糊化ピーク温度が高いカンナ澱粉は、そのアミロペクチン結晶部に、水分子が介入しにくい構造、すなわちより強固な構造であると考えられる。このような構造的性質は酵素による消化性実験の結果とも関連がある可能性が示唆された。表3は生澱粉分解性の高いグルコアミラーゼ製剤であるダピアーゼ K-27による消化率を示したものである。最も消化性の低いものが台湾産赤カンナとなり、ベトナム産を除いて、DSCの糊化ピーク温度が高い澱粉粒ほど酵素消化性は低くなった。一般に、結晶構造が強化なものほど澱粉鎖間の配列は密であり、酵素が作用できる部位が減少し、その親和性は低下すると考えられる。

表3 各種澱粉の酵素消化性

試料	48h 消化率 (%)
台湾産赤カンナ	51.5
ミャンマー産赤カンナ	56.6
ベトナム産赤カンナ	60.3
インドネシア産赤カンナ	64.7
インドネシア産緑カンナ	62.2
ノーマルコーン	95.6
ポテト	67.5

以上のようにカンナ澱粉は同じ根茎澱粉のポテト澱粉と異なる物性を示し、また産地によってもその性質は異なっていた。

次にカンナ澱粉のアミロースおよびアミロペクチンの澱粉分子鎖の構造について調べた。酵素・クロマト法を用いてアミロース含量およびアミロペクチンの鎖長分布の測定を行うため、澱粉をイソアミラーゼで枝切りし、ゲルろ過分析を行った。図3はイソアミラーゼ処理した澱粉の全糖量の溶出曲線を示したものであり、アミロース画分のFr. I、アミロペクチン長鎖画分のFr. II、その中間のInt.Fr.、アミロペクチン短鎖画分のFr. IIIの四つに分画した。表4は試料澱粉の溶出曲線のフラクション割合の結果をまとめたもので、アミロース含量 (Fr. I) はベトナム産およびインドネシア産の2種が高く、特にベトナム産は31.1%とノーマルコ

ーン澱粉よりも高かった。一方、台湾産赤カンナ澱粉の Int.Fr.は 16.5%と他の澱粉と比べて 1.5-2.1 倍高かった。この画分はアミロペクチンの長鎖画分 (long B 鎖⁷⁾) および短鎖アミロースに相当する画分であり、台湾産カンナ澱粉にはこれらの澱粉組成が多いことがわかった。ミャンマー産赤カンナ澱粉は Fr. II 含量が高く、アミロペクチンの鎖長分布の特性を示す長鎖に対する短鎖の割合 (Fr. III / Fr. II) が最も低かった。さらにアミロペクチンの側鎖長分布の低分子領域を詳細に調べるために HPAEC-PAD 法により測定を行った。図 4 は各種澱粉のアミロペクチン側鎖の検出器により得られたピーク面積パーセントからノーマルコーン澱粉の値を差し引き、重合度別に示したもので、カンナ澱粉はいずれも同様の鎖長分布となったが、カンナの各産地で比較すると、台湾産のものは重合度 23-37 のアミロペクチン側鎖に相当する分岐鎖がより多いことがわかった。

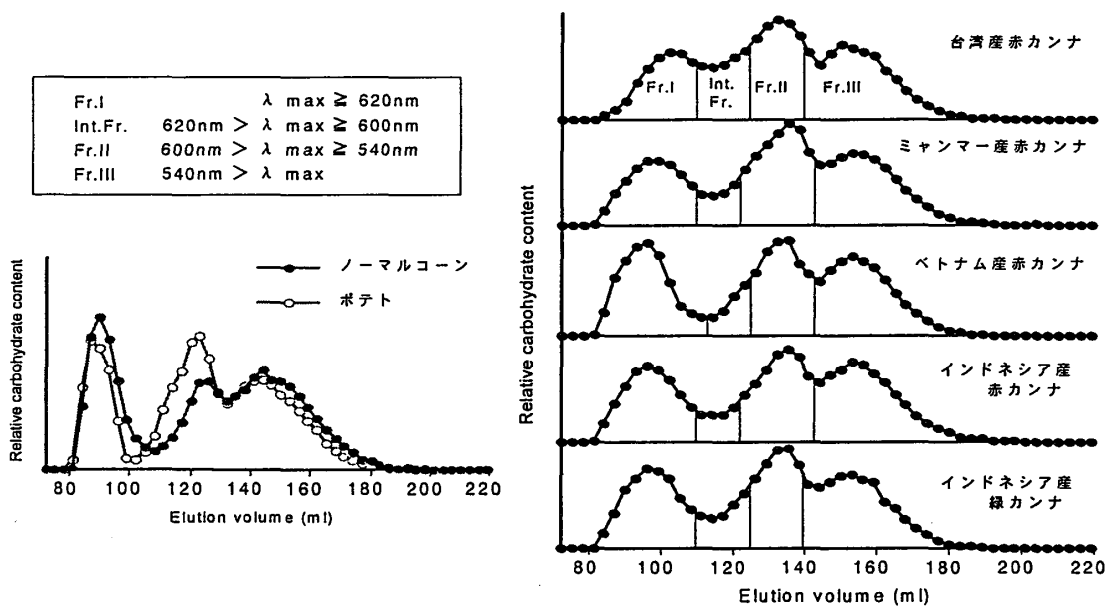


図 3 中圧ゲルろ過法による澱粉のイソアミラーゼ分解物の鎖長分布

表 4 酵素・クロマト法による各種澱粉の溶出曲線のフラクション割合

試料	Fr.I (%)	Int.Fr. (%)	Fr.II (%)	Fr.III (%)	Fr.III / Fr.II
台湾産赤カンナ	21.4	16.5	25.8	36.3	1.4
ミャンマー産赤カンナ	24.7	7.7	32.4	35.2	1.1
ベトナム産赤カンナ	31.1	7.7	23.3	37.9	1.6
インドネシア産赤カンナ	27.2	9.3	26.2	37.3	1.4
インドネシア産緑カンナ	28.0	11.0	24.7	36.3	1.5
ノーマルコーン	27.8	3.3	17.5	51.4	2.9
ポテト	24.3	3.2	29.2	43.3	1.5

カンナ澱粉の構造と物理化学的性質との関係

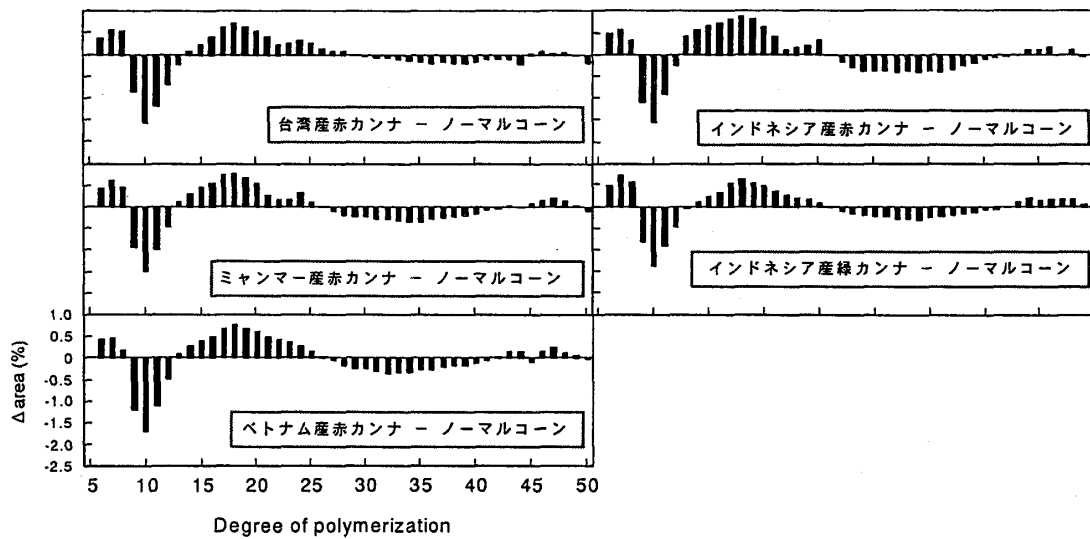


図4 ノーマルコーンと比較した試料澱粉のアミロペクチン単位鎖の重合度別ピーク面積百分率の差異

アミロペクチン分岐鎖が長鎖になるほどアミロペクチン分子鎖間の結合性が高まり、澱粉はより強固な結晶構造となり、糊化温度が上昇することが報告されている²¹⁾。台湾産赤カンナ澱粉では、アミロペクチンの長い分岐鎖がより強固な結晶構造の形成に参与しているものと推察される。日本産およびタイ産カンナでは、澱粉のアミロース含量が19-25%で、アミロペクチンの構造や、澱粉物性にあまり違いがないという報告があるが²¹⁾、ここで用いた台湾産赤カンナやベトナム産赤カンナ等の澱粉は構造および物性ともに大きく異なっており、アジア地域において、産地による違いが大きいことが認められた。

以上、カンナ澱粉は、食品素材として汎用されるポテト澱粉およびノーマルコーン澱粉と異なる物性を示し、その性質はアジアの各産地によって異なっていた。食用カンナの産地の違いによる澱粉の性質の違いは、食用カンナの生育環境、変異等によるものと考えられ、その澱粉構造の違いから多様な物性を有することがわかった。また、澱粉分子に含まれるリン酸基も澱粉の物性に大きな影響を及ぼすことも知られている。カンナ澱粉の物性は全般的にポテトおよびノーマルコーンの澱粉の中間に位置するものであり、各産地での特性を活かすことで新たな食品素材としての用途が期待できる未開の澱粉といえるであろう。また、その生産性も世界規模であり、実用化に十分適するものである。

文献

- 1) Perez, E.E., Breene, M.W., Bahnssey, Y.A. Variations in the gelatinization profiles of cassava, sago and arrowroot native starches as measured with different thermal and mechanical methods. *Starch/Starke*, **50**, 70-72 (1998)
- 2) Thitipraphunkul, K., Uttapap, D., Piyachomkwan, K., Takeda, Y. A comparative study of edible canna (*Canna edulis*) starch from different cultivars. Part I. Chemical composition and physicochemical properties. *Carbohydrate Polymers*, **53**, 317-324 (2003).

- 3) Srichuwong, S., Sunarti, T. C., Mishima, T., Isono, N., Hisamatsu, M. Starches from different botanical sources II : Contribution of starch structure to swelling and pasting properties. *Carbohydrate Polymers*, **62**, 25-34 (2005)
- 4) Tanaka, N., Inouchi, N., Koyama, T. Edible canna and its starch : An under-exploited starch-producing plant resource. *Foods Food Ingredients J. Jpn.*, **211**, 319-325 (2006)
- 5) Thitipraphunkul, K., Uttapap, D., Piyachomkwan, K., Takeda, Y. A comparative study of edible canna (*Canna edulis*) starch from different cultivars. Part II. Molecular structure of amylose and amylopectin. *Carbohydrate Polymers*, **54**, 489-498 (2003)
- 6) Kurakake, M., Hagiwara, H., Komaki, T. Effects of various surfactants on the rheological properties of maize starch granules. *Cereal Chemistry*, **81**, 108-114 (2004)
- 7) Hizukuri, S. Polymodal distribution of the chain lengths of amylopectins, and its significance. *Carbohydrate Research*, **147**, 342-347 (1986)
- 8) Santacruz, S., Koch, K., Svensson, E., Ruales, J., Eliasson, A.C. Three underutilized sources of starch from the Andean region in Ecuador Part I. Physico-chemical characterization. *Carbohydrate Polymers*, **49**, 63-70 (2002)
- 9) Schoch, T.J. In "Methods in Enzymol.", III., ed. by Colowick, S.P. and Kaplan, N.O. Academic press, inc. p5 (1954)
- 10) Leach, H.W., McCowen, L.D., Schoch, T.J. Structure of the starch granules. I. Swelling and solubility patterns of various starches. *Cereal Chemistry*, **36**, 534-544(1959)
- 11) Asaoka, M., Takahashi, K., Nakahira, K., Inouchi, N., Fuwa, H. Structural characteristics of endosperm starch of new types of rice grains. Nonwaxy types of rice harvested in 1990 and 1991. *Oyo Toshitsu Kagaku* **41**(1), 17-23 (1994)
- 12) Ikawa, Y., Glover, D.V., Sugimoto, Y., Fuwa, H. Some structural characteristics of starches of maize having a specific genetic background. *Starch/Starke*, **33**, 9-13 (1981)
- 13) Inouchi, N., Nishi, K., Tanaka, S., Asai, M., Kawase, Y., Hata, Y., Konishi, Y., Yue, S., Fuwa, H. Characterization of amaranth and quinoa starches. *J. Appl. Glycosci.*, **46**, 233-240 (1999).
- 14) Koizumi, K., Fukuda, M., Hizukuri, S. Estimation of the distribution of chain length of amylopectins by high-performance liquid chromatography with pulsed amperometric detection. *Journal of Chromatography*, **585**, 233-238 (1991)
- 15) Donovan, J. Phase transitions of the starch-water system. *Biopolymers*, **18**, 263-275 (1979)
- 16) Eliasson, A.C. Effect of water content on the gelatinization of wheat starch. *Starch/Starke*, **32**, 270-272 (1980)
- 17) Biliaderis, C.G., Page, C.M., Slade, L., Sirett, R.R. Thermal behavior of amylase-lipid complexes. *Carbohydrate Polymers*, **5**, 367-389 (1985)
- 18) Maurice, T.J., Slade, L., Sirett, R.R. Page, C.M. Polysaccharide-water interactions - thermal behavior of rice starch. In Simatos, D., Multon S.L. (Eds.), Properties of water in food (pp.211-227). Dordercht, Netherlands: Martinus Nijhoff.(1985)
- 19) Russel, L.P. Gelatinization of starches of different amylose/amylopectin content. A study of by differential scanning

calorimetry. *Journal of Cereal Science*, **6**, 133-145 (1987).

20) Liu, H., Yu, L., Xie, F., Chen, L. Gelatinization of cornstarch with different amylose/amylopectin content. *Carbohydrate Polymers*, **65**, 357-363 (2006)

21) Jane, J. Structure of starch granule. *J. Appl. Glycosci.*, **54**, 31-36 (2007)

Annu. Rep. Fac. Life Sci. Biotechnol., Fukuyama Univ. (6), 25-34 (2007)

**Relationship between structure and physicochemical properties of starches
of edible canna in different place.**

Yoshiko Nakaura*, Masahiro Kurakake, Nobuyuki Tanaka^a, and Naoyoshi Inouchi

Department of Applied Biological Science, Faculty of life science and Biotechnology,

Fukuyama University,

Fukuyama, Hiroshima 729-0292, Japan

^aKochi Prefectural Makino Botanical Garden, 4200-6, Godaisan, Kochi 781-8125, Japan

Relationship between molecular structure and physicochemical properties of starches isolated from Taiwanese-purple, Myanmar-purple, Vietnamese-purple, Indonesian-purple, and Indonesian-green edible canna (*Canna discolor* Lindl.) were investigated. Although solubilities of canna starches in water at 85°C were same as that of potato starch, the swelling power (13.7-25.2 g/g) were lower and similar to that of normal maize starch. Vietnamese-purple canna showed relatively higher swelling power, and lower solubility among Asian canna starches. In DSC analysis, in comparison with potato starch, canna starches showed smaller gelatinization enthalpy, but higher peak temperature. Myanmar-purple and Vietnamese-purple canna starches were similar values to normal maize one (68.9°C), and Taiwanese-purple canna was higher (72.0°C). Enzyme digestibilities corresponded to the gelatinization peak temperatures measured using DSC. The apparent amylose fraction (Fr.I) was in the range of 21.4-31.1%. Especially, the value of Vietnamese-purple canna was higher than that of normal maize. Intermediate fraction (Int.Fr.), corresponding to long B chain in amylopectin, of Taiwanese-purple canna was 16.5%, which was 1.5-2.1 times as higher as other canna starches. Higher amount of long unit-chain (DP23-37) was observed in amylopectin of Taiwanese-purple canna starch by HPAEC-PAD. It seemed that long branched chains in amylopectin supported the rigid structure in crystalline region. Starches isolated from edible canna grown in different countries in Asia were different from potato and normal

中浦嘉子、倉掛昌裕、田中伸幸、井ノ内直良

maize starches in physicochemical properties. These various properties of edible canna starches have some possibilities in utilization for new food materials.

Key words : edible canna, amylose, amylopectin, starch, DSC, HPAEC-PAD.