

# バナナの澱粉

## Banana Starches

野呂 哲\*・葛西麻紀子\*・山田 綾子\*

大中 徹\*\*・加藤 陽治\*

Satoshi NORO\*, Makiko KASAI\*, Ayako YAMADA\*,  
Toru ONAKA\*\* and Yoji KATO\*

### 要 旨

生産地別のバナナ可食部の追熟に伴う澱粉の変化を調べた。単糖・オリゴ糖と細胞壁・澱粉の含有量から、台湾産は貯蔵8日目では過熟状態、エクアドル産は8日目では未熟、15日目では過熟、フィリピン産は8日目では未熟、15日目では適熟であると示された。すなわち熟成速度は台湾産が最も早く、エクアドル、フィリピンの順であった。

熟成過程におけるバナナ澱粉粒の変化を走査型電子顕微鏡観察および散乱式粒度分布測定装置により分析した。形状は長粒型で、追熟0日目では表面が滑らかな状態であったが、3日目では層のような溝ができ、5日目では層状になった。粒子径は追熟0日目で粒度分布3～88  $\mu\text{m}$ 、平均径29.699  $\mu\text{m}$ 、3日目で粒度分布3～77  $\mu\text{m}$ 、平均径23.213  $\mu\text{m}$ 、5日目で粒度分布2.5～22  $\mu\text{m}$ 、平均径8.651  $\mu\text{m}$ であった。熟成に伴い、澱粉粒の表面形状が変化し、微細化することがわかった。

キーワード：バナナ、澱粉、熟成、品種

### 1. 緒言

熱帯地方で栽培されている果物の一つにバナナがある。バナナは南米や東南アジアの熱帯地域で栽培が盛んで、赤道付近でバナナを栽培している地域をバナナベルト地帯と呼んでいる。熱帯地方ではバナナを果実として食するのではなく、バナナを主要食材として利用している。バナナの品種は野生種を含めると300種類以上にも上り<sup>1)</sup>、各生産地により、品種、栽培条件によって違いがあると想定される。

バナナは日本に輸入される果物の中でもっとも量が多く、輸入果物の約5割を占めている。輸入先はフィリピンが最も多く、輸入量の90%を占め、次いでエクアドル5.4%、台湾1.9%の順になる<sup>2)</sup>。青森県は1人当りのバナナの購入額が全国ナンバーワンであり、身近な食品であることが挙げられる<sup>3)</sup>。

一般的にバナナは輸入の段階で、緑色の状態である。市場から店頭に並ぶまでに、室（むろ）と呼ばれる熟成室で、追熟が行なわれている<sup>2)</sup>。果実の熟成は未熟、適熟（完熟）、過熟、腐敗へと進み、それに伴っ

て呈味が変化する。また、バナナは100 g 当りの糖質が19.3～25.8 g と果物の中では多い。未熟な段階では約20%が澱粉質で、糖分との割合は澱粉：糖＝20：1だが、熟成することで1：20に逆転することが知られている。

一般的に果実は澱粉を糖化して成熟を迎え、澱粉がほぼなくなり、過熟に進む段階で細胞壁多糖が溶解して軟化する。しかし、澱粉の糖化とともに、細胞壁多糖であるペクチンが溶解する特徴があること、また、細胞壁多糖の含有量が一般的な果物より少ないことが報告<sup>4)</sup>されており、興味深い特性を持つ果実である。

本論文では、生産地の異なる3種類のバナナを用い、バナナの成熟速度の違い、バナナの熟成に伴う含有澱粉量と糖量の変化、および、熟成に伴う澱粉粒の変化について調べた結果を報告する。

\* 弘前大学教育学部家政学科教室  
Department of Home Economics, Faculty of Education, Hirosaki University  
\*\* 弘果総合研究開発株式会社  
Hiroka R&D Inc.

## 2. 実験材料及び方法

### 2-1. バナナの成熟にともなう澱粉量の変化

#### 2-1-1. 材料

未熟段階（追熟処理及び室処理前）のフィリピン産バナナ（以降、フィリピン産）、エクアドル産バナナ（以降、エクアドル産）、台湾産バナナ（以降、台湾産）を用いた。

#### 2-1-2. 貯蔵条件

各々のバナナは室温にて貯蔵した。貯蔵は7月4日～19日までの15日間行った。確認日程は0、8、15日目とした。

#### 2-1-3. バナナ切片のヨウ素反応

バナナは軸からハーフカットになるように切断し、切断面に0.01%ヨウ素-0.1%ヨウ化カリウム溶液を塗布、反応させて写真撮影を行った。検証は貯蔵0日目、8日目、15日目に行った。

#### 2-1-4. バナナ中の糖分（単糖・オリゴ糖）、および澱粉量の測定

貯蔵0、8、15日目のバナナの可食部に4倍量のメタノールを加えてミキサーで磨砕し、遠心分離（10,000 rpm, 30分）にて上清と残渣に分けた。残渣は80%メタノールにてさらに2回抽出を行い、得られた3回の上清は混合し「80%メタノール可溶性画分（単糖・オリゴ糖画分）（糖分）」とした。残渣はアセトンで洗浄して、風乾し、「80%メタノール不溶性画分（細胞壁・澱粉画分）」とした。全糖量の測定はフェノール・硫酸法にてグルコース相当量として算出<sup>5)</sup>し、細胞壁・澱粉量は抽出残渣を乾燥し、乾燥重量の測定にて行った。この分画操作の流れを図1に示す。

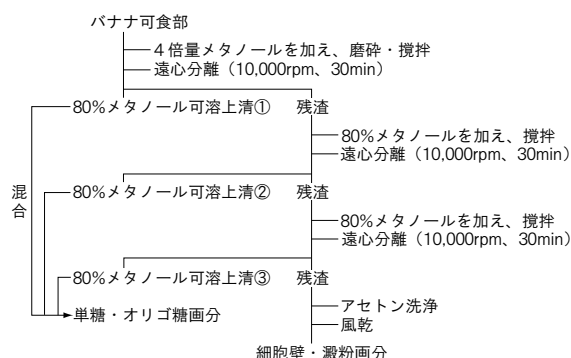


図1 バナナの糖分画分操作

### 2-2. 熟成にともなうバナナ澱粉粒の変化

#### 2-2-1. 材料

室にて一定レベルまで成熟させたフィリピン産バナナを使用した。

#### 2-2-2. 貯蔵条件

バナナは室温にて7月22日から7月27日まで貯蔵し、確認日程は0、3、5日目とした。

#### 2-2-3. 澱粉粒の調製

上述2-1-4.にて示した方法を用いて単糖・オリゴ糖画分と細胞壁・澱粉画分に分離した。

それぞれ熟度別の「細胞壁・澱粉画分」を用いた。まず、細胞壁・澱粉画分20gに対して、蒸留水200mlを加え、ミキサーで40秒撹拌した。次に2枚に重ねたガーゼで濾過し、濾液と残渣に分けた。残渣はさらに蒸留水200mlを加えて撹拌し濾液と残渣に分け、この操作を3回行った。最後に残った残渣はガーゼごと凍結乾燥させた。濾液は遠心分離機（9,000 rpm, 30分, 20℃）にかけて上清と沈殿に分けた。上清は吸引濾過した後に液量と全糖量の測定を行い、10mlを分注して残りを凍結させた。沈殿はアセトン200mlを加えて撹拌し、濾液と同様に遠心分離し、吸引濾過を行い、上清と沈殿に分けた。ここで得られた沈殿は風乾後に重量測定し、ミニブレンダーで40秒粉碎した。これを「バナナ澱粉」とした（この調整の流れを図2に示す）。このバナナ澱粉を用いて、粒度分布測定と電子顕微鏡観察を行った。

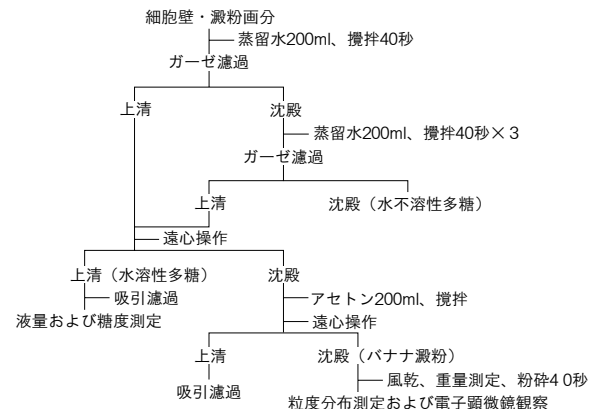


図2 バナナの澱粉粒調製方法

#### 2-2-4. バナナ澱粉粒の粒度分布測定

バナナ澱粉粒の粒度分布はレーザ回折／散乱式粒度分布測定装置 LA-910（堀場製作所製）で測定した。

#### 2-2-5. バナナ澱粉粒の電子顕微鏡観察

電子顕微鏡観察は、走査型電子顕微鏡 S-2460N 形（日立製作所製）にて観察した。加速電圧は5～8kV として行った。

### 3. 結果および考察

#### 3-1. バナナの成熟と澱粉

各生産地のバナナは0日貯蔵と8日貯蔵のものと外観の比較を行った（図3に示す）。バナナ自身の外観上の違いとして、台湾産が緑から黄色へ大きく変化し、エクアドル産、フィリピン産では緑から黄色へ変化しつつある状態であった。各生産地のバナナ可食部にヨウ素澱粉反応を行った。その結果を図4に示す。0日目では、すべての産地のもので、外観の色が示すように澱粉を多く含有している状態であった。8日目ではエクアドル産、フィリピン産では澱粉を多く含む状態であったが、台湾産では澱粉が少量しか確認されない状態であった。15日目ではエクアドル産、フィリピン産ともに、未だに多く澱粉を含んでいることが示され

た。

次に、実際の澱粉と糖分について含有量の測定を行った。各生産地のバナナ100 g 当りの細胞壁・澱粉量と糖分を測定した（図5）。台湾産の澱粉量は0日目25.3 g から8日目1.3 g と減少し、それに伴い糖分は0日目3.0 g から8日目16.7 g へ増加した。エクアドル産では、澱粉量が0日目24.2 g、8日目23.6 g、15日目2.6 g と減少し、糖分が0日目0.6 g、8日目2.2 g、15日目15.7 g と増加した。フィリピン産では、澱粉量が0日目22.5 g、8日目18.4 g、15日目3.1 g と減少し、糖分が0日目1.2 g、8日目4.0 g、15日目19.1 g と増加した。ヨウ素澱粉反応の結果が示すように熟度が進むにつれて澱粉が糖化され、果実の成熟を迎えることが示された。しかし、糖分と細胞壁・澱粉画分量を合算した総量はフィリピン産では0日目23.7 g、8日目22.4 g、15日目22.2 g と大きな変動はなかったが、台



図3 産地別バナナの貯蔵前後の写真  
左列：7月4日（貯蔵0日）右列：7月13日（貯蔵8日）  
①台湾、②エクアドル、③フィリピン

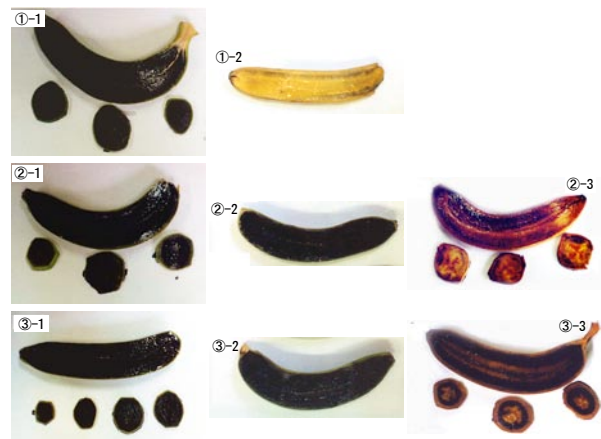


図4 産地別バナナの貯蔵前後のヨウ素澱粉反応  
左列：①-1台湾7月4日、②-1エクアドル7月4日、③-1フィリピン7月4日  
中列：①-2台湾7月13日、②-2エクアドル7月13日、③-2フィリピン7月13日  
右列：②-3エクアドル7月19日、③-3フィリピン7月19日

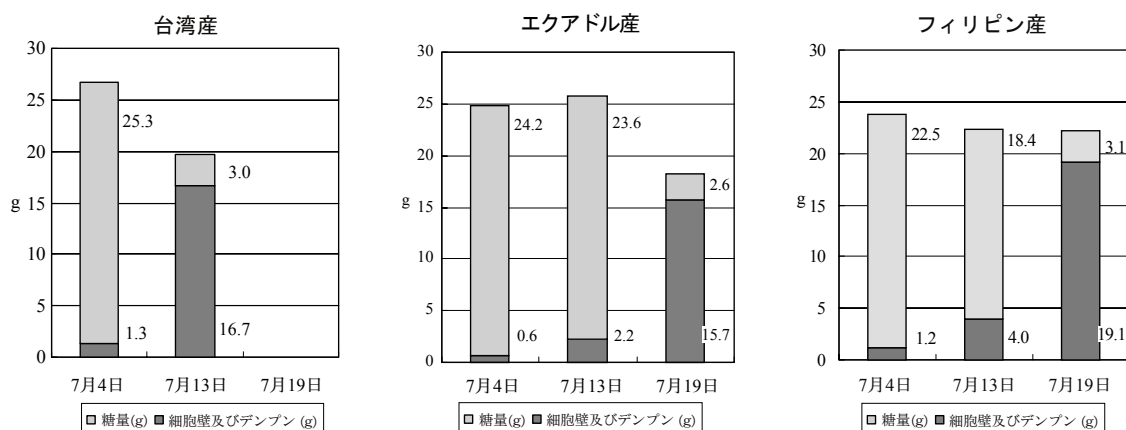


図5 産地別のバナナ100 g 当りの糖量（単糖・オリゴ糖）と細胞壁・澱粉の含有量

湾産では0日目26.6 g、8日目19.7 g、エクアドル産では0日目24.8 g、8日目25.9 g、15日目18.2 g、と熟成が進むにつれて減少した。

これまでに、呼吸し、熟成するクライマクテリック型果実のリンゴでは、熟成が進むにつれて、含有する糖の総量が減少することが明らかにされている<sup>6)7)</sup>。糖を指標とした食味の変化は熟成貯蔵8日目の段階で台湾産は過熟、15日目ではエクアドル産は過熟で、フィリピン産が適熟と示された。このことから成熟速度は台湾産が最も早く、エクアドル、フィリピンの順となり、産地による熟成速度の違いが示された。また、熟成が進んだ状態でも、ヨウ素澱粉反応並びに糖量の変化から、過熟の状態と判断される8日目の台湾産、15日目のエクアドル産でも澱粉が残存しており、澱粉は過熟の状態でも残存していることが示された。

### 3-2. 熟成におけるバナナ澱粉粒の変化

各熟成における単糖・オリゴ糖量は0日目7.5 g、3日目11.7 g、5日目12.1 gであり、澱粉量は0日目12.05 g、3日目0.24 g、5日目0.20 gで、単糖・オリゴ糖は増加、澱粉量は減少した（得られた糖量、澱粉量を図6に示す）。

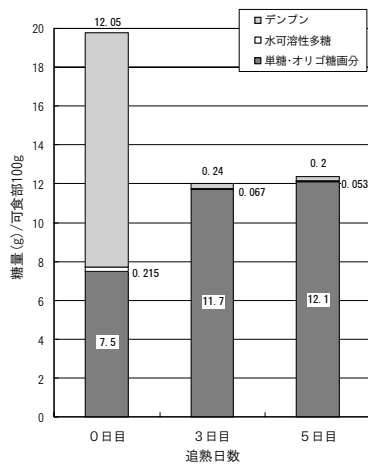


図6 バナナ可食部100 g 当りの追熟に伴う糖量と澱粉量の変化

得られた澱粉の電子顕微鏡観察を行った結果を図7に示す。澱粉粒は長粒形をしており、熟度別によって澱粉粒の状態に違いが見られた。表面の状態は、追熟0日目にはなめらかな状態になっていたが、追熟が進むにつれて表面に層のような溝ができ、5日目では澱粉粒全体が層状になっていた。次に粒度分布計で各貯蔵期間の澱粉粒のサイズの分布範囲と平均径を測定した図8に粒度分布計のチャートを示す。追熟0日目が分布3～88  $\mu\text{m}$ 、平均径29.699  $\mu\text{m}$ 、3日目が分布3～77  $\mu\text{m}$ 、平均径23.213  $\mu\text{m}$ 、5日目が分布2.5～22  $\mu\text{m}$  平均径8.651  $\mu\text{m}$  と、貯蔵するに従って澱粉粒子は小さ

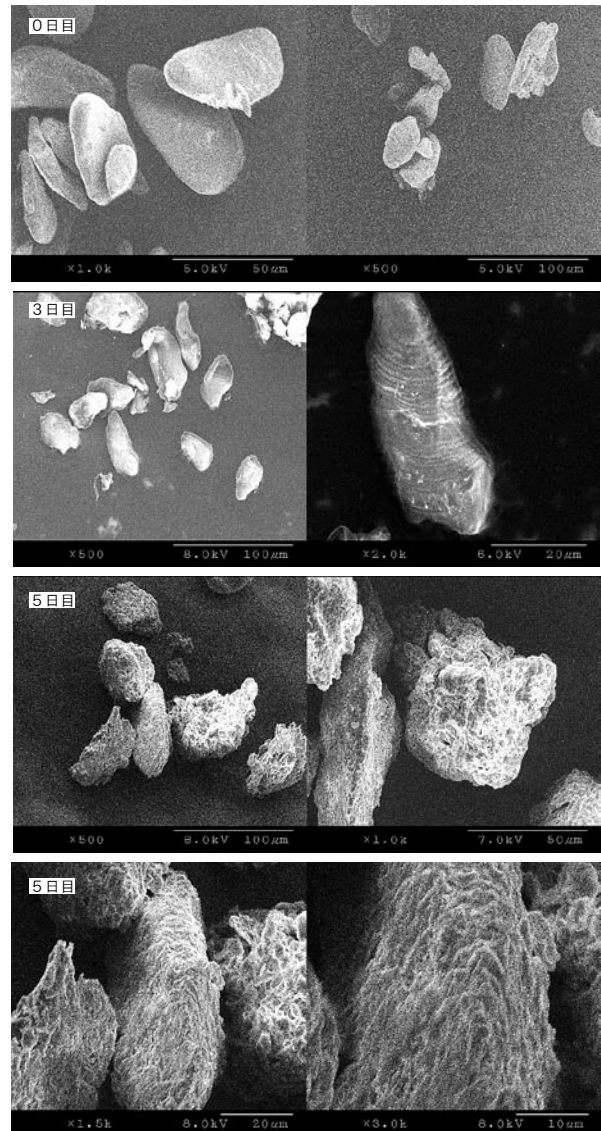
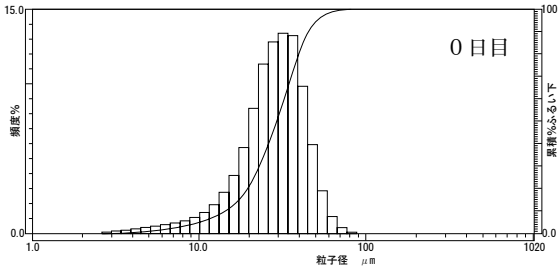


図7 熟度の異なるバナナから調製した澱粉粒の走査型電子顕微鏡観察

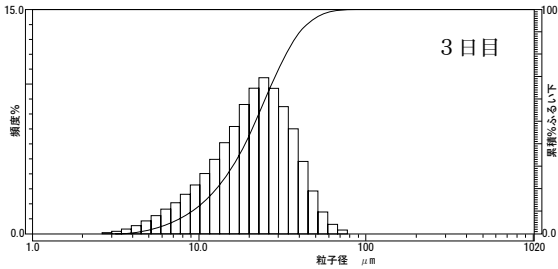
くなることが判った。

バナナの熟成における糖の変化は特徴的であることが明らかにされている。児島<sup>8)9)</sup>によると、バナナの硬度には澱粉は関与していないと報告している。今回、成熟過程における澱粉粒の物理的な微細化を明らかにしたことで、食味のテクスチャーに影響を与える可能性が示された。また、このことから、バナナの持つアミラーゼの活性が特徴的であることが推測され、今後、バナナのアミラーゼ活性による澱粉の変化について検証する予定である。

測定結果  
 メンブレン径： 28.921  $\mu\text{m}$  比表面積： 2624  $\text{cm}^2/\text{cm}^3$  平均径： 29.699  $\mu\text{m}$   
 %粒子径( 10.0%) : 14.395  $\mu\text{m}$  粒子径%( 0.100  $\mu\text{m}$ ) : 0.0%  
 %粒子径( 20.0%) : 19.586  $\mu\text{m}$  粒子径%( 1.000  $\mu\text{m}$ ) : 0.0%  
 %粒子径( 30.0%) : 23.062  $\mu\text{m}$  粒子径%( 10.000  $\mu\text{m}$ ) : 4.9%  
 %粒子径( 80.0%) : 39.359  $\mu\text{m}$  粒子径%( 100.000  $\mu\text{m}$ ) : 100.0%  
 %粒子径( 90.0%) : 45.365  $\mu\text{m}$  粒子径%( 200.000  $\mu\text{m}$ ) : 100.0%



測定結果  
 メンブレン径： 21.559  $\mu\text{m}$  比表面積： 3615  $\text{cm}^2/\text{cm}^3$  平均径： 23.213  $\mu\text{m}$   
 %粒子径( 10.0%) : 8.861  $\mu\text{m}$  粒子径%( 0.100  $\mu\text{m}$ ) : 0.0%  
 %粒子径( 20.0%) : 12.457  $\mu\text{m}$  粒子径%( 1.000  $\mu\text{m}$ ) : 0.0%  
 %粒子径( 30.0%) : 15.640  $\mu\text{m}$  粒子径%( 10.000  $\mu\text{m}$ ) : 13.0%  
 %粒子径( 80.0%) : 32.801  $\mu\text{m}$  粒子径%( 100.000  $\mu\text{m}$ ) : 100.0%  
 %粒子径( 90.0%) : 39.495  $\mu\text{m}$  粒子径%( 200.000  $\mu\text{m}$ ) : 100.0%



測定結果  
 メンブレン径： 8.144  $\mu\text{m}$  比表面積： 7995  $\text{cm}^2/\text{cm}^3$  平均径： 8.651  $\mu\text{m}$   
 %粒子径( 10.0%) : 4.902  $\mu\text{m}$  粒子径%( 0.100  $\mu\text{m}$ ) : 0.0%  
 %粒子径( 20.0%) : 5.869  $\mu\text{m}$  粒子径%( 1.000  $\mu\text{m}$ ) : 0.0%  
 %粒子径( 30.0%) : 6.641  $\mu\text{m}$  粒子径%( 10.000  $\mu\text{m}$ ) : 70.7%  
 %粒子径( 80.0%) : 11.180  $\mu\text{m}$  粒子径%( 100.000  $\mu\text{m}$ ) : 100.0%  
 %粒子径( 90.0%) : 13.061  $\mu\text{m}$  粒子径%( 200.000  $\mu\text{m}$ ) : 100.0%

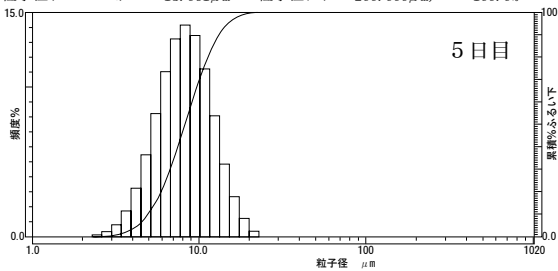


図8 熟度別澱粉の粒度分布

## 参考文献

- 1) 日本バナナ輸入組合：バナナの話ーバナナのすべてがわかる「バナナ百科」
  - 2) H19年 財務省貿易統計
  - 3) 総務省：家計調査 家計調査にみる品目別支出金額及び購入数量の都道府県庁所在市別ランキング（平成16～18年及び平成19年～21年）
  - 4) 児島清秀，桜井直樹，倉石晉，小久保亮：追熟中のバナナ果実の硬さと化学的成分の変化，熱帯農業 Vol.38, No.4, 293-297 (1994)
  - 5) 桜井直樹，山本良一，加藤陽治：植物細胞壁と多糖，培風館，東京，(1991)
  - 6) 加藤陽治，齋藤幸子，齋藤博敏：リンゴ果実中の澱粉，弘前大学教育学部教科教育紀要，25，13-21 (1997)
  - 7) 加藤陽治，齋藤幸子，佐藤あつ子，荒川修，元村佳恵：リンゴ7品種の果実の生育中における細胞壁多糖の構造変化，弘前大学教育学部紀要. 85，115-120 (2001)
  - 8) 児島清秀：果実のかたさと化学的成分〔1〕，農業および園芸 第74巻 第3号，335-339 (1999)
  - 9) 児島清秀：果実のかたさと化学的成分〔2〕，農業および園芸 第74巻 第3号，452-454 (1999)
- (2011. 1.24受理)