

## 収穫時期の異なるジャガイモ中のデンプンの煮熟による変化

木下枝穂・小池恵・堂蘭寛子・津田淑江

### Changes of Starch in Potato of different harvest time during Cooking

*Shiho KINOSHITA, Megumi KOIKE, Hiroko DOHZONO and Toshie TSUDA*

The purpose of this research is to clarify the relation between the changes in the tissues and the taste of the potato where the harvest time was different. The potatoes of the sample were the one immediately after the harvest (New-potatoes) and the one after it was stored (Stored-potatoes). The surface structures of the potatoes after boiling were observed with electron microscope. The amount of free amino acids was measured by High-performance liquid chromatography method.

The observation with a electron microscope revealed the following, the New-potatoes had a small amount of starch, while the Stored-potatoes had a lot of it. In New-potatoes, the intercellular space was observed when boiling for 20, and 30 minutes, and the starch in potatoes leaked from the cells when boiling for 20 minutes. In Stored-potato, the intercellular space was observed when boiling for 10, 20, and 30 minutes, and the starch in potatoes leaked from the cells when boiling for 20, and 30 minutes. It became clearer the following from the results of the amino acids analysis, the total amount of free amino acids in New-potatoes was increased by heating, while in Storage-potato, it was decreased by heating.

キーワード：ジャガイモ potato, デンプン starch, 走査型電子顕微鏡 scanning electron microscope, 遊離アミノ酸 free amino acid

ジャガイモは、貯蔵性に富み、エネルギー供給源として有用であるだけでなく、ビタミンCを多く含み、一度に摂取する量も多いのでビタミンCの供給源として有効な食品である。また、味が淡白であることから他の食品や多くの調味料・香辛料と調和する事ができ、その用途は幅広い<sup>1-3)</sup>。しかし、品種や収穫時期、貯蔵期間によって調理性が異なるのでそれぞれの特性をよく理解し調理する事が重要である。

ジャガイモの調理法には、茹でるや煮るなどの煮熟調理をはじめ、蒸す、焼く、揚げる、炒めるなどの種々の調理方法がある。特に煮熟調理の場合、同一に加熱してもジャガイモの収穫

時期や品種によって、煮くずれのしやすさが異なり、出来上がりの品質に大きな影響を及ぼす。

ジャガイモの収穫時期や品種による、調理特性や組織的变化については、いくつか報告されているが<sup>4-8)</sup>、組織変化と食味の関係についての報告はない。

本研究では、収穫時期の異なるジャガイモを用いて、煮熟による組織変化と食味の関係について検討することを目的とした。組織変化としてジャガイモ切断面の電子顕微鏡観察を行うとともに、風味形成に関与するとされる遊離アミノ酸量の変化について検討を行いいくつかの知見を得たので報告する。

## 実験材料

使用したジャガイモは、春に収穫されすぐに出荷されるジャガイモとして静岡県産三方原馬鈴薯（男爵芋，平成17年5月購入），比重1.055を使用した（以下新ジャガイモとする）。また，秋から冬にかけて収穫されその後，貯蔵しながら春先まで出荷されるジャガイモとして，北海道産男爵芋（平成17年3月購入），比重1.093を使用した（以下貯蔵ジャガイモとする）。それぞれ同一生産者のロットとした。

## 試料調製方法

ジャガイモの基部から先端の中心部を2.5cm角に切りそろえ，水に10分浸漬した。これを生ジャガイモとした。

## 加熱方法

21cm 雪平鍋に水1800ml と生ジャガイモ10個を入れ，98℃まで強火で加熱し，その後98℃を保持し10，20，30分加熱した。これを，煮熟ジャガイモとした。

## 測定方法

### 1. 電子顕微鏡観察

電子顕微鏡観察は，高倉ら<sup>9)</sup>の方法に準じて行った。

生ジャガイモおよび煮熟ジャガイモの中央部

を両刃カミソリで縦×横×高さ約5mm×5mm×3mmに一定圧で切断後，観察を行った。撮影は，走査型電子顕微鏡S-3500N（日立製作所製）を用い，クールステージ温度は-12~-10℃，真空度40Paの条件で行った。

### 2. 遊離アミノ酸量の測定

遊離アミノ酸分析は，HPLC法で行った。遊離アミノ酸測定用試料は，生ジャガイモおよび煮熟ジャガイモ10.0gを乳鉢でよくすりつぶし，0.02N塩酸100mlを加えた後10分間放置し抽出を行った。遠心分離後，上澄みを200mlに定容し，0.45μmメンブランフィルターでろ過後アミノ酸分析に用いた。

分析装置は，Gulliver インテリジェントシステム（JASCO社製）を用いて行った。検出器の波長は励起波長340nm，蛍光波長450nmとし，カラムはAA pak Li+（6.0mm×100mm，日本分光製）を用い，カラム温度は40℃とした。移動相には，0.20Nクエン酸リチウム塩緩衝液（pH3.28），0.3Nクエン酸リチウム塩溶離液（pH4.25），0.90Nクエン酸リチウム塩溶離液（pH3.75），1.20Nクエン酸リチウム塩溶離液（pH4.55），0.3N水酸化リチウム緩衝液，0.15Nクエン酸リチウム塩緩衝液（pH2.97）を用い，それぞれ15，35，40，40，90分間のグラディエントをかけた。また，反応液には次亜塩素酸ナトリウム/0.4Mほう酸カリウム

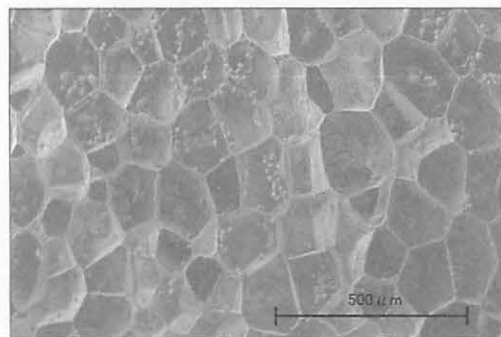


図1. 生のジャガイモ切断面の走査電子顕微鏡写真（新ジャガイモ）

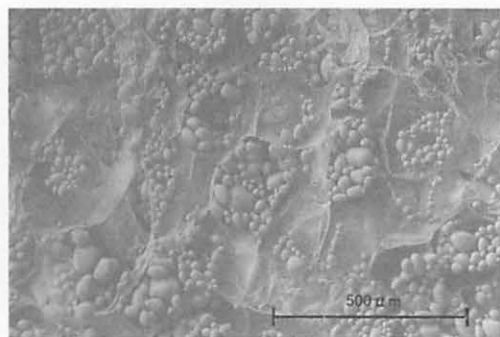


図2. 生のジャガイモ切断面の走査電子顕微鏡写真（貯蔵ジャガイモ）

## 収穫時期の異なるジャガイモ中のデンプンの煮熟による変化

塩緩衝液 (pH10.5) および *o*-フタルアルデヒド溶液/0.4M ほう酸カリウム塩緩衝液 (pH10.5) を用いた。

### 結果および考察

#### 1. 電子顕微鏡観察

##### 1) 生ジャガイモ切断面の電子顕微鏡観察

生ジャガイモの電子顕微鏡観察の結果を図1、2に示した。図1に示した新ジャガイモおよび図2に示した貯蔵ジャガイモの両者とも細胞内にデンプン粒が確認された。新ジャガイモは、デンプン粒の大きさが小さく、デンプン粒の数も少ないことが観察された。貯蔵ジャガイモでは、デンプン粒の大きさが大きく、細胞内全体にデンプン粒が存在していることが観察された。

ジャガイモのデンプン含量は、比重と高い相関があり、比重から次式で計算することができる<sup>10)</sup>。

$$\text{デンプン含量(\%)} = (\text{比重} - 1.05) \times 214.5 + 7.5$$

今回使用した新ジャガイモの比重は1.055でありデンプン含量は8.6%である。貯蔵ジャガイモの比重は1.093でありデンプン含量は16.7%である。このことは電子顕微鏡観察の結果とよく一致し、デンプン含量が少ない新ジャガイモの組織に比べ、デンプン含量の多い貯蔵ジャガイモの組織にはデンプン粒が多く含まれていることが明らかとなった。

また、橋谷ら<sup>11)</sup>によると、ジャガイモの比重は生育中から上昇し、収穫後の貯蔵中にも増加することが報告されている。本研究において、新ジャガイモは比重が低く、貯蔵ジャガイモは比重が高かったことと一致した。

##### 2) 煮熟ジャガイモの加熱時間による組織変化

加熱時間による煮熟ジャガイモ切断面の組織変化の結果を図3、4に示した。

図3に示した新ジャガイモの場合、10分加熱では細胞は丸みをおびているが、細胞同士は密接していた。20分加熱では、さらに細胞が丸みをおび、徐々に離れ始めていた。また、部分的に細胞から糊化したデンプンの漏出が確認され

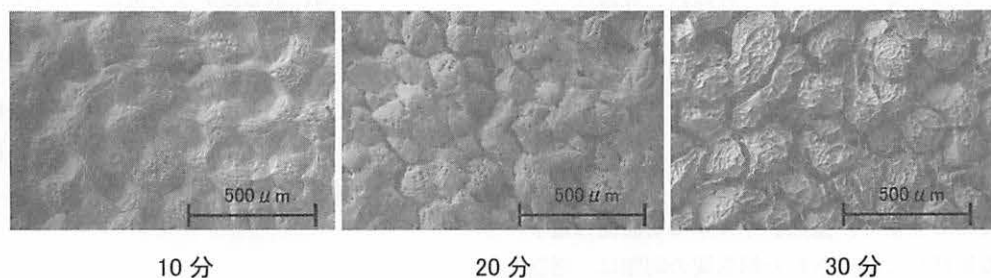


図3. 各加熱時間における煮熟ジャガイモ切断面の走査電子顕微鏡写真 (新ジャガイモ)

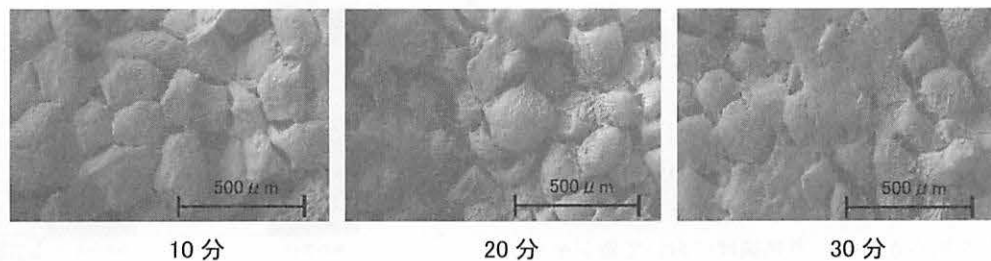


図4. 各加熱時間における煮熟ジャガイモ切断面の走査電子顕微鏡写真 (貯蔵ジャガイモ)

た。30分加熱では細胞の丸みは20分加熱に比べると少なくなったが、細胞間の間隙が大きくなり、形の崩れた細胞も観察された。煮上がり後の芋の状態を肉眼で観察したところ、10、20分では煮崩れは観察されなかったが、30分では角がややとれた状態になった。

図4に示した貯蔵ジャガイモの場合、10分加熱では、細胞はかなり丸みを帯びており、細胞間の間隙が観察された。20分加熱でも細胞の丸みが観察され間隙は大きくなった。さらに糊化したデンプンの漏出が確認された。30分加熱では、細胞の丸みや間隙の大きさは20分加熱とほぼ同じような結果となったが、糊化したデンプンの漏出が全体的に確認された。煮上がり後の芋の状態を肉眼で観察したところ、10分加熱では煮崩れは観察されなかったが、20、30分加熱では角がややとれた状態となった。

ジャガイモなどの野菜・果実の細胞壁の主成分は、ペクチン質と呼ばれるガラクトuron酸を主とする複合多糖類であり、細胞を接着する役割を持っている。ペクチン質は、不溶性ペクチンと可溶性ペクチンとに分けられる。不溶性ペクチンはプロトペクチンと呼ばれ、可溶性ペクチンはメトキシル含量によりペクチン酸とペクチンに分類される。野菜を加熱すると軟化がおこるのは、ペクチンが $\beta$ -脱離により分解し可溶化するため細胞間結合力が失われることが主な原因であるとされている<sup>12)</sup>。

このことより、煮熟ジャガイモ切断面の電子顕微鏡観察で観察された細胞間の間隙は、細胞壁に含まれるペクチンの可溶化によるものと推察される。

また若い果実の細胞壁にはプロトペクチンが多く含まれ、果実が熟してくるとプロトペクチンが低分子化され可溶性のペクチンの割合が多くなり、果実は軟らかくなる<sup>13)</sup>。橋谷ら<sup>11)</sup>はジャガイモを貯蔵してペクチンの定用を行った。その結果、貯蔵中にプロトペクチンが減少することを明らかとし、煮熟調理において新ジャガイモはプロトペクチンが加熱によって可溶化し

にくいため細胞が分離しにくいと報告している。

本研究において貯蔵ジャガイモは10分加熱で細胞間の間隙が観察されたが、新ジャガイモでは20分加熱で観察され、その大きさも小さかった。このことは、新ジャガイモにはプロトペクチンが多く含まれ加熱によって可溶化しにくかったためであると推察された。

また、貯蔵ジャガイモ、新ジャガイモともに加熱により細胞の丸みも観察された。加熱により細胞内のデンプンが糊化すると、細胞内圧が高くなり、細胞は球形化しようとする<sup>3,7)</sup>。デンプン含量が高いほど糊化後の細胞内圧が高くなり球形化し、細胞は単離しやすくなる<sup>3)</sup>。本研究でも、新ジャガイモよりも貯蔵ジャガイモのほうが細胞のふくらみが大きいことが観察された、これはデンプン含量の違いによるものであると推察された。

## 2. 遊離アミノ酸量

### 1) 生ジャガイモの遊離アミノ酸量

新ジャガイモおよび貯蔵ジャガイモにおける生ジャガイモの遊離アミノ酸量測定の結果を図5に示した。図に示したアミノ酸は、ジャガイモ中に比較的多く含まれる以下のアミノ酸とし、その他のアミノ酸はOthersとして合計として示した。主に酸味を呈するAsn、甘味と旨味をやや呈するGln、主に酸味を呈するAsp、酸味と旨味を呈するGlu、甘味と苦味を呈する

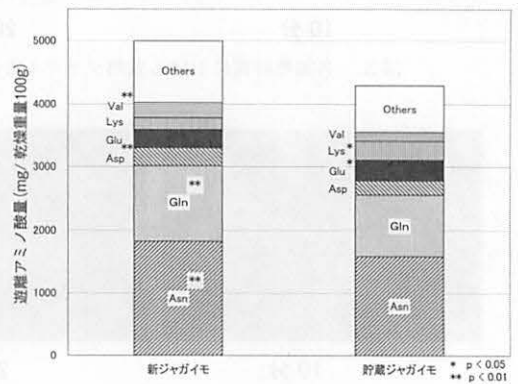


図5. 生ジャガイモの遊離アミノ酸量

収穫時期の異なるジャガイモ中のデンプンの煮熟による変化

Lys, 主に苦味を呈する Val<sup>14)</sup> の6種類とした。また、新ジャガイモと貯蔵ジャガイモとの間で有意差検定を行い、有意に多かったアミノ酸について\*印で結果を示した。

生ジャガイモの場合、新ジャガイモの遊離アミノ酸総量は貯蔵ジャガイモに比べて有意に多く、個々のアミノ酸でも Asn, Gln, Asp, Val は有意に多かった。

小宮山ら<sup>10)</sup> は、ジャガイモのデンプン含量と遊離アミノ酸含量の関係を検討しており、デンプン含量が高い芋ほど遊離アミノ酸量は低くなる傾向にあると報告している。このことは、本研究の結果と一致した。

また、新ジャガイモ、貯蔵ジャガイモそれぞれの遊離アミノ酸総量に対する各アミノ酸の含有割合を比較したところ、Asn, Gln, Aspの含有割合は新ジャガイモと貯蔵ジャガイモで大きな差はなかったが、新ジャガイモでは主に苦みを呈する Val の割合がやや多く、貯蔵ジャガイモでは酸味と旨味を呈する Glu, 甘味と苦みを呈する Lys の割合がやや多い結果となった。

古館ら<sup>15)</sup> によるとジャガイモの遊離アミノ酸含量や組成は、収穫期や窒素堆肥によって変動することが報告されている。本研究で使った新ジャガイモと貯蔵ジャガイモのアミノ酸組成の差異は、収穫時期や栽培条件の違いによるものと推察された。

2) 加熱による遊離アミノ酸量の変化

新ジャガイモの加熱時間による遊離アミノ酸量の変化を図6に示した。遊離アミノ酸総量は20分加熱で増加しその後大きな変化は見られなかった。酸味を呈する Asn は20分加熱で増加した。酸味と旨味を呈する Glu は20分加熱で増加したが30分加熱では減少した。甘味と苦味を呈する Lys は加熱時間の経過に伴い減少した。総遊離アミノ酸量に対する含有割合を検討した結果、Glu は20分加熱で含有割合が増加し30分加熱で減少したが、その他のアミノ酸の含有割合に大きな変化は見られなかった。

貯蔵ジャガイモの加熱時間による遊離アミノ酸量の変化を図7に示した。遊離アミノ酸総量は、加熱時間の経過に伴い減少した。Asn, Gln, Asp, Glu, Lys, Valともに加熱時間の経過にともない減少した。遊離アミノ酸総量に対する含有割合を検討した結果、甘味と苦みを呈する Lys は、加熱時間の経過に伴い含有割合が減少したが、その他のアミノ酸の含有割合に大きな変化はなかった。また酸味を呈する Asn は、20分加熱まで変化はなかったが、30分加熱で割合が増加した。

新ジャガイモは加熱時間の経過により遊離アミノ酸が増加し、30分加熱でも総量は減少しなかった。特に20分加熱では酸味と旨味を示す Glu の量が増加し含有割合も増加した。貯蔵ジ

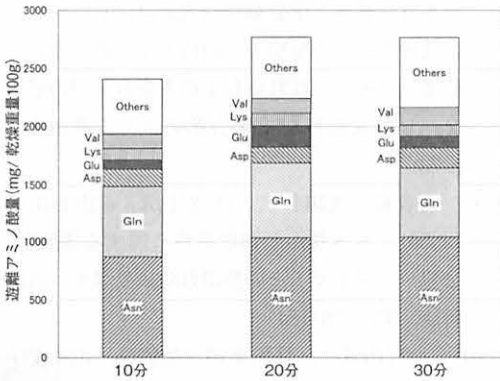


図6. 加熱時間による遊離アミノ酸量の変化 (新ジャガイモ)

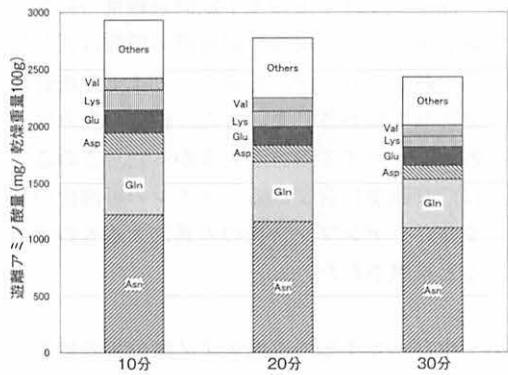


図7. 加熱時間による遊離アミノ酸量の変化 (貯蔵ジャガイモ)

ジャガイモは、加熱時間の経過に伴い遊離アミノ酸量が減少するが、アミノ酸の含有割合には大きな変化はなかった。このことより、新ジャガイモと貯蔵ジャガイモは加熱による遊離アミノ酸量の消長は異なる傾向を示すことが明らかとなった。

電子顕微鏡観察による結果では、新ジャガイモは細胞壁の加熱による可溶化が少なく、デンプン含量も少ないため、20分加熱まで細胞間隙が見られなかった。貯蔵ジャガイモは10分加熱で既に細胞の丸みは大きく、細胞間隙も観察された。この新ジャガイモと貯蔵ジャガイモの加熱による細胞組織の変化の違いが遊離アミノ酸量の消長に関与している可能性も推察できる。

### 要 約

収穫時期の異なるジャガイモの煮熟による組織変化と食味の関係について検討することを目的とし、ジャガイモ切断面の電子顕微鏡観察、遊離アミノ酸量の測定を行った結果、以下のことが明らかとなった。

1. 生ジャガイモの電子顕微鏡観察の結果、デンプン含量が少ない新ジャガイモの組織に比べ、デンプン含量の多い貯蔵ジャガイモの組織にはデンプン粒が多く含まれていることが明らかとなった。
2. 煮熟ジャガイモの電子顕微鏡観察の結果、新ジャガイモの場合、細胞間の間隙は20分加熱で観察されたが、貯蔵ジャガイモの場合10分加熱で観察された。また、細胞の丸みは、貯蔵ジャガイモの方が大きかった。このことは、細胞壁に含まれるペクチンの可溶化のしやすさとデンプン含量の差異によるものと推察された。
3. 生ジャガイモの遊離アミノ酸分析の結果、新ジャガイモの遊離アミノ酸総量は貯蔵ジャガイモに比べて有意に多く、その組成も異な

っていた。

4. 新ジャガイモは加熱時間の経過により遊離アミノ酸が増加した。特に20分加熱では酸味と旨味を示すGluの量が増加し含有割合も増加した。貯蔵ジャガイモは、加熱時間の経過に伴い遊離アミノ酸量が減少するが、アミノ酸の含有割合には大きな変化はなかった。このことより、新ジャガイモと貯蔵ジャガイモは加熱による遊離アミノ酸量の消長は異なる傾向を示すことが明らかとなった。

### 参 考 文 献

- 1) 田村咲江(1985), ジャガイモの調理的特性について, 家庭科教育, 59, 49-55
- 2) 田村咲江(1983), ジャガイモの調理と科学, 食生活研究, 4(6), 21-26
- 3) 下村道子, 橋本慶子(1993), 植物性食品Ⅱ, 朝倉書店, 東京, pp.3-28
- 4) 橋谷淳子, 松本文子(1969), マッシュポテトに関する実験(第2報), 家政誌, 20, 95-99
- 5) 橋谷淳子, 平野雅子, 比企みよ子, 松元文字子(1972), マッシュポテトに関する実験(第3報), 家政誌, 23, 116-120
- 6) 梅村芳樹, 小原明子(1997), ジャガイモの調理特性, 日調科誌, 30, 84-88
- 7) 遠藤千絵, 小原朋子, 山内宏昭, 六笠裕治, 箱山晋(1998), ばれいしょの煮崩れ要因の解析, 日本食品科学工学会第45回大会講演集, 101
- 8) 遠藤千絵, 小原朋子, 山内宏昭, 森元幸, 石橋慶一(1999), ばれいしょの煮崩れ要因の解析2, 日本食品科学工学会第46回大会講演集, p.73
- 9) 高倉裕, 光田佳代, 河辺達也, 森田日出男(2000), 本みりんの調理特性に関する研究(第2報) —ジャガイモの煮崩れ防止効果—, 日調科誌, 33, 178-184
- 10) 小宮山誠一, 目黒孝司, 加藤淳, 山本愛子, 山口敦子, 吉田真弓(2002), ジャガイモのデンプン含量が調理特性に及ぼす影響, 日本調理科

収穫時期の異なるジャガイモ中のアンブンの煮熟による変化

学会誌, 35(4), 336-342

- 11) 橋谷淳子, 平野雅子, 比企みよ子, 松元文子(1972), マッシュポテトに関する実験(第3報), 家政学会誌, 23, 116-120
- 12) 淵上倫子(1986), 野菜のペクチン質と調理, 食生活研究, 7, 42-51
- 13) 五十嵐脩(1980), 食品化学, 弘学出版株式会社, 神奈川, pp.22-23
- 14) 味の素株式会社編(2005), アミノ酸ハンドブック, アミノ酸の呈味, 株式会社工業調査会発行, 東京, p.47
- 15) 古館明洋, 目黒孝司(2001), ジャガイモの遊離アミノ酸と煮汁への溶出について, 日本家政学会誌, 52(1), 71-74