

ジャガイモは生(なま)ものであり貯蔵中も変化する

■ ■ ■
(独)農研機構 北海道農業研究センター
寒地地域特産研究チーム 主任研究員

遠藤 千絵

ジャガイモは用途別に、生食用（青果として流通するもの）、加工用（ポテトチップスやフライドポテトなどに加工業者によって加工されるもの）、でん粉原料用（でん粉精製に用いるもの、精製でん粉は片栗粉として、また練り製品や麺類、菓子類の原料として使用される）の3つに分類することができる。用途ごとに求められる品質が異なるため、それぞれに適した品種が数多く開発されている。このため「ジャガイモの品質」と一口に言っても、関わる成分や要素は多岐にわたることになる。そして、ジャガイモは生きている生（なま）ものであるため、生育中も収穫後もこれら成分や要素は周囲の環境に応じて変化していく。

本稿では「ジャガイモの品質」について、「ジャガイモは生きている」という観点から考えてみたい。

ジャガイモの細胞を観ると

図1は生のジャガイモを顕微鏡で観察した写真である。表皮から1ミリ程内部に入ると直径0.2 mm (200 μ m) ほどの「貯蔵細胞」と呼ばれる細胞群がある(図1-左)。生育時、茎葉の光合成で作られたブドウ糖がイモに運ばれこれら貯蔵細胞の中にでん粉粒として蓄えられる（でん粉はブドウ糖が鎖状に数十万個つながった高分子）。図1-右は貯蔵細胞を拡大したもので、魚のウロコのような円形のものがでん粉粒で

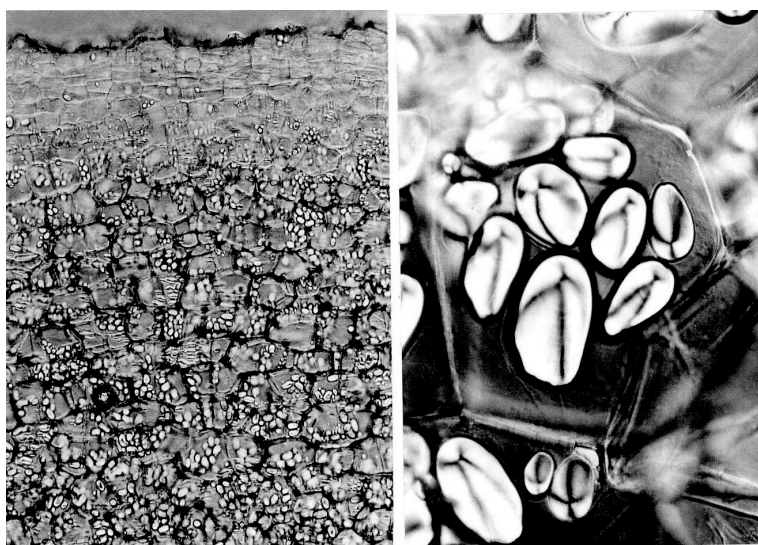


図1 ジャガイモ塊茎の光学顕微鏡写真。右は貯蔵細胞の拡大。

ある。ジャガイモのでん粉粒はでん粉を蓄積する他の作物、例えば小麦や豆類などと比べて平均粒径が0.03 mm (30 μ m) と非常に大きいことが特徴で、細胞一個あたりに十数個含まれている。イモ一個でみると、でん粉含量は品種によって異なるが15%前後と、でん粉が主成分である。しかし、図1-右の細胞内で、でん粉粒以外の透き通った液胞と呼ばれる部分にも、水溶性の糖類やアミノ酸類、ミネラルや、紫・赤肉品種の色素アントシアニンなどが溶け込んでいる。また細胞と細胞の間はファイバーやペクチンなどの接着成分もある。ジャガイモ重量の約75%はこれらの成分が溶け込んだ水分であり、これら成分はイモの生育段階や、収穫後の貯蔵中に様々な環境条件に反応して変化していく。

低温貯蔵したジャガイモは甘くなる

ジャガイモが「生きている生（なま）も

の」であることを顕著に示している現象のひとつとして、「低温貯蔵したジャガイモは甘くなる」が挙げられる。これは植物生理学的にもよく知られた現象で「Low-temperature sweetening (低温糖化)」と呼ばれている^{1, 2)}。一般的にも、北海道では昔から、氷室貯蔵したジャガイモを春先に食べるととても甘くておいしいということを皆さんご存知で、甘さを生かした料理法などが家庭で工夫されている。しかし、食品加工の観点から見ると、ポテトチップスなど高温の油加工の際には、増加した還元糖（ブドウ糖および果糖）はメイラード反応と呼ばれる現象を通して茶褐色の色素を生成、製品に苦み・焦げ色を生じさせる³⁾。さらに最近、このメイラード反応中に発がん性が疑われているアクリルアミドが生成されると報告され^{4, 5)}、ジャガイモベースの油加工品で高濃度に検出されたとの報告もなされた⁶⁾。このため低温での還

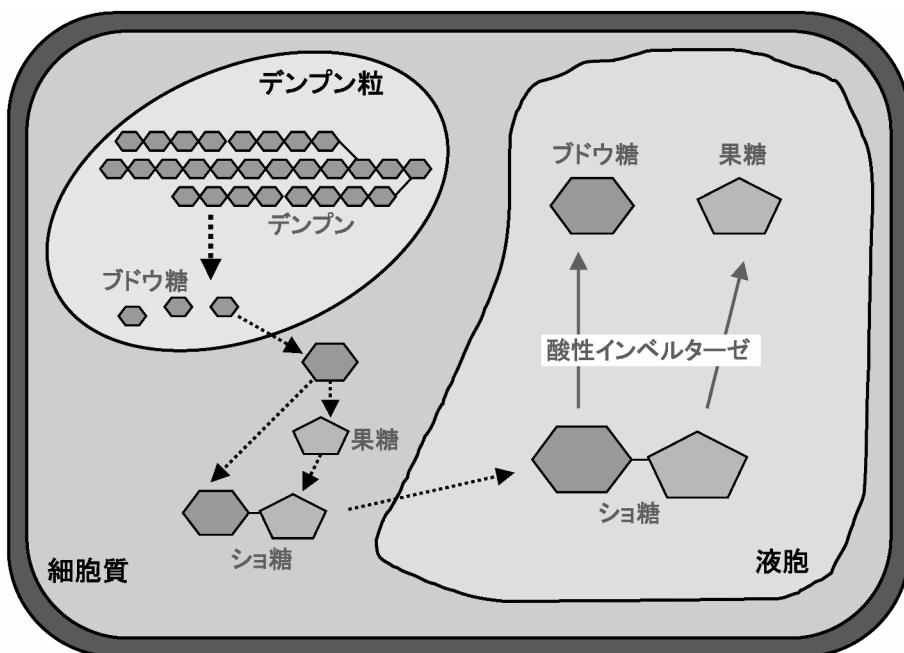


図2 低温貯蔵によるジャガイモ塊茎細胞内での糖の増加の模式図。

元糖の増加は油加工ではマイナスの要因となっている^{2, 7, 8)}。通常、油加工業者では、低温貯蔵での糖の増加が低い品種を原料イモとして用いて、8–12℃くらいの温度で貯蔵し、長期貯蔵の場合はさらにreconditioning (16–20℃ 2週間の升温処理で糖を減少させる) 処理を行って対応している⁷⁾。

「低温糖化」のメカニズムについてはまだ解明されていない部分が多く、筆者らも研究を行っている^{9, 10, 11)}。わかっている部分を簡単に説明すると、図2はジャガイモ塊茎の細胞ひとつを模式的に示している。前述したように生育中、茎葉で光合成されたブドウ糖は、塊茎に運ばれてでん粉として蓄えられる。枯凋期をむかえて収穫したジャガイモでは、糖分はほとんどでん粉となっており、遊離の糖（水溶性の糖の意。ジャガイモではブドウ糖、果糖、ショ糖の

3種）は極めて低濃度である。これを低温で貯蔵すると、でん粉のごく一部がブドウ糖に分解される。その一部は果糖に変換され、その後ブドウ糖と果糖が結合してショ糖となり、ショ糖は液胞と呼ばれる細胞内の小器官に入って、酸性インベルターゼという酵素によって再びブドウ糖と果糖に分解される。こうして低温貯蔵中にブドウ糖と果糖、つまり還元糖が増加していく。

筆者らは、低温での糖の変動は品種によって「還元糖増加型」「糖量低推移型」「ショ糖増加型」に分類できることを明らかにしてきた⁹⁾。図3に示したメークインは低温での還元糖の増加が大きい「還元糖増加型」品種である。これに対し、ポテトチップスなど、油加工専用に開発されたトヨシロ、スノーデンなどの品種は糖の増加程度が小さい。油加工で焦げ色のつきにくい品種育成を行ってきたからである。また、

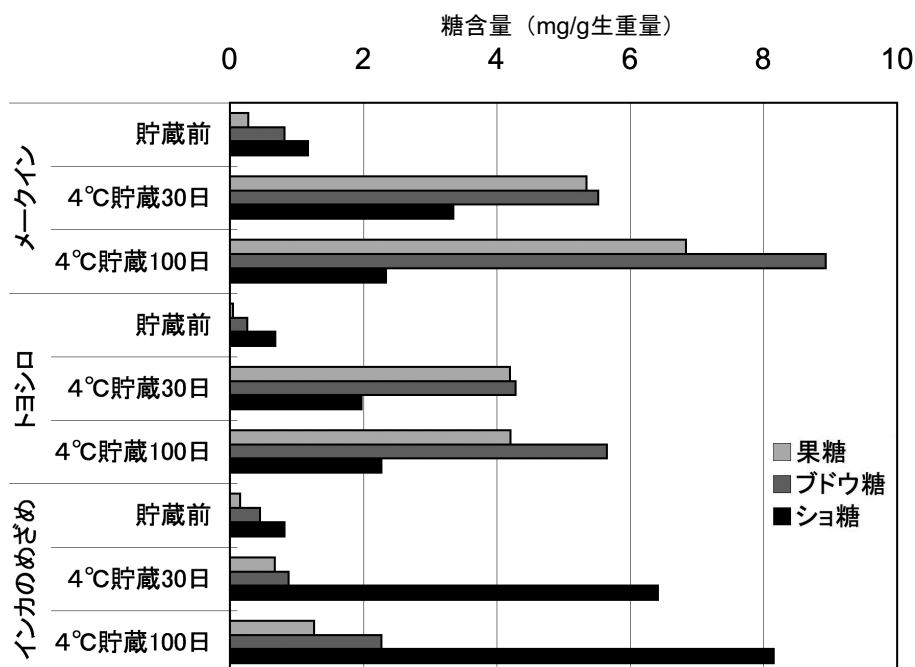


図3 低温貯蔵でのジャガイモの糖の増加（文献9から抜粋）。

最近、良食味で注目を浴びている品種「インカのめざめ」は、低温貯蔵によってブドウ糖、果糖ではなくショ糖が特異的に増える特殊な「ショ糖増加型」品種であり、この品種では図2に示した酵素：酸性インペルターゼが低温貯蔵で働いていないことも明らかになってきた。

長期貯蔵における原料イモの変化

国産ジャガイモを周年を通して供給するためには、長期貯蔵技術が不可欠である。しかし、ジャガイモという作物（植物）側からみれば、生きているのだから貯蔵中に変化するのは当たり前で、均一な品質での長期貯蔵は非常にハードルの高い設問といえる。ジャガイモには、「萌芽に適切な温度にしても萌芽しない内生休眠期」と、その後の「適切な温度では萌芽するが低温にすることで強制的に萌芽を抑制できる外生（強制）休眠期」がある。この休眠期間の長さは品種によって異なるし、また、外生休眠期終了後はたとえ低温で貯蔵していても萌芽を抑えることはできない。周年供給という観点からは貯蔵温度を下げて休眠期間を延長したいが、限界がある上、さらに生食用に用いられる2～4℃のような低温での貯蔵は上述のように糖の増加を招き、油加工後の製品品質が低下する。このため加工用原料イモは、糖の増加程度、萌芽抑制、減耗などとの兼ね合いで貯蔵条件、品種を決める必要がある。休眠期間の長い、低温でも糖の増加程度が低い品種の育成や、利用時期ごとの適正品種の策定が重要である。さらに貯蔵中の品質の変化を詳細に把握しこれらに対応した貯蔵条件・ハンドリング条件を検討することも重要とな

る。

長期貯蔵でもイモのおいしさ、品質を損なわないことが重要

現在、食品の品質・安全性に対する消費者の目は大変厳しい状況にある。ジャガイモはおいしさだけでなく、栄養・機能性の面でも大変優れている作物で、良好な生育のもと生産されたイモは、その品種の持つ能力を十分に発揮する。しかし、生食用、加工用ともに原料イモの貯蔵・ハンドリング等の管理によっては品質が損なわれてしまうことがある。

例えば、「蒸かしたジャガイモを一口食べたたん、つよいエグ味を感じた」とのクレームがよく聞かれる。このエグ味は、イモが光にさらされて生成したグリコアルカロイド（ソラニン、チャコニン）によるものだ。イモを光に当てるのは収穫時も含め貯蔵出荷時、必要最低限にする配慮が大変重要である。

また、図4には実際にポテトチップス製品中に入っていたクレーム対象となり得るチップの様子を示した。これらはいずれも栽培技術や、貯蔵・ハンドリング技術の向上で低減できる例である。

今後とも、長期貯蔵で高品質な品種の育成・策定、貯蔵・ハンドリング技術の開発に努力していきたいと考えている。また一方で、ジャガイモは加工直前まで生きており変化し続けているということを消費者に認識していただけるよう情報発信していくことも重要である。例えば、図4の例はジャガイモの自然な反応の結果であり、これらを食べたとしても健康上何も問題ないわけで、このような点なども情報発信していけ

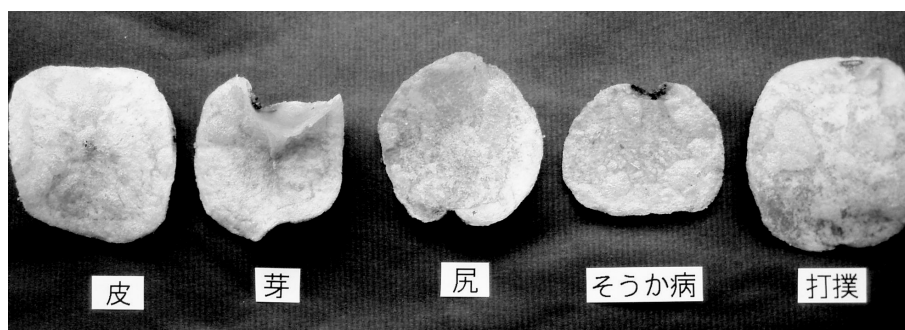


図4 製品中に見られたクレーム対象となり得るチップ。

ればと考える。

文献

- 1) F.A. Isherwood, Phytochemistry, 12, 2579-2591, 1973
- 2) W.G. Burton, The Potato, 3rd Ed., 1989
- 3) R.S. Shallenberger et al., J. Agric. Food Chem., 7, 274-277, 1959
- 4) D.S. Mottram et al., Nature, 419, 448-44, 2002
- 5) R.H. Stadler et al., Nature, 419, 449-450, 2002
- 6) E. Tareke et al., J. Agric. Food Chem., 50, 4998-5006, 2002
- 7) R.W. Blenkinsop et al., J. Agric. Food Chem., 50, 4545-4553, 2002
- 8) Y. Chuda et al., Biosci. Biotech. Biochem., 67, 1188-1190, 2003
- 9) C. Matsuura-Endo et al., J. Plant Res., 117, 131-137, 2004
- 10) A. Ohara-Takada et al., Biosci. Biotech. Biochem., 69, 1232-1238, 2005
- 11) C. Matsuura-Endo et al., Biosci. Biotech. Biochem., 70, 1173-1180, 2006