

生食用ジャガイモの低温貯蔵による 糖の増加特性



農研機構北海道農業研究センター 芽室研究拠点 主任研究員

遠藤 千絵

1. はじめに

ジャガイモ塊茎に含まれる遊離の糖はブドウ糖、果糖、ショ糖の3種である。収穫直後はそのほとんどがでん粉として蓄積されているため、これらの糖含量は極めて低い。しかし、収穫後は低温で貯蔵することででん粉の一部が分解し糖が増加する。これは「Low-temperature sweetening（低温糖化）」と呼ばれるジャガイモではよく知られた現象である¹⁾。低温での糖増加の程度や様式は、品種によって異なることがわかっている^{2,3)}。生食用の品種は還元糖（ブドウ糖および果糖）の増加が起りやすい「易糖化性」のものが多く、長期低温貯蔵で甘みが顕著に増加する^{2,3)}。これに対し、ポテトチップスなど高温の油加工原料用では、低温での糖の増加程度が低い「難糖化性」品種が育成され用いられている。なぜなら増加した還元糖は油加工中にメイラード反応を通して茶褐色の色素を生成し、製品に苦み・焦げ色を生じさせるためマイナスの要因となるからである²⁻⁵⁾。一方、カロテノイドを含有し肉色が黄橙色で良食味の品種「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」品種である^{2,5,6)}。

このような品種による低温糖化様式の違いについては、現在のところ油加工用原料イモを扱う実需者においては把握されており、品種ごとに貯蔵温度や出庫時期、ハンドリング法等をコントロールして周年供給を実現している。しかし生食用ではいずれの品種も2～4℃付近の低温にての画一の管理にとどまっており、品種ごとの貯蔵特性は考慮されていないのが現状である。その一方で北海道では古くから氷室や雪室貯蔵した生食用ジャガイモを春先に食べると甘くておいしいという認識が広く浸透しており、甘さを生かした調理や洋菓子などへの利用が盛んに行われてきた⁷⁾。また、平成13年育成の「インカのめざめ」はリリース以来、高カロテノイド含有の黄橙色の肉色とともに、ナッツフレーバーを持つため低温貯蔵で増加した糖とあいまって栗のように甘い良食味になることをアピールしており、今日では認知度も高まっている^{6,7)}。このような背景から、生食用においても品種ごとに低温貯蔵の特性を把握し、貯蔵条件・ハンドリング法等を設定して低温糖化を効果的に実施できれば、付加価値を付与することができると考えられる。

そこで、本稿では近年筆者らが調査した生食用6品種の低温貯蔵での糖含量推移特

性など⁸⁾について紹介する。

2. 低温貯蔵での糖含量増加の品種間比較

以下の特色を持つ生食用6品種:黄橙色・良食味の「インカのめざめ」およびその後継の「インカのひとみ」、アントシアニン含有し赤皮赤肉の「ノーザンルビー」および紫皮紫肉の「シャドークイーン」、イモの目が赤く良食味と定評のある「キタアカリ」、赤皮で肉色は淡黄色の「スタールビー」について、低温貯蔵における糖含量推移を調査した。低温による糖の増加程度は、塊茎が凍結しない範囲で温度が低いほど高くなることがわかっている^{1,5)}ため貯蔵温度は2℃とした。

各品種の全糖量（ブドウ糖、果糖、ショ糖の合計）の推移を図1に示す。貯蔵開始前の全糖量はいずれの品種も3 mg/g生重量未満と低いが、その後の低温貯蔵で増加し、270日後には「キタアカリ」、「シャドー

クイーン」で約25mg/g生重量、「インカのひとみ」、「インカのめざめ」では2倍量の約50mg/g生重量以上となった。「ノーザンルビー」、「スタールビー」ではこれら2つのグループの中間程度の35～40mg/g生重量の増加となった。これらから、品種によって糖の増加程度が異なること、特に「インカのめざめ」、「インカのひとみ」では長期2℃貯蔵で糖が顕著に増加するため、この特性をアピールして高付加価値化につなげることができる品種であることが明らかとなった。また、筆者らが以前行った「インカのめざめ」4℃貯蔵250日後の全糖量約18.5mg/g²⁾と比較して、今回の2℃貯蔵では243日後に約48mg/gと顕著に高い値を示した。このことから、高い精度で温度管理できる貯蔵施設を用いて、庫内が一時的に氷点下になるなどして凍害が発生する危険がない場合には、貯蔵温度は2℃などできるだけ低い温度に設定するこ

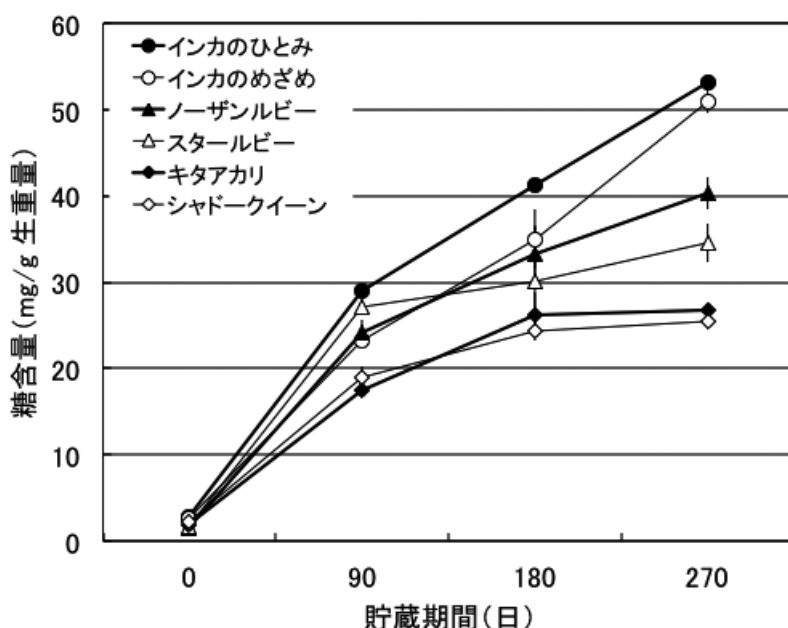


図1 低温貯蔵による糖含量増加の品種間比較

H農場にて2℃貯蔵した塊茎の全糖量（ブドウ糖、果糖、ショ糖の合計）。n = 3、平均値±標準偏差。

とで糖の増加程度を高め、高付加価値化につなげることができると考えられた。また、「スタールビー」は低温貯蔵90日後の糖量は「インカのひとみ」と同様、他の品種より高く、その後増加程度が緩くなることから、貯蔵90日後程度で出荷する場合は比較的糖量が高い品種としてアピールできることがわかった。

次に、増加した糖の組成の違いを図2に示す。低温貯蔵270日後の「インカのめざめ」ではショ糖が顕著に増加していたのに対し、「キタアカリ」ではショ糖量より還元糖であるブドウ糖、果糖の量が高い結果となった。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いる²⁾。図2より、「インカのめざめ」は「ショ糖増加型」、「キタアカリ」は「還元糖増加型」の品種であると思われる。これに対し「インカのひとみ」、「ノーザンルビー」、「スタールビー」、「シャドー

クイーン」は3糖のうちショ糖量が最も高いものの還元糖についても「キタアカリ」と同様に増加するという、両タイプの中間的な特性を持つ品種であることが明らかとなった。

3. 貯蔵後の温度シフトによる糖含量の推移

長期低温貯蔵によって糖含量が増加し良食味となった塊茎が出庫後、輸送中や店頭陳列中などにおいて高温にさらされた場合、糖含量が減少するかどうか等についての知見は得られていない。そこで出庫後、調理加工に利用するまでの温度変化を想定して、2℃貯蔵開始41日後および180日後に、2種の温度シフト：①低温から室温へ（2℃→20℃ 30日間）、②低温から室温後再び低温へ（2℃→20℃ 7日間→4℃ 23日間）を実施し、糖含量の推移を解析した（図3）。品種は「インカのめざめ」を用いた。2℃貯蔵41日後の全糖量は15.3mg/g

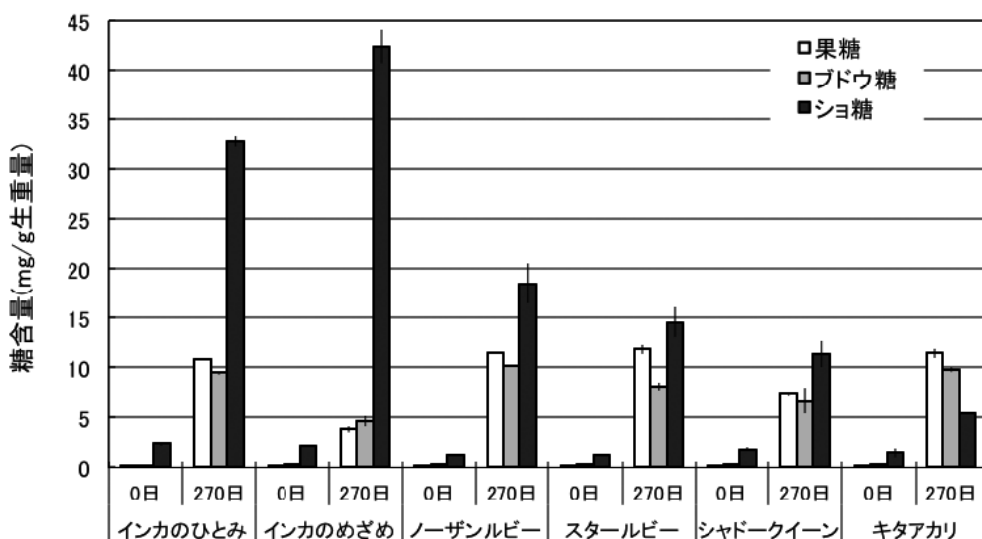


図2 低温貯蔵での糖増加における糖組成の品種による違い

H農場にて2℃貯蔵した塊茎の貯蔵前（0日）と貯蔵270日後のブドウ糖、果糖、ショ糖量。n = 3、平均値±標準偏差。

生重量だったが、20℃へシフトさせると顕著に減少し、7日後にはシフト前の約62%、30日後にはシフト前の約25%となった。一方20℃への温度シフト後、7日後に再び4℃の低温にした場合、23日後には全糖量は12.3mg/g生重量と温度シフト前の約80%まで回復した。2℃貯蔵180日後の温度シフトにおいても、全糖量は35mg/g生重量から20℃へのシフトで7日後にはシフト前の約62%、14日後には約50%と減少した。その後30日後に向けては糖量が若干増加したが、これは高い温度によって萌芽・減耗が促進され塊茎重量が減少したことに起因する増加と推測された。一方20℃への温度シフト後、7日後に再び4℃の低温にした場合は、23日後には全糖量は26.7mg/g生重量とシフト前の約76%まで回復した。これらから、低温貯蔵した塊茎を出庫後室温などの高い温度におくと、1週間程度で増加した糖の40%弱が、1ヵ月後まで

には50~70%強が失われることが明らかとなった。これは低温から高温に移行することで呼吸が活性化され糖を消費するためと推測された¹⁾。Zommickら⁹⁾も4℃貯蔵41日後の16℃への昇温処理(reconditioning)によって、用いた4品種において呼吸活性が増加することを確認している。また本研究では、室温におかれた塊茎であっても1週間後までに低温に戻すことで、その後3週間程度で出庫時の8割程度まで糖量を回復できることがわかった。これは再び低温に移行することで「低温糖化」が誘発されるためであると推測され、現在これら温度シフトによる糖代謝関連酵素の遺伝子発現などを解析して作用機作の解明を目指している。これらから「低温糖化」した糖量の維持には、出庫後の輸送・店頭陳列中も含めコールドチェーン(低温流通体系)を途切れさせないことが重要であること、途中で室温などにさらされた場合はできるだけ

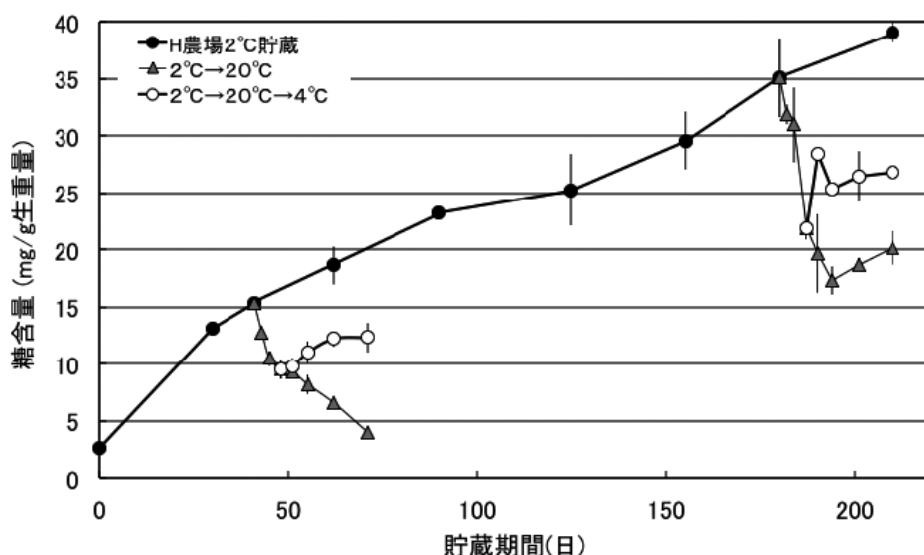


図3 貯蔵中の温度シフトによる糖含量推移

H農場にて2℃貯蔵した「インカのめざめ」を貯蔵41日後および180日後に以下の温度シフト処理した場合の塊茎の全糖量(ブドウ糖、果糖、ショ糖の合計)。n = 3、平均値±標準偏差。温度シフト処理：△2℃→20℃4週間、○2℃→20℃1週間→4℃3週間。

早く低温に戻すことで糖量回復が見込めることなどが明らかとなった。また今後は、実需者・消費者に対しても出庫後調理されるまでの原料の取り扱いが大変重要であることを理解していただくようこれらの情報を発信していく必要があるとわかった。

以上のように、生食用品種における低温貯蔵での糖の増加程度や様式、低温貯蔵出庫後の温度変化による糖変動等を明らかにすることができた。今後、これらの特性を品種ごと、貯蔵履歴ごとにアピールするとともに、出庫後のハンドリング法を含めた販売戦略を構築できれば、長期低温貯蔵による生食用ジャガイモの高付加価値化につなげることができると考えている。

引用文献

- 1) Burton, W.G., The potato, 3 rd ed., pp. 423-522, 1989
- 2) Matsuura-Endo, C. et al., J. Plant. Res., **117**, 131-137, 2004
- 3) Zommick, D.H. et al., Postharv. Biol. Technol., **92**, 128-138, 2014
- 4) Ohara-Takada, A. et al., Biosci. Biotechnol. Biochem., **69**, 1232-1238, 2005
- 5) Matsuura-Endo, C. et al., Biosci. Biotechnol. Biochem., **70**, 1173-1180, 2006
- 6) 森元幸ら, 育種学研究, **11**, 53-58, 2009
- 7) 遠藤千絵, いも類振興情報, **99**, 24-28, 2009
- 8) 遠藤千絵ら, 日本食品科学工学会誌, **62**, 50-55, 2015