

# サツマイモ「べにはるか」における収穫後約2か月以内の短期貯蔵時の貯蔵温度が焼きいもの甘味及び肉質に及ぼす影響

安藤利夫・家壽多正樹

キーワード：サツマイモ、短期貯蔵、べにはるか、甘味、肉質

## I 緒言

千葉県においてサツマイモは、香取市、成田市等の北総地域を中心に栽培されており、作付面積は4,130ha(2017年)で全国第3位、産出額は201億円(2016年)で全国第2位で、本県農業生産にとって重要品目の一つである。千葉県産サツマイモの用途別消費は、青果用を中心とした市場販売用が全体の9割を占め、品種構成は粉質系の「ベニアズマ」が57.1%と最も多く、次いで「べにはるか」が24.5%で、この2品種で全体の82.2%を占めている(千葉県, 2018)。

「べにはるか」は、塊根の大きさが中程度で揃いが良く、サツマイモネコブセンチュウによる被害を受けにくい等の理由から、2010年に千葉県の産地に導入されて以来、急速に普及した(吉永, 2014; 千葉県・千葉県農林技術会議, 2015)。「べにはるか」は $\beta$ -アミラーゼ活性が高いため、蒸しいもや焼きいも等の加熱調理後の食味は、麦芽糖含量が多く甘味が強くなること(中村ら, 2014)、貯蔵により肉質は粘質化しやすいこと(吉永, 2014, 安藤ら, 2018)等が報告されており、「ベニアズマ」等の従来の品種とは食味特性が大きく異なる。「べにはるか」の生産が始まった当初は、収穫から約1か月後に当たる10~11月の出荷品について、市場関係者や小売店バイヤー等から、しばしば甘味不足やロットによる食味のばらつきが指摘された。この原因は、産地による市場関係者等への聞き取り調査等から、ロットによって収穫後の日数や貯蔵環境が異なることであることが明らかとなった。このため、サツマイモ産地関係者からは、10~11月に出荷される「べにはるか」について、収穫後に一定期間の貯蔵を義務付ける等を行い、糖化促進させてから出荷するルールを求める意見が出された。

「べにはるか」の食味は、収穫直後は甘味が弱く、肉質は粉質であるが、収穫後2か月間以上貯蔵することで、甘味が増し肉質は粘質に変化することが理化学分析によって明らかとなった(安藤ら, 2018)。しかし、収穫後から

2か月間の甘味や肉質等の食味に関しては不明な点が多く、産地におけるルール作りの根拠を明確にする必要があった。そこで、「べにはるか」の約2か月以内の短期貯蔵が焼きいもの甘味及び肉質に及ぼす影響を明らかにすることで、サツマイモ産地が導入可能な糖化促進技術及び食味安定化技術の確立を目指した結果、一定の成果が得られたので報告する。

## II 材料及び方法

### 1. 収穫後2か月間における貯蔵温度が生いも及び焼きいもの成分、塊根先端の腐敗に及ぼす影響(試験1)

供試品種は「べにはるか」とし、同品種の栽培特性に精通した香取市の農家圃場で慣行法に準じて栽培した。苗の植え付けは2012年5月23日、収穫は同年10月9日(生育日数138日)とした。

収穫物から選び出した250~500gの塊根を、収穫後速やかに土付きの状態、厚さ0.02mmの透明ポリエチレンフィルムとその内側に結露防止を目的とした新聞紙を内装したプラスチックコンテナ(内寸385×335×295mm)に、1コンテナ当たり約5kgを収納した。収穫後7日間は呼吸による発熱を抑え、品温を揃える目的で、温度13°Cに設定されたプレハブ冷蔵庫内で相対湿度95%以上の条件で保存した。収穫7日後から64日間を貯蔵期間とし、貯蔵温度を好適貯蔵温度よりもやや低い11°C、好適貯蔵温度とされる13°C及び15°C、好適貯蔵温度よりもやや高い17°Cの4温度帯に設定したプレハブ冷蔵庫(床面積5.0m<sup>2</sup>又は6.6m<sup>2</sup>)でそれぞれ相対湿度95%以上の条件で貯蔵した。

成分分析のためのサンプリングは、収穫7日後に生の塊根(以下生いもとする)を、それぞれの貯蔵温度における貯蔵開始64日後に生いも及び焼き調理した塊根(以下焼きいもとする)の両方で行った。サツマイモの貯蔵及び成分分析のためのサンプリングは3反復で実施した。

生いもの試料調製及び成分分析は以下の方法で実施した。それぞれのプラスチックコンテナから任意の2個体を選び1組とし、洗浄及び風乾の後、生いもの中央部から厚さ約2cmの輪切り状断片を切り出した。輪切り状の断片

をさらにいちよう切りにし、それぞれの個体から約 50g を取り出して合わせた後に1つとし、フードプロセッサーで幅 2~3 mm 程度に細断し混合したものを試料とした。細断試料を 80%エタノールによる熱アルコール処理によって1時間還流抽出後、直径 20 mm の回転刃 (PT-DA20, Kinematica AG) を取り付けたホモジナイザー (Polytron PT10-35, Kinematica AG) を用いて磨砕し、遠心分離 (4,000 rpm, 10 分間) することで抽出液と残さに分別した。抽出液からエタノールを除いた水溶液から、高速液体クロマトグラフィーによりスクロース、グルコース及びフルクトースを定量した。デンプン含量は、残さを 0.5 mol/L の塩酸で 2.5 時間加水分解した後にグルコースを定量し、定量値に 0.9 を乗じることで算出した。測定には、長さ 30cm×直径 7.9 mm の糖分析用充填カラム (SCR-101N, (株) 島津製作所) を使用し、カラム温度は 50°C, 純水を溶離液として、流速は 1 mL/min, 検出器は示差屈折計 (RI-101, 昭和電工 (株)) とした。水分含量は、細断試料を 105°C で 48 時間常圧乾燥し、乾燥前後の重量から算出した。

焼きいものサンプリング及び成分分析は以下の方法で実施した。生いもの調査と同一方法で選んだ 2 個体を 1 組とした。塊根を水洗浄後に表皮を乾燥させた後、多目的遠赤外線試験装置 (FIR-33MR, ナラサキ産業 (株)) を使用し、設定温度 200°C で約 45 分間焼き調理した。調理終了後に常温で 1 時間放置して粗熱を取り除き、選んだ 2 個体の焼きいも中央部から厚さ約 2 mm の輪切り状の断片を切り出した。断片の表皮を剥いた後にそれぞれの個体から同一重量を取り出し、チャック付きポリ袋に入れ指で潰しペースト状にしたものを試料とした。

甘味に関する成分として、吉永・山川 (1992) の方法に準じて可溶性固形物含量 (以下糖度) を、安藤ら (2018) の方法に準じて遊離糖含量を調査した。糖度は、ペースト試料 5 g に純水 15 mL を加え、熱アルコール抽出後の生いもと同一の方法で 30 秒間微粉砕後、遠心分離 (4,000 rpm, 10 分間) によって得られた上清について、屈折糖度計 (PR-101, (株) アタゴ) で測定した。遊離糖は、糖度測定用の上清とアセトニトリルの 1:1 混合液について、高速液体クロマトグラフでスクロース、グルコース、フルクトース及び加熱調理中に生成されるマルトースを定量した。測定には、長さ 25cm×直径 4.6 mm の糖分析用充填カラム (Shodex HN2P-50, 昭和電工 (株)) を使用しカラム温度は 30°C, 溶離液は 75%アセトニトリル、流速は 1.2 mL/min, 検出器は示差屈折計 (ERC-7510, Erma Optical Work) とした。また、各糖含量の測定値に 40°C におけるそれぞれの甘味比 (スクロース:1, グルコース:0.55, フルクトース 1:マルトース:0.35) を乗じ、そ

の総和を焼きいもの甘味度とした (高畑ら, 1993)。

肉質に関連する成分として、水分含量及びデンプン含量を生いもと同じ方法で定量するとともに、乾物中のデンプン含有率を算出した。乾物中のデンプン含有率は、デンプン含量を生重 100 g 当たりの乾物重、すなわち 100-水分含量で除すことで求めた (安藤ら, 2018)。貯蔵温度の違いが焼きいもの肉色に及ぼす影響を調査するため、ペースト試料を無色透明の容量 16.8mL, 高さ 17.7 mm (1 ウェル) のポリスチレン製容器 (Falcon マルチプルウェルプレート 3516, Corning Incorporated's) に充填後、蓋をした上から分光測色計 CM-2002 (コニカミノルタセンシング (株)) で、明度を評価する L\*値及び黄色程度を評価する b\*値を測定した。

貯蔵温度の違いが生いもにおける塊根先端部の腐敗に及ぼす影響を調査するため、貯蔵開始 64 日後に腐敗程度を 4 段階で評価するとともに、腐敗指数を算出した。調査は 1 区 30 個体で実施し、“腐敗なし”は 0, “先端部が僅かに腐敗 (商品性に問題なし)”は 1, “先端部が 5cm 未満の腐敗 (調製後に下位等級で出荷可能)”は 2, “先端部が 5cm 以上の腐敗 (出荷不可)”は 3 とし、次式から腐敗指数を算出した。

$$\text{腐敗指数} = \Sigma(\text{腐敗程度} \times \text{発生個体数}) / (\text{調査個体数} \times 3) \times 100$$

## 2. 貯蔵期間と貯蔵温度の組み合わせが焼きいもの成分に及ぼす影響 (試験 2)

供試品種は「べにはるか」とし、栽培特性に精通した成田市の農家圃場で慣行法に準じて栽培した。苗の植え付けは 2013 年 5 月 15 日、収穫は 9 月 21 日 (生育日数 129 日) とした。収穫したサツマイモから 250~500g の個体を選び出し、サツマイモの呼吸熱による昇温を抑制する目的で、収穫後直ちにプラスチックコンテナ (内寸 385×335×295 mm) に被覆せずに土付きの状態で収納し、室温で 3 日間保管した。室温による保管終了後、試験 1 と同様の方法で包装し、サンプリングまでの期間を 11°C 及び 13°C に設定したプレハブ冷蔵庫内で保管した。プレハブ冷蔵庫で貯蔵開始から 2 週間後、4 週間後及び 8 週間後に、試験 1 と同様の方法でサツマイモを焼き調理し、サンプリングを実施した。併せて、貯蔵終了時に塊根先端部の腐敗発生程度を調査した。サンプリング方法、成分分析項目及び分析方法、焼きいもの色調、生いもにおける塊根先端部の腐敗発生程度の調査は試験 1 と同様とした。

## III 結 果

### 1. 収穫後2か月間の貯蔵温度が生いも及び焼きいもの成分並びに塊根先端部の腐敗に及ぼす影響 (試験1)

貯蔵開始64日後における生いもの遊離糖含量、水分含量及びデンプン含量（第1表）をみると、収穫7日後における生いもの3糖総量は、2.4g/100gFWで、糖組成の約9割はスクロースであった。水分含量は60.7g/100gFWで、デンプン含量は30.4g/100gFWであった。

各温度での貯蔵を開始してから64日後における生いもの3糖総量は、貯蔵温度が低いほど多く、貯蔵温度11℃区は、貯蔵温度15℃区及び17℃区と2試験区と有意差が認められた。水分含量及びデンプン含量は貯蔵温度による差がなかった。

焼きいもの甘味に関連する成分についてみると、3糖総量は貯蔵温度が低いほど高い傾向がみられ、生いもの含有量と概ね一致し、貯蔵温度11℃区及び13℃区がそれぞれ貯

蔵温度17℃区との間に有意差が認められた（第2表）。加熱調理により生成されるマルトースの含量は、21.1～23.0g/100gFW と他の遊離糖と比べ多かったが、貯蔵温度の違いによる差はなかった。3糖総量にマルトースを加えた4糖総量は、貯蔵温度11℃区が17℃区に比べて多かった。遊離糖含量に各糖の甘味比を乗じた値の総和とした甘味度は、貯蔵温度が低いほど高い傾向がみられ、貯蔵温度11℃区及び13℃区の2試験区が貯蔵温度17℃区との間に有意差が認められた。焼きいもの肉質に関連する成分では、水分含量及びデンプン含量は貯蔵温度による有意差が明らかではなかったが、肉質との関連性が最も高いとされる乾物中のデンプン含有率（安藤ら、2018）は、貯蔵温度11℃において有意に低かった（第3表）。焼きいもペーストの色調に

第1表 貯蔵温度が貯蔵開始64日後における生いもの遊離糖含量、デンプン含量及び水分含量に及ぼす影響

調査時期	貯蔵温度	遊離糖含量 (g/100 gFW)				水分含量 (g/100gFW)	デンプン含量 (g/100gFW)
		スクロース	グルコース	フルクトース	3糖総量		
収穫7日後	-	2.2	0.1	0.1	2.4	60.7	30.4
	11℃	5.1 a	0.3	0.5	5.9 a	61.6	27.9
貯蔵開始	13℃	4.3 b	0.3	0.5	5.1 ab	61.1	28.5
64日後	15℃	3.9 bc	0.4	0.5	4.8 bc	61.6	28.1
	17℃	3.6 c	0.3	0.4	4.3 c	61.4	28.8
分散分析		**	ns	ns	**	ns	ns

注1) 3糖総量は、スクロース、フルクトース、グルコースの総量とした。

2) 分散分析において、\*\*は1%水準で有意差あり、nsは有意差なし(n=3)。

3) 貯蔵開始64日後の4試験区間で異なるアルファベット間にはTukey-Kramer法によりの5%水準で有意差あり。

第2表 貯蔵温度が貯蔵開始64日後における焼きいもの甘味に関連する成分に及ぼす影響

貯蔵温度	糖度 (°Brix)	遊離糖含量 (g/100 gFW)				3糖総量	4糖総量	甘味度
		スクロース	グルコース	フルクトース	マルトース			
11℃	36.9 a	5.7 a	0.3	0.3	23.0	6.3 a	30.4 a	14.1 a
13℃	35.2 ab	5.0 ab	0.4	0.4	21.4	5.9 a	28.3 ab	13.2 a
15℃	36.7 a	4.5 bc	0.4	0.4	22.4	5.4 ab	29.0 ab	13.0 ab
17℃	30.4 b	4.0 c	0.3	0.3	21.1	4.6 b	26.9 b	11.9 b
分散分析	*	**	ns	ns	ns	**	*	**

注1) 3糖総量はスクロース、グルコース、フルクトースの合計値、4糖総量は3糖総量にマルトースを加えた値。

2) 甘味度=スクロース含量×グルコース含量×0.55+フルクトース含量+マルトース含量×0.35

3) 分散分析において、\*\*は1%水準、\*は5%水準で有意差あり、nsは有意差なし(n=3)。

4) 同一品種の異なるアルファベット間にはTukey-Kramer法により5%水準で有意差あり(n=3)。

第3表 貯蔵温度が貯蔵開始64日後における焼きいもの肉質に関連する成分に及ぼす影響

貯蔵温度	水分含量 (g/100 gFW)	デンプン含量 (g/100 gFW)	乾物中のデンプン含有率 (%)
11℃	58.7	10.2	24.7 b
13℃	61.0	12.1	30.9 a
15℃	58.9	11.5	28.0 ab
17℃	61.2	12.0	30.8 a
分散分析	ns	ns	**

注1) 分散分析において、\*\*は1%水準で有意差あり、nsは有意差なし(n=3)。

2) 同一品種の異なるアルファベット間にはTukey-Kramer法により5%水準で有意差あり(n=3)。

ついて、明度を表すL\*値は、貯蔵温度が上昇するにしたがって高くなり、貯蔵温度11℃区は17℃区に比べて暗い色調となったが、13℃区及び15℃区との間にそれぞれ有意差は認められなかった（第1図）。黄色の程度を表すb\*値は、貯蔵温度17℃区で最も高く、13℃区及び15℃区との間にそれぞれ有意差が認められた（第2図）。

塊根先端部の腐敗率は、貯蔵温度が最も低い11℃区は10%、他の試験区は0%であったが、貯蔵温度11℃区で発生した腐敗程度はいずれも1であり、商品性に影響を及ぼす腐敗は発生しなかった（第4表）。

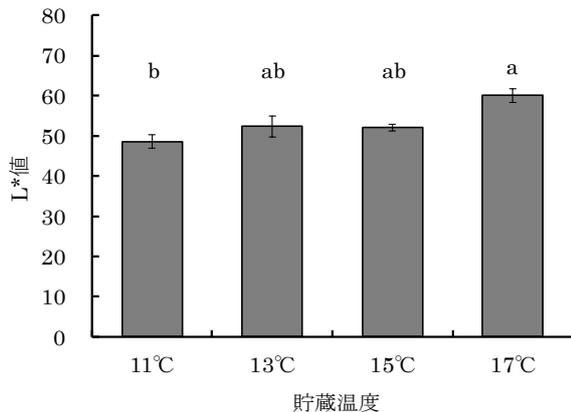
第4表 貯蔵温度が貯蔵開始64日後における塊根先端部の腐敗に及ぼす影響

貯蔵温度	腐敗発生率 (%)	腐敗程度別割合				腐敗指数
		0	1	2	3	
11℃	10	90	10	0	0	3
13℃	0	100	0	0	0	0
15℃	0	100	0	0	0	0
17℃	0	100	0	0	0	0
有意性	ns	—	—	—	—	—

注1) 塊根先端部の腐敗程度は、“腐敗なし”は0, “先端部が僅かに腐敗(商品性に問題なし)”は1, “先端部が5cm未満の腐敗(調製後に下位等級で出荷可能)”は2, “先端部が5cm以上の腐敗(出荷不可)”は3とした。

2) 腐敗指数 =  $\Sigma(\text{腐敗程度} \times \text{発生個体数}) / (\text{調査個体数} \times 3) \times 100$

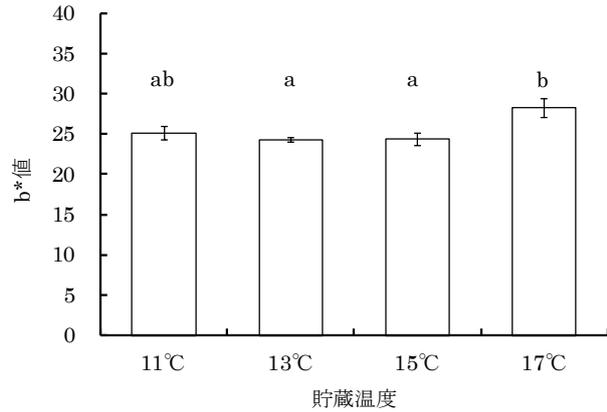
3) 腐敗発生率について, nsはFisherの正確確率検定(両側)により有意差なし(n=30), —は検定未実施。



第1図 貯蔵温度が貯蔵開始64日後の焼きいもペーストの色調(L\*値)に及ぼす影響

注1) L\*値は明度を表し, 高い値ほど明るい色となる。

2) 異なるアルファベット間にはTukey-Kramer法により5%水準で有意差あり(n=3)。



第2図 貯蔵温度が貯蔵開始64日後の焼きいもペーストの色調(b\*値)に及ぼす影響

注1) b\*値は黄色の程度を表し, 高い値ほど黄色味が強い。

2) 異なるアルファベット間にはTukey-Kramer法により5%水準で有意差あり(n=3)。

## 2. 貯蔵期間と貯蔵温度の組み合わせが焼きいもの成分に及ぼす影響(試験2)

貯蔵期間と貯蔵温度の組み合わせが焼きいもの甘味に関連する成分との関係を第5表に示した。分散分析では, 貯蔵期間に関して, 加熱調理時に生成されるマルトース含量を除いて全ての成分で有意差が認められ, 貯蔵温度に関して, 糖度, マルトース含量及び4糖総量を除いた成分で有意差が認められた。また, スクロース含量, グルコース含量, フルクトース含量及び甘味度では貯蔵期間と貯蔵温度の相互作用が認められた。貯蔵温度の違いが成分に及ぼす影響についてそれぞれの貯蔵期間でみると, 糖度はいずれの貯蔵期間とも差は認められなかった。スクロース含量は全ての貯蔵期間で貯蔵温度11℃区が13℃区に比べて多かったが, スクロース, グルコース及びフルクトースの合計値である3糖総量は, 貯蔵期間で有意差が認められ, 4週間及び8週間が多く, それぞれにおいて貯蔵温度11℃区が多かった。一方で, 貯蔵期間2週間では貯蔵温度による3糖総量の差は認められなかった。マルトース含量及び4糖総量は全ての貯蔵期間で差がなかったが, 甘味度は3糖総量に差があった貯蔵期間4週間及び8週間で有意差が認め

られ, 貯蔵温度11℃区が高かった。また, 貯蔵期間4週間・貯蔵温度11℃区, 貯蔵期間8週間・貯蔵温度11℃区, 貯蔵期間8週間・貯蔵温度13℃区の3試験区で, 「べにはるか」の甘味度の基準値とされる甘味度10(千葉県・千葉県農林技術会議, 2015)を超えていた。

次に, 貯蔵期間と貯蔵温度の組み合わせが焼きいもの肉質に関連する成分との関係を第6表に示した。分散分析では, 貯蔵期間に関してデンプン含量及び乾物中のデンプン含有率で有意差が認められたが, 貯蔵温度に関していずれの成分も有意差が認められなかった。それぞれの貯蔵期間で貯蔵温度の違いが成分に及ぼす影響についてみると, 水分含量はいずれの貯蔵期間とも差は認められなかった。デンプン含量は貯蔵期間4週間では, 貯蔵温度13℃区が11℃区に比べて多かった。しかし, 肉質との関連性が最も高いとされる乾物中のデンプン含有率は, いずれの貯蔵期間においても有意差はなかった。焼きいもペーストの色調はL\*値及びb\*値ともに, いずれの貯蔵期間においても貯蔵温度による差は認められなかった(第3図, 第4図)。塊根先端部の腐敗は, 全ての試験区で発生しなかった(データ略)。

第5表 貯蔵期間と貯蔵温度の組み合わせが焼きいもの甘味に関連する成分に及ぼす影響

貯蔵期間	貯蔵温度	糖度 (° Brix)	遊離糖含量 (g/100 gFW)						甘味度
			スクロース	グルコース	フルクトース	マルトース	3糖総量	4糖総量	
2週間	11°C	25.6	3.4 *	0.1 ns	0.1 ns	16.2 ns	3.6 ns	19.8 ns	9.2 ns
	13°C	25.9 ns	3.2	0.1 ns	0.1 ns	17.5 ns	3.4 ns	20.9 ns	9.5 ns
4週間	11°C	26.7 ns	4.2 *	0.1 ns	0.1 ns	17.7 ns	4.4 *	22.1 ns	10.5 *
	13°C	25.6 ns	3.7	0.1 ns	0.1 ns	16.9 ns	3.9	20.8 ns	9.7
8週間	11°C	29.9 ns	5.8 *	0.2 **	0.1 **	17.2 ns	6.1 *	23.2 ns	12.0 *
	13°C	28.6 ns	4.6	0.3	0.3	16.6 ns	5.2	21.8 ns	10.9
分散分析									
貯蔵期間		*	**	**	**	ns	**	*	**
貯蔵温度		ns	**	*	**	ns	**	ns	**
貯蔵温度×貯蔵期間		ns	*	**	**	ns	ns	ns	*

注1) 3糖総量はスクロース、グルコース、フルクトースの合計値、4糖総量は3糖総量にマルトースを加えた値。

2) 甘味度=スクロース含量×グルコース含量×0.55+フルクトース含量+マルトース含量×0.35

3) 分散分析において、\*\*は1%水準、\*は5%水準で有意差あり、nsは有意差なし(n=3)。

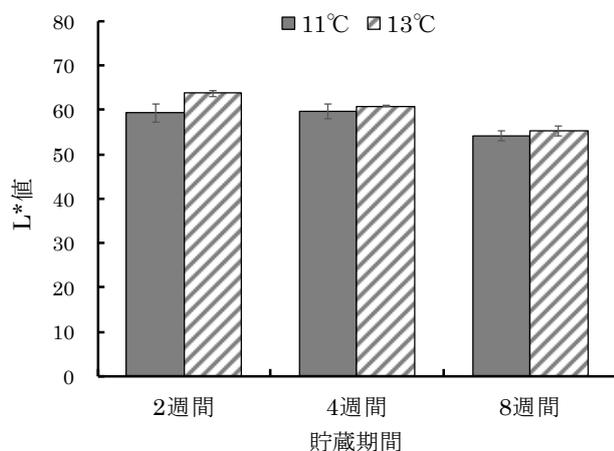
4) 同一貯蔵期間の2試験区でt検定により、\*\*は1%水準、\*は5%水準で有意差あり、nsは有意差なし(n=3)。

第6表 貯蔵期間と貯蔵温度の組み合わせが焼きいもの肉質に関連する成分に及ぼす影響

貯蔵期間	貯蔵温度	水分含量 (g/100 gFW)	デンプン含量 (g/100 gFW)	乾物中の デンプン含有率 (%)
2週間	11°C	63.5	13.1	35.9
	13°C	63.2 ns	13.7 ns	37.2 ns
4週間	11°C	63.5	12.3 *	33.9
	13°C	63.2 ns	12.7	34.6 ns
8週間	11°C	65.0	10.9 ns	31.3
	13°C	65.4 ns	10.7	30.8
分散分析				
貯蔵期間		ns	**	**
貯蔵温度		ns	ns	ns
貯蔵期間×貯蔵温度		ns	ns	ns

注1) 分散分析において、\*\*は1%水準、nsは有意差なし(n=3)。

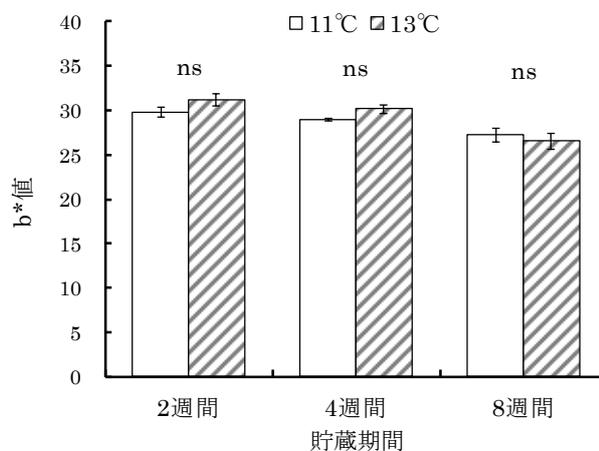
2) 同一貯蔵期間の2試験区でt検定により、\*\*は1%水準、\*は5%水準で有意差あり、nsは有意差なし(n=3)。



第3図 貯蔵期間及び貯蔵温度の組み合わせが焼きいもペーストの色調 (L\*値) に及ぼす影響

注1) L\*値は明度を表し、高い値ほど明るい色となる。

2) t検定により、nsは同一貯蔵期間の貯蔵温度間に有意差なし。



第4図 貯蔵期間及び貯蔵温度の組み合わせが焼きいもペーストの色調 (b\*値) に及ぼす影響

注1) b\*値は黄色の程度を表し、高い値ほど黄色味が強い。

2) t検定により、nsは同一貯蔵期間の貯蔵温度間に有意差なし。

## IV 考 察

### 1. 収穫後2か月間の貯蔵温度が生いも及び焼きいもの成分並びに塊根先端部の腐敗に及ぼす影響 (試験1)

長期貯蔵を前提としたサツマイモの好適貯蔵温度は、13～16℃であり、8℃以下で低温障害が発生し、9℃以下の低温で長く置くと腐敗しやすい (Ohashi and Uritani, 1972; 千葉県・千葉県農林技術会議, 2015)。一方で、好適貯蔵温度よりも低い温度で貯蔵することで塊根中のデンプンの糖化が促進可能であることが報告されている (中谷ら, 1991; 吉永, 1999; 増田, 2007)。しかし、「高系14号」を5℃で短期貯蔵した試験において、2週間貯蔵した吉永ら (1999) の報告では果肉の黒変が顕著であり、5℃で20日間貯蔵した増田ら (2007) の報告では腐敗の発生が顕著であったことから、短期間の貯蔵であっても低温障害発生の恐れがある温度帯で糖化促進させることは現実的でないと考えられた。本試験においては、極端な低温による貯蔵を避けて、サツマイモの好適貯蔵温度よりやや低い11℃、好適貯蔵温度とされる13℃及び15℃、好適貯蔵温度よりやや高い17℃と、現実的な4温度帯による比較を行った。11℃区は糖化促進が進み、甘味の指標として甘味の食味官能値と相関が高いとされる甘味度 (安藤ら, 2018) が高かった。この結果は、「紅赤」の貯蔵温度を11℃、13℃及び15℃の3温度帯の比較で、貯蔵温度が低いほど貯蔵開始2か月後のスクロース含量は多かったとする報告 (宮崎, 1991) や、「高系14号」を10℃で20日間貯蔵することで、13℃で貯蔵する場合に比べて蒸しいもの3糖含量が増加し甘味度が高まったとする報告 (増田ら, 2007) と一致した。よって、11℃前後で貯蔵することによる糖化促進効果は、「べにはるか」に対しても適用可能な技術であることが明らかとなった。

一方、肉質の指標である乾物中のデンプン含有率は、貯蔵温度11℃区が最も低かった。焼きいもにおける乾物中のデンプン含有率は、肉質の食味官能値との相関が高く、値が小さいほど肉質が粘質であることを示す (安藤ら, 2018)。中村ら (2017) は、生いもを加熱調理するとマルトース生成量に相当するデンプンが減少することを明らかにしており、 $\beta$ -アミラーゼ活性が高くマルトース生成量が多い「べにはるか」の肉質は、貯蔵によるデンプンの分解の影響に加え、加熱調理に伴うデンプンの分解の影響を強く受ける (安藤ら, 2018) ことが知られている。本研究において「べにはるか」のマルトース含量は21.1～23.0g/100gFWと貯蔵温度によって差はなかったものの、粉質系品種「ベニアズマ」の平均的な測定値と比較すると約1.5倍と多かったことから (未発表)、デンプンから遊離糖への糖化が最

も進んだ貯蔵温度11℃区における乾物中のデンプン含有率は、他の貯蔵温度区に比べて有意に低下したものと考えられる。

蒸しいもの色調は低温障害によって黒変する (中谷ら, 1991) が、本研究においては「べにはるか」の焼きいもペーストのL\*値は貯蔵温度11℃区で最も低く、やや暗めの色調であった。しかし、貯蔵温度11℃区のL\*値は、好適貯蔵温度である13℃区及び15℃区とは有意差はなく、実用上問題がないレベルと考えられた。

貯蔵温度と塊根の腐敗との関係について、増田ら (2007) は「高系14号」の糖化促進を目的とした20日間の貯蔵では、好適貯蔵温度よりやや低い10℃では腐敗は発生しなかったことを報告している。本研究における貯蔵期間は2か月間と増田ら (2007) の報告に比べて長かったが、好適貯蔵温度よりやや低い貯蔵温度11℃区でも商品性を損なう腐敗は発生しなかった。千葉県における慣行品種の「ベニアズマ」の貯蔵性は「やや難」であるのに対し、「べにはるか」の貯蔵性は「高系14号」と同様「やや容易」に分類されていることから (千葉県・千葉県農林技術会議, 2015)、本研究における結果はサツマイモの貯蔵性に関するこれまでの知見と一致した。以上から、「べにはるか」の食味向上を目指した収穫2か月間の貯蔵温度は11℃が適していることが明らかとなった。

### 2. 貯蔵期間と貯蔵温度の組み合わせが焼きいもの成分に及ぼす影響 (試験2)

サツマイモ産地の指導機関担当者 (農業事務所普及指導員, JA営農指導員等) は、「べにはるか」を普及させるための試験展示圃の収穫物を対象とした食味調査を実施した結果、「べにはるか」の甘味を保証する最低基準を甘味度10に設定した (千葉県・千葉県農林技術会議, 2015)。

試験1で糖化促進効果が高かった貯蔵温度11℃及び13℃について、貯蔵期間ごとの甘味度は、貯蔵期間2週間では有意差が認められなかったが、貯蔵期間4週間及び8週間において貯蔵温度11℃区が高かった。増田ら (2007) は、「高系14号」を供試して貯蔵温度10℃及び13℃として貯蔵期間と甘味度との関係を調査したところ、甘味度は貯蔵期間10日間では有意差がなかったが、貯蔵期間20日間では貯蔵温度10℃で高くなったことを報告している。本研究において、焼きいもの甘味度10を達成するためには、いずれの貯蔵温度でも2週間では貯蔵期間は不十分で、貯蔵温度を11℃として4週間の貯蔵期間で到達した。貯蔵温度を11℃とすることは、試験1と同様に糖化促進には有効であったが、貯蔵期間が短いと十分な効果が得られないことが示唆された。したがって、甘味を保証する「べにはるか」を出荷するためには、収穫後最低でも約1か月程度は11℃で貯蔵することが必要であることが明らかとなった。

一方で、肉質の指標となる焼きいものデンプン含量及び乾物中のデンプン含有率は、貯蔵期間では有意差は認められたが、貯蔵温度では有意差が認められなかった。

加熱調理後のデンプン含量は、マルトース生成量に大きく影響する（中村ら，2017）が、「べにはるか」のマルトース生成量は、試験2では試験1に比べて少なかったことが貯蔵温度による肉質の差が現れなかった一因と推察された。マルトース生成量を左右する $\beta$ -アミラーゼ活性は、塊根中の窒素含有率が高いほど高くなる（久米ら，2010）ことや、 $\beta$ -アミラーゼが作用する前段階として必要なデンプンの糊化温度は、栽培期間中の気温の影響を受けること（中村ら，2014）が知られている。本研究では、塊根中の窒素含有率、 $\beta$ -アミラーゼ活性及びデンプンの糊化温度を調査していないため詳細な解析はできないが、収穫後1~2か月程度の短期間で「べにはるか」の焼きいもの肉質を安定的に粘質化させるには、貯蔵方法に加えて栽培方法を組み合わせる技術確立が必要であることが示唆された。

2つの試験から、「べにはるか」の食味向上を目的とした短期貯蔵における貯蔵温度は11°Cが有効であることが明らかとなった。11°Cで1か月間以上の貯蔵は、焼きいもの甘味の指標である甘味度を目標値である10に到達させることが可能で、短期間における糖化促進技術として農業者及び産地が活用できるものと考えられた。一方、甘味に比べて肉質は、貯蔵期間が1~2か月間では、貯蔵温度による差が現れにくいことが明らかとなった。収穫後約2か月以内において、「べにはるか」の特長である強い甘味と粘質な肉質の両方を実現するためには、貯蔵技術に加えて食味を重視した栽培技術等の確立が必要であると考えられた。

## V 摘 要

サツマイモ「べにはるか」の短期間の貯蔵による糖化促進効果を明らかにするため、2か月以内の短期貯蔵における貯蔵温度及び貯蔵期間が焼きいもの食味関連成分に及ぼす影響を明らかにした。

1. 収穫後約2か月間の貯蔵温度について11°C~17°Cの温度帯を比較したところ、貯蔵温度を11°Cとすることで、商品性を低下させる腐敗を発生させることなく、甘味の指標である甘味度を高めて、肉質の指標である乾物中のデンプン含有率を低下させることができた。
2. 貯蔵温度を11°C及び13°Cとして、貯蔵期間を2週間、4週間及び8週間として比較したところ、貯蔵温度11°Cで4週間貯蔵することで、焼きいもの甘味の指標である甘味度は目標値である10に到達した。肉質の指標である乾物

中のデンプン含有率は、いずれの貯蔵期間でも貯蔵温度に関して有意差が認められなかった。

## VI 引用文献

- 安藤利夫・家壽多正樹・日坂弘行（2018）．焼きいもの食味が異なるサツマイモ6品種の遊離糖およびデンプン含量に対する貯蔵期間の影響ならびにこれら成分値による甘味、肉質の数値化．園学研．17:449-457.
- 千葉県（2018）．千葉の園芸と農産．pp.63-66.
- 千葉県・千葉県農林水産技術会議（2015）．新品種活用による産地育成を目指したサツマイモの高品質生産技術・販売促進支援の手引き．36pp.
- 久米隆志・池田健一郎・松崎哲士・柏木伸哉（2010）．青果用サツマイモ「ベニサツマ」の食味に関する要因の解明．鹿児島農総研報（耕種）．4:23-31.
- 増田大祐・福岡信之・後藤秀幸・加納恭卓（2007）．収穫後のサツマイモへの低温処理が糖含量ならびに貯蔵性に及ぼす影響．園学雑．6:597-601.
- 宮崎丈史・新堀二千男（1991）．サツマイモ‘紅赤’および‘ベニアズマ’の品質変化に及ぼす貯蔵条件の影響．千葉農試研報．32:73-80.
- 中村善行・増田亮一・藏之内利和・片山健二（2017）．蒸したサツマイモの肉質と未糖化残存デンプンに及ぼす $\beta$ -アミラーゼ活性の影響．食科工誌．64:59-65
- 中村善行・高田明子・藏之内利和・片山健二（2014）．サツマイモを蒸した際のマルトース生成に及ぼす塊根の $\beta$ -アミラーゼ活性およびデンプン糊化温度の影響．食科工誌．61:577-585.
- 中谷 誠・古明地通孝（1991）．カンショ塊根の貯蔵中における低温処理が炭水化物組成に及ぼす影響．NARC研究速報．8:13-19.
- Ohashi,H.and I.Uritani（1972）．The mechanism of chilling injury in sweet potato IX. The relation of chilling to changes in mitochondrial respiratory activities. *Plant Cell Physiol.* 13:1065-1073.
- 高畑康浩・野田高弘・永田忠博（1993）．カンショ塊根遊離糖類組成の地域間比較および遊離糖類組成と食味との関連．九州農研．55:43.
- 吉永 優（2014）焼きいも事典．pp.87-105．一般財団法人いも類振興会．東京．
- 吉永 優・山川 理（1992）．かんしょ蒸しいもにおけるBrixの測定法．九州農研．54:49.
- 吉永 優・山川 理・中谷 誠（1999）．収穫後の低温処理による食用カンショの品質向上．九農研．

## Effect of Internal Temperature during Short-Term Storage within About 2 Months after Harvest on Sweetness and Texture of the Baked Sweet Potato Cultivar 'Beniharuka'

Toshio ANDO, Masaki YASUDA

Key words: sweet potato, short-term storage, 'Beniharuka,' sweetness, texture

### Summary

To clarify the effect of promoting glycation by short-term storage of the sweet potato cultivar 'Beniharuka,' we investigated the influence of storage temperature and storage period during short-term storage within 2 months after harvesting on the respective amounts of components related to the taste of baked sweet potatoes.

1. We investigated the effect of storage temperatures of 11, 13, 15 and 17 °C for 2 months after harvesting 'Beniharuka' on its sweetness and texture when baked. The optimal storage temperature was 11 °C, which increased the sweetness index (SI), and reduced the texture index (TI), a measure of the starch content of dry matter.
2. We investigated the effect of storage periods of 2, 4 and 8 weeks, after harvesting 'Beniharuka' when stored at 11 or 13 °C on the sweetness and texture when baked. The SI reached the target value of 10 after storage for 4 weeks at 11 °C. The period of storage at 11 or 13 °C did not result in any difference in TI.