

甘しょの貯蔵性向上のための高温処理条件

誌名	鹿児島県農業試験場研究報告
ISSN	03888215
著者	田之上, 隼雄 下園, かおり 前屋, 義孝
巻/号	17号
掲載ページ	p. 59-69
発行年月	1989年3月

甘しょの貯蔵性向上のための高温処理条件

田之上隼雄・下蘭かおり・前屋義孝*

Studies on the Heated Moist Air Treatment for Reducing Decay of sweet potato during Storage.

Hayao TANOUE, Kaori SHIMOZONO and Yoshitaka MAEYA*

結 言

甘しょの貯蔵性を向上させる手段としては従来から、キュアリング処理があり、高系14号を代表とする青果用甘しょの貯蔵に実用化されている。青果用甘しょは土壤消毒などゆきとどいた管理のもとで健全なもづくりがなされており、貯蔵による周年出荷が可能となっている。

しかし近年、自然食志向、健康食志向のなかで甘しょの需要は青果だけでなく加工食品へのウエイトが高まりつつある。加工食品原料としては原料単価の安いこと、品種は加工に適した品質を有することが必須条件である。そのため現在加工原料として最も多く使われているコガネセンガンの例にみられるように、でん粉原料用品種が加工原料として貯蔵の対象になる場合もある。

そのため、加工原料用甘しょの貯蔵にあたってキュアリング処理で対応しえない事例が聞かれるようになってきている。

宮川らは¹⁾黒斑病に感染したいもは従来のキュアリング処理では貯蔵中その発生を抑制することができないが、36℃でキュアリングすることで発生防止が可能と報告している。

さらに、Kushmanら²⁾はBlack rotの発生を41~43℃で24時間処理することによって抑制できると報告している。このことは病原菌に汚染されたいもでも貯蔵前に、これらの発生を抑制する条件を与えるならば貯蔵性が向上することを示しており、病理的に不均一な原料が対象とならざるを得ない加工用甘しょの貯蔵法として注目できる。

著者らは以上の見解に立ち、貯蔵前に無菌的ないもにする前処理法として高温処理に目を向け、その適的な条件についての検討を行った。

I 材料および方法

1 材 料

甘しょの収穫はおおむね11月上旬とし、収穫はでん粉原料と同じようにつる切、掘り起こしを機械作業で、そ

の後には人手によった。掘りとったいもはキャリア(20kg)に入れ、当試験場までトラック輸送した。供試するにあたり傷いも、病いもを選別除去し、原則として掘取後2日目に前処理を行った。品種はでん粉原料用に選定された農林2号(N-2)、ミナミュタカ(M.Y)を含めて、現在の加工用、青果用奨励品種を対象とした。

2 貯蔵条件

貯蔵は常温室と10℃、13℃、15℃の恒温室で行った。常温室は10cm厚の発泡ウレタンで断熱されており、次のように管理した。11月中はファンによって暖かい外気(12:00~14:00)を庫内に導入し、換気を図った。12月~3月までは貯蔵庫を密閉して保温し、3月中旬以降外気が高まる頃、深夜から早朝(0:00~6:00)にかけ冷たい外気を庫内に導入した。貯蔵期間中(11月~6月)の庫内温度は1日の最高、最低温度を記録した1980年の例でみると最高温度15~25℃(外気温の最高温度10~28℃)、最低温度12~23℃(外気温の最低温度-5℃~22℃)であった。

恒温室では通風による乾燥および冷気との直接の接触を避けるためキャリアを積み重ねてできたブロックをフィルムシート(0.02mm厚)で被覆した。

3 前 処 理

(1) キュアリング処理

ヒーターを内蔵した貯蔵庫(2.7m×1.8m×2.1m)を時々散水しながら32℃に昇温させておき、庫内容積の約1/3量に相当するいもを収納した。処理中、時々散水し、32℃に1週間保管した後、出庫、放熱して貯蔵庫に移した。

(2) 高温処理

昭和55年、56年、57年の試験においては上記キュアリング処理と同じ処理庫を用い、処理温度を40~45℃にセットした。58年以降の試験においてはヒートポンプを備えた差圧式キュアリング貯蔵庫(三菱重工業製、2.6m×4.0m×2.8m)を用いた。従来の強制通風式のキュアリング処理に比べ、差圧式キュアリングでは中心品温が処

*現職カーギル・ノースエイジャ勤務

理温度に達するまでの時間が約12時間短縮され、積み場所による温度差も少ないといった利点が認められた。

4 品質評価

(1) 外観観察

特に病斑の発生状態の観察に留意し、次のように区分した。

- 微……いもの先端部にわずかに腐敗部がみられる。
- 軽……いもの先端部の腐敗が1cm程度に拡大するが先端部を切除すると加工原料として使用可能。
- 甚……いもの先端部の腐敗だけでなく腹部にも発生し、1cm以上となる。加工原料としては不適当。

(2) コルク層観察

コルク層の観察は剥皮部分と菌接種部で実施した。凍結マイクロームで30~40 μ mの切片を採り時計皿に入れた。染色液(スーダンIII0.1g, メモルグリーン0.1g, 95%エタノール50cc, グリセリン50cc) 1ccを加え、沸とうさせた湯せん上で5分間加熱した。染色された切片はグリセリン液中に投じ、余剰色素を洗い流した後検鏡し、赤色に染まる細胞層をコルク層として数えた。

(3) 呼吸量

2.3 ℓ の密閉可能な容器(10cm \times 15cm \times 8cm)にいも4個を入れ、2時間後の容器内のCO₂濃度からいも100gが1時間に発生したCO₂量を求めて呼吸量(CO₂cc/100g \cdot 1hr)とした。CO₂の測定にはガスクロマトグラフ(島津GC-4A)を用いた⁹⁾。

(4) でん粉, 糖

いも5個分をたて割にして、その一部を細断した。細断物5gを80%アルコールとともに煮沸した後、ホモゲナイズして、80%アルコールによって可溶性糖を抽出した。抽出残渣は常法⁹⁾によって加水分解し、でん粉価を求めた。抽出液は一定量とした後、その一部をとり、内部標準糖としてキシリトール2mgを加えて減圧濃縮した。少量の炭酸カルシウムを加え、フィルターセルで清澄化したろ液を50℃で乾固し、ピリジン1mlを加えて糖を溶かし、HMDSとTFAを加えて誘導体としてからガスクロマトグラフ(島津GC-7A)で分別定量した⁹⁾。

(5) α -、 β -アミラーゼ活性

ア β -アミラーゼ⁹⁾

いも5個をたて割にして一部を家庭用ジューサーで搾汁した。搾汁液を遠心分離(10,000rpm \times 10min)し、上澄液を水で1,000~2,000倍に希釈して酵素液とした。基質0.9ml(可溶性でん粉50mgを含む)に1M酢酸緩衝液0.1ml(pH4.8)を加え、37℃に5分間保持した後、酵素液1.0mlを加えて10分間反応させた。反応液0.5mlを1mlのDNS

試薬中に加え、沸とう水中で5分間加熱してマルトース量を求めた。37℃1分で1 μ molのマルトースを生成する酵素量を1UNITとして搾汁液1ccあたりの活性を求めた。

イ α -アミラーゼ⁹⁾

上記搾汁液をイオン交換水に対して透析し、水で30倍に希釈して酵素液とした。Hydroxypropylated corn starchの β -limit dextrin0.5%液0.4mlに酵素液0.1mlを加え、37℃で10分間反応させた後、ソモジー試薬1mlを加え、マルトース量を求めた。37℃1分間に1 μ molのマルトースを生成する酵素量を1UNITとし、搾汁液1ccあたりの活性を求めた。

(6) テクスチャー

1区につき、いも8個を半割とし40分蒸煮した。熱いうちに20メッシュのふるいで裏ごしし、充分冷却してからアクリル製皿(5.5cm ϕ \times 2.7cm)に詰め、レオナー(山電RE-3305)を用い、1.6cm ϕ の柱状プランジャーを通して100gの一定荷重をかけ、変形量を自記記録した。記録紙上の1分後の変形量を読みとり、硬さとした。

(7) 色調

生いもの表皮部、切断面、および蒸煮芋の可食部を裏ごししたマッシュについて、ハンター値(L, a, b)を求めた。測定にはカラーメーター(東京電色TC-1)を用い、一区につき5検体を測った。

II 結果および考察

1 貯蔵におよぼす要因把握

表1に昭和55年から57年にわたり前処理条件についての予備的な試験を実施した結果を示した。

昭和55年産は麦、甘しょの輪作が行なわれていたほ場(穎娃町)で栽培され、でん粉原料としての取扱いを受け、麻袋詰(37kg詰)で輸送し、貯蔵した。無処理区では貯蔵性の高いと言われる農林2号(以下N-2とする)でも6ヶ月貯蔵後に42%が腐敗し、貯蔵性の低いコガネセンガン(以下K \cdot Sとする)では70%に達した。キュアリング処理効果の認められた品種はK \cdot Sで、ミナミユタカ(以下M \cdot Yとする)にあたってはむしろ腐敗が助長された。これらのいもに対しての腐敗要因として麻袋による取扱いが考えられる。麻袋詰で取扱うと摩さつ衝撃による皮ムケが激しく、水洗い後いもが汚なく、加工適性を欠くことがわかった。貯蔵コストの低下のためにはバラ詰による大量貯蔵も考えられるが、バラ詰すると麻袋詰と同じ扱いになる恐れがあり、甘しょに適應できる貯蔵法としては否定的な見方ができる。従って昭

和56年以降の試験においてはキャリー詰（20kg入）として取扱うことにした。

表1 前処理条件と腐敗率

前 処 理	品 種			
	コガネセンガン	ミナミユタカ	農林2号	平均
S・55年産				
無 処 理	70	68	42	60
キュアリング	55	75	40	57
S・56年産				
無 処 理	60	36	※	48
キュアリング	25	40	※	33
温 水 処 理	25	15	※	20
殺菌剤処理	20	30	※	25
高温処理+ キュアリング	7	3		5
S・57年産				
無 処 理	10			
キュアリング	6			
高温処理+ キュアリング	1			

腐敗率=腐敗個体数/調査個体数×100

貯 蔵：常温室6ヶ月

昭和56年産も同じ麦-甘しょうの輪作の行なわれているほ場で、でん粉原料として栽培された。前回に比べ腐敗率が低くなっているのは、キャリー詰扱いとしたことが一因として考えられる。無処理に比べ、キュアリング処理の効果が認められるのはK・Sで、M・Yでは無処理より腐敗が多くなる傾向は前年度と一致している。温水処理は40℃の温水中に5分間浸漬した。キュアリング処理と同等かそれ以上の効果があった。また活性塩素として500ppmを含む鮮度保持剤（商品名ユニクロン）に2分間浸漬しても温水処理とほぼ同等の腐敗防止効果を認めた。高温処理+キュアリング区はいもを高温（40℃）高温の環境下に1日おいた後、キュアリング（30~32℃）を6日間行なった。どの品種に対しても腐敗率を著しく軽減させた。

昭和57年産は荒地であった畑にK・Sを栽培したもので、無処理区の腐敗も10%にとどまった。腐敗が少ないなかでもキュアリングの効果がみられ、さらに高温処理区では腐敗が観察されなかった。

以上表1の結果より腐敗要因を抽出するならば、収穫後の取扱いとは場の選択が重要になることが理解できる。加工用原料を対象とした場合、栽培するほ場の条件は決して一様ではないと考えた方がよく、その貯蔵を成功させるための前処理の意義は大きいとすることができる。

そこで今回は特に腐敗防止効果のみられた高温処理について検討した。

2 高温処理条件の把握

表2に高温処理とキュアリング処理を組み合わせる処理した時の腐敗率を示した。原料はほ場を異にする3種類のK・Sを供試した。Iは前作がダイコンで、収穫時の病いもはわずかであった。II、IIIは前作が麦で、収穫時の罹病率はIIが15.4%、IIIが21.8%に達した。いずれのK・Sもでん粉原料用に栽培され、Iは昭和58年10月25日、II、IIIは11月4日に収穫した。無処理いもでは、常温室2ヶ月貯蔵でIが25%、IIが64%、IIIが57%と高い腐敗率を示した。キュアリングはIとIIのいもに対しては効果がみられたが、収穫時罹病率の高かったIIIに対してはむしろ腐敗を助長する効果がみられた。

40℃処理することによって腐敗は急速に減少するが、40℃処理単独の処理1日区はIIIのいもに対しては不十分であり、1.5日処理で満足すべき効果が得られるようである。40℃処理後キュアリングを継続させるとさらに効果が高まる傾向にある。40℃処理した後キュアリングを2~3日続けることによって、甘しょうの前歴に関係なく腐敗防止が可能と言えるが、作業性を考慮した場合、40℃-1.5日処理が妥当な条件と判断される。

表2 高温処理条件と腐敗率

処 理 条 件	腐 敗 率 (%)			
	I	II	III	平均
無 処 理	25.0	63.7	57.0	48.6
キュアリング	6.2	17.9	86.0	36.7
40℃-1日	5.1	3.2	21.0	9.7
40℃-1日→キュアリング2日	3.0	3.8	0	2.2
40℃-1日→キュアリング3日	0	0	0	0
40℃-1日→キュアリング4日	3.8	0	0	1.2
40℃-1日→キュアリング5日	3.7	0	3.8	2.5
平 均	3.1	1.4	3.2	2.5
40℃-1.5日	1.0	1.7	9.3	4.0
40℃-1.5日→キュアリング2日	0	3.6	0	1.2
40℃-1.5日→キュアリング3日	4.0	8.5	0	4.2
40℃-1.5日→キュアリング4日	3.7	0	3.6	2.4
平 均	2.2	3.4	3.2	2.9
40℃-2.5日	9.1	4.0	7.1	6.7
40℃-2.5日→キュアリング1日	4.3	3.2	5.3	4.3
平 均	6.7	3.6	6.2	5.5

貯蔵：常温室2ヶ月貯蔵

実際の運用にあたっては、その産地で1日に集荷できるいもの量に応じた高温処理専用の施設をつくり、処理

済みのいもは貯蔵専用庫に移すシステムが想定される。高温処理庫を絶えず40℃にコントロールしておく、キュアリングのような、30℃～32℃に温度を上げ、1週間持続した後急速に放熱するシステムのエネルギーロスを軽減することが可能である。特に大型の貯蔵施設になると集荷に要する日数が長くなり、その間の品質低下は否めない。その意味でも1日の集荷分を直ちに処理に移せる専用庫が必要である。

3 接種いもに対する前処理の効果

病いもより腐敗部を採取し、それをホモゲナイズしたものを種菌として健全ないもの組織に長さ1mmと5mmの針を使って接種した時の接種部の発病率を表3に示した。

表3 接種いもの発病率

処理区	接種位置	
	1mm (コルク層)	5mm (コルク層)
無処理	66.2 (2層)	100 (-)
キュアリング	30.0 (2~3層)	100 (-)
40℃-1.5日	0 (4層)	0 (4~5層)

品種：コガネセンガン
貯蔵：常温室2ヶ月

形成層部(1mm)に接種した場合、無処理区は66%発病し、キュアリングによって1/2に減じた。接種部のコルク層は2~3層観察された。40℃-1.5日処理いもにおいてはほとんど発病することはなかった。

5mm深さに接種すると無処理、キュアリング区ともに100%が発病し、コルク層も観察されなかった。一方40℃-1.5日処理では発病がほぼ抑制され、コルク層は4~5層に達した。以上のことから、キュアリングと高温処理の作用の違いを次のように考える。

キュアリング処理は接種菌に対して静菌的(または殺菌)作用をおよぼすことがなく、接種菌の活動は処理後も活発である。生理的に活性の高い形成層ではコルク形成が菌の侵入に先行するため腐敗も進行しにくい、貯蔵組織(5mm)では菌の繁殖がコルク層形成に先行するので腐敗が100%に達する。一方40℃処理は接種菌に対して静菌的な作用をおよぼすため、菌の繁殖がなく、コルク層も傷部組織に正常に形成される。

表4 40℃付近の温度処理によるいもの腐敗防止効果

処理温度	品種名				平均
	コガネセンガン	高系14号	ベニアズマ	土佐紅	
無処理	31.3	0	10.3	2.0	10.9
38℃-6日	13.1	1.7	9.4	2.7	6.7
40℃-1.5日	6.0	0	6.7	0	3.1
42℃-1.5日	8.4	0	0	1.6	2.5

貯蔵：常温室5ヶ月貯蔵

4 40℃付近における処理温度の腐敗防止効果

40℃における腐敗防止効果が明らかになったため、さらに最適の温度条件を見出すため38~45℃における効果を比較し、その結果を表4に示した。

K・Sは前作がダイコンで、でん粉原料用に栽培されたものを昭和56年11月6日に収穫した(穎娃町産)。高系14号、土佐紅、ベニアズマは青果用に栽培され、昭和56年11月5日に収穫した(知覧町)。

貯蔵中の腐敗が多い品種はK・Sで、無処理では5ヶ月貯蔵後に31%が腐敗した。38℃で6日間高温下に処理すると13%に減少し、40℃処理でさらにその1/2の6%に減少した。42℃においても特に障害は観察されず、腐敗防止効果も40℃処理程度であった。45℃になると障害が現われ、表5に示すような結果を得た。

表5 45℃処理いもの変質

処理条件 - 貯蔵	変質いも (%)
45℃-1日→貯蔵1日目	1.3
〃 → 〃 5日目	5.5
45℃-1日→キュアリング1日目	8.2
〃 → 〃 5日目	3.6
45℃-1.5日	17.5
45℃-1.5日→貯蔵4日目	19.9
〃 → 〃 30日目	27.4
45℃-1.5日→キュアリング4日目	60.3

即ち処理時間が1.5日以上になると表皮がまだら状に褐色化し、そこを起点にして貯蔵中の腐敗が進行した。高温障害によって組織が死滅したためと推測される。

以上のことから、高温処理の温度域としては40~42℃とし、処理庫内の温度が局所的に異常に高くないよう留意することが重要なポイントと考える。

次に収穫時ほ場において発病していたいもの組織を種菌として健全ないものに接種し、38~42℃で処理した時の発病率を表6に示した。まず表皮部に接種したいものについてみると、無処理区が66~100%の発病率となるのに対して、38℃-6日処理では20~87%に減少した。38℃では腐敗防止効果はみられるものの充分でないと言える。

40~42℃1.5日処理で発病がほぼ抑えられた。

肉質部(5mm)に接種すると無処理ではほぼ100%が、38℃-6日処理でも20~90%が発病した。これに対して、40~42℃処理ではほとんど発病がみられなかった。

宮川は黒斑病に対しては36℃処理ではほぼ発病が抑制されることを報告している。今回接種した菌は単純に罹病組織をホモゲナイズしたもので、数種の腐敗菌の混合物と考えた方がよく、黒斑病より高温抵抗性の強い菌が存在することを示すと同時に、38℃以下の温度域での処理

表6 40℃付近で温度処理された接種いもの発病状況

処理条件	品 種 名			
	コガネ センガン	高系14号	ベニアズマ	土佐紅
表皮部 (1mm)				
無 処 理	66(2.9)	90(3.4)	100(4.9)	100(4.9)
38℃ - 6日	37(0.2)	42(0.5)	87(0.6)	20(0.1)
40℃ - 1.5日	0	0	0	0
42℃ - 1.5日	0	0	0	0
肉質部 (5mm)				
無 処 理	83(3.5)	100(3.5)	100(5.0)	100(5.0)
38℃ - 6日	75(0.7)	57(0.9)	90(0.5)	20(0.1)
40℃ - 1.5日	0	0	0	0
42℃ - 1.5日	0	0	0	0

()は罹病部の最大距離 (cm)

は不十分なことを裏づけるものである。さらに注目できることは接種いもに対する38℃処理の効果は、土佐紅で最も大きく、ベニアズマでは小さいことから、品種によって著しく異なっており、品種を問わず高温処理の効果を得るためには40℃以上に高めることの重要性がうかがえる。

5 高温処理されたいもの低温抵抗性

キュアリング処理の効果の一つに低温抵抗性の向上があげられる⁸⁾。そこで、高温処理とキュアリング処理の低温抵抗性向上の効果を比較するため、処理いもを常温室にて4.5ヶ月貯蔵した後、低温にさらしてみた。低温の条件として、厳寒期に貯蔵庫から加工場にトラック輸送され、その後は保温設備のない倉庫で保管されると仮定して、0℃-24時間→(5-10℃)18日間とした。無処理区では低温処理直後6.7%の腐敗があり、キュアリング区は9.7%に増加した。40℃処理区は0-3.6%に抑えられ、前者に比べ、低温抵抗性が増加したように見受けられた。しかし、低温にさらした後20℃に貯蔵すると高温処理区も腐敗が進行することから次のように解釈できる。

40℃処理は静菌的に作用し、菌の増殖は生育に良好な条件が与えられない限り起こり得ない。低温は菌の発育に対してむしろ(-)要因となり、40℃処理したいもを低温にさらしたとしても腐敗するに至らない。しかし、それを菌の発育に有利な温度に戻すと、静菌下におかれていた菌の増殖が始まる。この場合いもの組織が健全であれば腐敗するに至らないが、低温によって生理障害を受けると防御機能が弱くなり腐敗に至る。高温処理したいもで、低温にさらした後20℃に戻した時と、一貫して常温室で貯蔵した場合で腐敗の進行に相違がみられる。このことは高温処理したいもが低温によって何らかの影

響をうけたと考えられ、少なくとも低温抵抗性を著しく増加させるものでない判断される。

表7 高温処理いもの低温抵抗性 (腐敗率%)

前 処 理	低温処理後	低温処理→20℃貯蔵後
無 処 理	6.7	6.8
キュアリング	9.7	13.0
40℃-1日	0	8.3
40℃-2日	3.6	9.6
40℃-1日→キュアリング5日	3.0	9.0
40℃-2日キュアリング4日	0	4.1

原料：昭和57年産コガネセンガンを常温室にて4.5ヶ月貯蔵後低温処理した。
低温処理：0℃24時間→10℃7日→5℃11日

6 前処理の生理作用におよぼす影響

(1) 呼 吸 量

無処理いもの呼吸量を「1」として処理いもの処理中および処理後の呼吸量比を図1に示した。

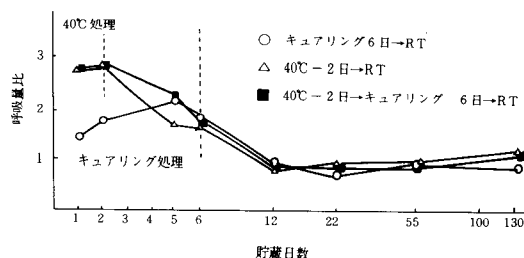


図1 呼吸量の変化

キュアリング処理では1.5-2.0倍、40℃処理で2.8倍に呼吸量は上昇した。青果物では一般に10℃温度が上昇すると呼吸量は2-4倍にあがると言われており⁸⁾、この関係においてはとくに高温処理が異常呼吸を誘発したとは考えられない。40℃で2日処理したいも(図中△-△)を常温に戻すと無処理いもより若干高い呼吸水準にあるが、10日後にはほぼ無処理区と等しくなった。40℃処理後引き続きキュアリング処理した区(図中■-■)は、40℃処理中の呼吸上昇を除いてはほぼキュアリング処理区と同様の呼吸パターンとなった。常温に戻してから呼吸量から判断して、キュアリング、高温処理の呼吸におよぼす影響は処理後約1週間に限られ、長期にわたることはないと言えよう。

(2) コルク層形成

前処理とコルク層形成との関係を表8に示した。

表8 コルク層形成

前処理→貯蔵	コルク層
無処理→6日	0~1
〃 →50日	2~3
キュアリング処理直後	2
キュアリング→44日	3
40℃・2日→4日	2
〃 →44日	3~4

品種：コガネセンガン
貯蔵：常温室，検鏡：剥皮部

に2層が観察され、44日貯蔵後は3層となり、無処理区に比べ1層程多く形成された。40℃処理では処理直後に2層が観察され、貯蔵後3~4層となった。キュアリング処理に比べ、わずかにコルク層形成が促進されるようである。

7 品種別高温感応性と貯蔵温度

甘しょの低温抵抗性が品種によって異なることは一般的に知られていることである。このことから高温に対する反応も品種によって異なることが充分予測される。そこで現在本県において奨励品種となっている青果用、でん粉原料用品種について高温処理の効果を比較した。あわせて品種別の貯蔵適温を把握するため10~15℃での貯蔵を実施した。供試材料は本場のは場で栽培され、材料Iが60年11月9日、材料IIを61年11月11日に収穫した。いずれの材料も40℃で1.5日処理した後10℃、13℃、15℃の恒温室(±1℃でコントロール)で6ヶ月間にわたり貯蔵し、結果を表9、表10に示した。

材料Iで最も腐敗の進行した区は、無処理・10℃貯蔵いもであった。三品種とも貯蔵温度が高まるにつれ、腐敗率は減少し、貯蔵適温が15℃付近にあることがうかがえる。40℃処理いもでは、各貯蔵温度域で腐敗抑制効果を見出すことができるが、長期にわたる貯蔵での腐敗を抑制するには三品種とも15℃でなければならないことがわかる。

材料IIについては、高温処理感応性と貯蔵温度との関係から2群に分けられる。すなわち貯蔵適温が13℃付近にあり、全体的に腐敗が少なく、高温処理の効果が明確でないグループと貯蔵適温が15℃付近にあり、高温処理の効果が大きいグループで、前者に高系14号、シロサツマ、後者にコガネセンガン、シロユタカ、ベニアズマ、ベニハヤト、サツマヒカリが属する。甘しょの貯蔵適温は一般的に13℃と言われるが、厳密には品種によって異なることを認識する必要がある。高温処理との関連において考えるならば、40℃で処理し、その品種の貯蔵適温

表9 品種別高温感応性と貯蔵温度 (材料I)

品 種	貯蔵 温度	3ヶ月貯蔵		6ヶ月貯蔵
		重量変化	腐敗率	腐敗率
コガネセンガン				
無 処 理	10℃	91.9	67.7	100
	13℃	94.3	40.2	64.5
	15℃	94.9	28.1	34.8
40℃ 1.5日	10℃	95.4	21.5	60.3
	13℃	95.2	12.2	8.3
	15℃	95.9	6.9	7.8
サツマヒカリ				
無 処 理	10℃	92.6	23.7	97.6
	13℃	94.1	22.5	31.9
	15℃	87.3	11.6	11.6
40℃ 1.5日	10℃	94.5	0	46.7
	13℃	94.5	7.4	25.9
	15℃	95.0	6.0	6.1
ベニハヤト				
無 処 理	10℃	87.6	49.4	100
	13℃	90.4	38.1	54.1
	15℃	84.2	12.5	15.8
40℃ 1.5日	10℃	89.6	22.3	87.7
	13℃	90.3	29.3	55.7
	15℃	93.7	12.2	7.4

下で貯蔵することが重要なポイントになると言える。40℃処理し、10℃で貯蔵すると長期にわたる貯蔵中に腐敗(軟腐病)が多発することは、高温処理がいもの低温抵抗性を向上させることのないことを示唆するもので、前述の結果と一致する。

9 高温処理いもの品質

甘しょは低温など外的要因で品質が大きく変わる^{9,10,11)}。40℃処理が食味を低下させる作用があれば、実用性がない。そこで甘しょの品質評価の上で重要である色合と味の指標となる炭水化物の消長、調理したいもの硬さおよびこれに関連するアミラーゼについて無処理いもと対比した。

(1) 色 調

生いもの表皮と切断面(肉質部)の色調をハンター値で求め、表11に示した。表皮についてみると、コガネセンガンは表皮が淡黄色のためL値が高く、赤色の指標であるa値が低い。貯蔵中に茶色を帯びたくすんだ色合に変わるためL値が低くなり、b値が高くなる。この傾向を無処理と40℃処理区を比較した場合に大きな相違はみられなかった。

高系14号、ベニアズマ、土佐紅は青果用品種で、表皮

表10 品種別高温感応性と貯蔵温度 (材料Ⅱ)

品 種 前処理	貯蔵 温度	3ヶ月貯蔵				計	6ヶ月貯蔵 腐敗率
		腐敗程度			計		
		微	軽	甚			
高系14号							
無 処 理	10℃	36.1	38.9	5.6	80.6	64	
	13℃	0	0	9.3	9.3		
	15℃	0	2.2	2.2	4.4		
40℃ 1.5日	10℃	5.2	8.8	7.0	21.0	57	
	13℃	0	0	0	0		
	15℃	0	0	0	0		
シロサつま							
無 処 理	10℃	28.3	26.1	4.3	58.7	89	
	13℃	0	0	0	0		
	15℃	0	0	0	0		
40℃ 1.5日	10℃	7.8	0	0	7.8	55	
	13℃	0	0	0	0		
	15℃	0	0	0	0		
サつまヒカリ							
無 処 理	10℃	42.5	25.5	19.1	87.1	97	
	13℃	3.6	14.2	0	17.8		
	15℃	0	0	0	0		
40℃ 1.5日	10℃	26.3	23.3	0	49.6	98	
	13℃	0	0	0	0		
	15℃	0	0	0	0		
コガネセンガン							
無 処 理	10℃	0	44.7	55.3	100	100	
	13℃	0	15.7	26.3	42.0		
	15℃	0	0	0	0		
40℃ 1.5日	10℃	27	41.7	22.7	91.6	100	
	13℃	0	8.0	4.0	12.0		
	15℃	0	0	0	0		

品 種 前処理	貯蔵 温度	3ヶ月貯蔵				計	6ヶ月貯蔵 腐敗率
		腐敗程度			計		
		微	軽	甚			
シロユタカ							
無 処 理	10℃	0	0	100	100	100	
	13℃	0	9.5	47	14.2		
	15℃	0	0	0	0		
40℃ 1.5日	10℃	25.3	29.3	24.0	78.6	100	
	13℃	0	3.2	4.5	7.7		
	15℃	0	0	0	0		
ベニアズマ							
無 処 理	10℃	0	0	86.9	86.9	100	
	13℃	6.1	9.1	12.1	27.3		
	15℃	10.0	0	0	10.0		
40℃ 1.5日	10℃	14.3	35.7	39.3	89.3	100	
	13℃	13.9	2.7	2.7	19.3		
	15℃	0	0	0	0		
ベニハヤト							
無 処 理	10℃	35.7	21.4	33.3	90.4	100	
	13℃	5.3	15.7	5.3	26.3		
	15℃	8.6	5.2	3.4	17.0		
40℃ 1.5日	10℃	30.6	8.2	10.2	49.0	100	
	13℃	2.0	2.0	2.0	6.0		
	15℃	0	0	0	0		

が鮮明な赤紫色を呈して商品性は高く評価される。貯蔵前原料の表皮は明るい赤紫色を呈するが、貯蔵によって赤紫色がうすく退色するとともにくすんだ色調に変わる。このことをL, a, b値の変化で表わすとL値が高くなり、赤色の指標であるa値が低くなる。以上のような青果用甘しょにおける貯蔵中の表皮の変化も40℃処理によって促進されることはなく、肉眼的にも処理区別の差は識別できなかった。生いもを切断した面の色調はどの品種も淡黄色であった。生理障害をうけたいもではポリフェノールの蓄積があり¹²⁾、切断面が変色することもあるが、表11のL, a, b値から判断するかぎり40℃処理が生理障害を誘発するような作用を与えなかったと解釈できよう。

蒸しいもは可食部のみを裏ごししたマッシュの色調をみたが、いづれの品種もマッシュは明るい黄色を呈した。特にベニアズマは黄色が強く、b値が高いのが特徴である。貯蔵中の変化をL, a, b値でとらえると、L値の減少が10ポイントと最も大きく、b値も5ポイント低くなる。即ち肉眼的な評価としては、黄色がうすくなり、くすんだ色合に変わることになる。40℃処理と無処理区を比較して、特に大きな差が生じた品種はなく、色合から評価される商品性はほぼ同等と判断される。

(2) 炭水化物の消長

生いものでん粉、可溶性糖は表13に示した。貯蔵前原料のでん粉含量は、ベニアズマ、コガネセンガンが多く、高系14号、土佐紅が少なかった。可溶性糖としては、シュクロースが最も多く含まれ、品種別にはコガネセンガンが2.6%と最も多かった。

貯蔵中でん粉が減り、可溶性糖は増加するので甘味は強化される。特に可溶性糖の増加に注目すると、コガネセンガンとベニアズマはシュクロースが多く、高系14号土佐紅はグルコース、フラクトースの単糖類が多くなる

表11 色調変化—生いも—

貯蔵日数 前処理	品 種	表 皮			肉 質		
		L	a	b	L	a	b
貯蔵前	K・S	69.9	6.1	20.8	89.1	0.3	15.1
	K-14	36.6	18.9	5.3	87.2	-3.4	20.8
	B・A	33.9	18.9	5.3	84.3	-2.1	28.9
	T・B	33.8	16.1	4.6	85.8	-2.7	20.9
	平均	43.5	14.9	9.0	86.6	-2.0	21.4
80日貯蔵							
無処理	K・S	58.4	8.5	19.4	87.2	5.4	16.7
	K-14	42.6	12.7	8.3	84.9	-2.8	23.3
	B・A	35.2	11.7	5.3	83.1	-2.3	21.7
	T・B	38.0	11.9	5.5	84.1	-2.3	21.7
	平均	43.5	11.2	9.6	84.8	-0.5	22.7
40℃処理	K・S	58.9	7.3	18.9	87.4	3.2	14.6
	K-14	40.8	12.9	8.1	85.0	-2.4	24.6
	B・A	33.7	12.1	4.9	83.5	-1.5	27.7
	T・B	40.8	14.8	5.4	84.2	-1.5	21.7
	平均	41.8	12.6	9.7	85.6	-0.9	20.2
120日貯蔵							
無処理	K・S	58.8	8.6	19.0	87.5	0	15.7
	K-14	39.0	13.3	8.8	85.6	-0.8	19.6
	B・A	34.5	11.5	5.5	83.5	-1.0	27.2
	T・B	35.1	17.2	5.3	85.7	-1.9	18.4
	平均	41.8	12.6	9.7	85.6	-0.9	20.2
40℃処理	K・S	57.4	9.4	18.8	81.4	0.5	13.4
	K-14	41.3	12.6	10.6	85.6	-1.4	20.1
	B・A	34.9	11.5	5.7	83.3	-1.4	27.1
	T・B	36.5	14.6	9.1	86.5	-1.2	16.9
	平均	42.5	11.9	11.1	85.9	-0.9	19.4

K・S…コガネセンガン、K-14…高系14号、B・A…ベニアズマ
T・B…土佐紅

といった品種間の差がみられた。80日貯蔵と120日貯蔵いもを比較すると、でん粉は減り続けるものの可溶性糖は必ずしも増加することはなかった。以上のことが、品種間および貯蔵中の炭水化物の消長としてとらえることができる。これらの傾向を無処理と40℃処理で比較してみると、ほとんど変わらないとの結論を得ることができる。

蒸しいもの炭水化物含量は表14に示すが、これからわかるように、蒸しいもでは加熱によってでん粉が酵素による加水分解を受け、マルトースが増加することで、生いもとは根本的な違いがある。この変化に注目してみる

表12 色調変化—蒸しいも—

貯蔵日数 前処理	品 種	L	a		b
			-	+	
貯蔵前	K・S	73.9	-7.7	21.8	
	K-14	62.2	-9.3	22.1	
	B・A	66.8	-8.4	28.2	
	T・B	66.4	-8.0	23.1	
	平均	67.3	-8.4	23.8	
80日貯蔵					
無処理	K・S	61.5	-4.9	13.8	
	K-14	59.3	-7.8	29.9	
	B・A	54.1	-6.6	21.6	
	T・B	63.1	-6.7	21.3	
	平均	59.5	-6.5	21.4	
40℃処理	K・S	61.2	-5.2	13.7	
	K-14	57.6	-7.2	18.2	
	B・A	57.5	-6.6	20.8	
	T・B	61.5	-6.8	19.4	
	平均	59.5	-6.5	18.0	
120日貯蔵					
無処理	K・S	62.6	-5.2	14.2	
	K-14	61.3	-7.8	18.9	
	B・A	53.5	-7.0	21.3	
	T・B	58.8	-6.9	18.0	
	平均	59.1	-6.7	18.1	
40℃処理	K・S	63.6	-5.0	14.2	
	K-14	57.4	-7.4	17.2	
	B・A	54.9	-7.2	21.2	
	T・B	59.8	-6.2	16.5	
	平均	58.9	-6.5	17.3	

の差がみられた。

貯蔵いもにおいても、貯蔵前原料と同じように、10%前後のでん粉の減少とマルトースの増加があり、貯蔵前後においてでん粉からマルトースへの変換反応が著しく異なるものでないことを明らかにできる。

蒸しいもにおけるこれらの糖変換は、無処理と40℃処理いもでほとんど相違がみられなかった。即ち、貯蔵または調理によって甘しょが甘くなる機構に対して40℃処理が何ら影響を及ぼさなかったと判断できる。

調理におけるでん粉からマルトースへの変化は甘しょ中に含まれるアミラーゼの作用によるものであり、これらの活性を求めた結果を表15に示した。貯蔵前の原料いもでは、高系14号、ベニアズマのβ-アミラーゼ活性が高く、サツマヒカリでは殆んど検出されなかった。α-アミラーゼは、コガネセンガン、ベニハヤト、サツマヒカリ

と、まず貯蔵前原料のでん粉含量は平均して24.8%あるが、蒸しいもでは15.3%に減少している。水分の増減を勘案しても10%近いでん粉の分解があったことになる。

一方、生いもにはほとんど検出されなかったマルトースは平均して10.6%増加しており、でん粉がおおむねマルトースに変換されたことになる。マルトースの増加量はコガネセンガンが最も多く、土佐紅が少ないなど品種間

の3品種についての分析値で比較すると、コガネセンガンが多く、サツマヒカリで少なかった。アマラーゼ活性は、このように品種間の差が大きい特徴がある。

貯蔵中の β -アマラーゼの消長は品種によって若干異なり、コガネセンガンでは減少、高系14号、ベニアズマ、上佐紅、ベニハヤトはほぼ一定、サツマヒカリでわずかに増加する傾向にあった。

α -アマラーゼは貯蔵中に増加し続け、貯蔵5ヶ月目に貯蔵前の約6倍に上昇した。

処理区別にこれらの α 、 β -アマラーゼの消長を平均値として比較したときほとんど差がないと言える。このことは前述の調理中におけるマルトースの増加量が処理区間で変わらなかった結果を裏付けるものである。

(3) テクスチャ

表13 炭水化物含量—生いも—

貯蔵日数 前処理	品 種	水分 (%)	でん粉 (%)	可溶性糖 (%)			
				Glu	Fru	Su	計
貯 蔵 前	K・S	65.2	26.4	0.16	0.14	2.57	2.87
	K-14	68.4	22.3	0.14	0.13	1.70	1.97
	B・A	63.0	27.9	0.11	0.11	1.28	1.50
	T・B	68.9	22.5	0.16	0.13	1.60	1.89
	平均	66.4	24.8	0.14	0.13	1.78	2.06
80日貯蔵							
無 処 理	K・S	65.7	25.1	0.50	0.61	5.32	6.43
	K-14	68.6	21.6	1.51	1.62	2.94	6.07
	B・A	63.2	27.3	0.40	0.49	5.11	6.00
	T・B	68.0	22.8	0.91	1.23	3.89	6.03
	平均	66.3	24.2	0.82	0.97	4.30	6.13
40℃処理	K・S	66.3	25.4	0.42	0.41	4.89	5.72
	K-14	69.4	20.0	0.91	1.13	3.18	5.22
	B・A	63.9	26.8	0.33	0.31	4.60	5.24
	T・B	67.6	23.8	0.91	1.00	3.31	5.22
	平均	66.8	24.0	0.62	0.72	4.35	5.35
120日貯蔵							
無 処 理	K・S	65.1	26.1	0.26	0.23	3.61	4.10
	K-14	69.7	20.5	0.85	0.93	3.00	4.78
	B・A	63.3	25.9	0.17	0.32	3.60	4.09
	T・B	68.6	20.4	0.50	0.65	4.02	5.17
	平均	66.7	23.2	0.45	0.53	3.56	4.54
40℃処理	K・S	65.7	25.8	0.12	0.19	3.38	3.69
	K-14	71.6	19.1	0.48	0.71	2.94	4.13
	B・A	63.5	24.8	0.17	0.32	3.60	4.09
	T・B	68.3	20.9	0.54	0.79	3.14	4.47
	平均	67.3	22.7	0.33	0.50	3.26	4.10

外的要因によって調理いものテクスチャが大きく変わる例として冠水¹³⁾と温水処理¹⁴⁾が報告されている。いずれもこれらの外的要因が生理障害を引き起こし、細胞膜がペクチン酸—カルシウム結合によって強化されるためにおこる変化である。

高温処理したいもは蒸しても食感的には何ら無処理区と変わらないテクスチャと評価され、生理障害によるテクスチャの劣化がおこったとは考えられなかった。このことはクリープ試験による測定値でも裏づけることができる。即ち、蒸しいもを裏ごしし、マッシュにした状態で100gの荷重を柱状プランジャーを介して負荷し、プランジャーのマッシュ中への貫入距離を測定した結果を表16に示したが、測定値に品種、貯蔵前後で若干のバラツキがみられるものの、平均的には40℃処理と無処理区

表14 炭水化物含量—蒸しいも—

貯蔵日数 前処理	品 種	水分 (%)	でん粉 (%)	可溶性糖 (%)			
				Glu	Fru	Su	Mal
貯 蔵 前	K・S	64.2	15.8	0.23	0.20	1.80	12.00
	K-14	69.4	12.3	0.20	0.13	1.50	10.36
	B・A	51.3	17.2	0.13	0.21	1.80	10.48
	T・B	65.1	16.1	0.22	0.26	1.76	9.60
	平均	64.5	15.3	0.19	0.20	1.71	10.61
80日貯蔵							
無 処 理	K・S	61.8	16.8	0.36	0.34	4.26	8.72
	K-14	68.6	10.9	1.33	1.50	2.64	10.30
	B・A	61.1	16.4	0.32	0.39	4.57	11.58
	T・B	67.7	13.6	0.82	1.19	3.38	8.60
	平均	64.8	14.4	0.70	0.85	3.71	9.80
40℃処理	K・S	64.8	15.3	0.25	0.36	4.14	9.24
	K-14	69.4	10.4	0.79	0.95	2.87	9.75
	B・A	61.7	16.6	0.27	0.35	4.65	10.60
	T・B	66.4	13.8	0.85	1.11	3.00	9.56
	平均	65.6	14.0	0.54	0.69	3.66	9.78
120日貯蔵							
無 処 理	K・S	62.0	18.3	0.26	0.27	3.81	9.26
	K-14	68.5	11.2	0.93	1.06	3.39	9.61
	B・A	62.0	16.8	0.25	0.20	4.02	10.03
	T・B	66.4	13.8	0.85	1.11	3.00	9.56
	平均	65.6	14.0	0.54	0.69	3.66	9.78
40℃処理	K・S	63.5	16.9	0.18	0.20	4.09	9.37
	K-14	69.5	10.1	0.72	0.87	3.44	9.40
	B・A	61.4	16.3	0.27	0.23	3.98	11.20
	T・B	68.0	12.8	0.65	0.90	4.05	8.33
	平均	65.6	14.0	0.46	0.55	3.89	9.53

で差はなかった。

表15 アミラーゼの変化 (UNIT/搾汁液cc)

貯蔵日数	品 種	β-アミラーゼ		α-アミラーゼ	
		無処理	40℃処理	無処理	40℃処理
貯蔵前	コガネセンガン	1,244		0.39	
	高系14号	1,760			
	ベニアズマ	1,761			
	土佐紅	1,168			
	ベニハヤト	1,266		0.26	
	サツマヒカリ	4		0.05	
	平均	1,201		0.23	
3ヶ月貯蔵		β-アミラーゼ		α-アミラーゼ	
		無処理	40℃処理	無処理	40℃処理
	コガネセンガン	1,013	949	0.60	1.87
	高系14号	1,763	1,458		
	ベニアズマ	1,745	1,982		
	土佐紅	1,112	1,250		
	ベニハヤト	1,057	1,255	1.22	0.83
	サツマヒカリ	7	8	0.15	0.10
	平均	1,116	1,150	0.66	0.93
	5ヶ月貯蔵		β-アミラーゼ		α-アミラーゼ
		無処理	40℃処理	無処理	40℃処理
コガネセンガン		646	688	1.20	1.55
ベニハヤト		1,126	1,063	1.70	1.65
サツマヒカリ		7	6	0.58	0.10
平均		593	586	1.18	1.10

表16 テクスチュア

品 種	無 処 理		40℃処理	
	3ヶ月貯蔵	5ヶ月貯蔵	3ヶ月貯蔵	5ヶ月貯蔵
コガネセンガン	0.28	0.60	0.79	0.70
高系14号	0.82	2.60	1.95	2.00
ベニアズマ	0.39	0.70	0.67	0.50
土佐紅	0.50	0.59	0.62	0.40
ベニハヤト	3.60	4.71	3.80	4.41
サツマヒカリ	0.15	0.45	0.30	0.34
平均	1.12	1.59	1.35	1.39

III 摘 要

甘しょの貯蔵性を高めるため、高温処理条件を検討し、次の結果を得た。

(1) 貯蔵初期に、主として黒褐色の腐敗が発生した。この腐敗は従来のキュアリング(30~32℃, 6日間処理)では完全に抑制することができず、原料によっては、キュアリングすることによって腐敗が促進されることもあった。しかしながら、キュアリングの温度を40℃に高め

ることによってこれらの腐敗をほぼ抑制することができた。

(2) 甘しょの貯蔵を成功させるには、高温処理の温度とその処理期間が重要であり、作業性を考慮して、40℃-1.5日処理が妥当であると判断した。

(3) 高温処理した甘しょは低温に対する抵抗性が著しく増大することにはなかった。

(4) 青果用および加工用奨励品種の貯蔵温度は品種によってわずかに異なり、40℃で1.5日処理後、その品種の貯蔵適温下で貯蔵することが重要であることを確認した。

(5) 高温処理の呼吸に及ぼす影響は処理後約10日間で、長期にわたるものではなかった。コルク層の形成は従来キュアリング処理(30~32℃-6日)より40℃-1.5日処理のものの方がわずかに促進された。

(6) 高温処理いもの品質を表皮の色調、でん粉と糖含量、調理中におけるでん粉からマルトースへの変換、調理いものテクスチュアから判断すると無処理いものとほとんど差異はないと評価された。

引用文献

- 1) 宮川逸平・小酒井一嘉 1977 農業施設 7(2):21
- 2) KUSHMAN, L. J., and J. S. COOLEY, 1949, J. Agr. Res., 78:183-190
- 3) 舟坂渡・池川信夫編 1966 最新ガスクロマトグラフ 廣川書店:357
- 4) 東京大学農芸化学教室 1966 実験農芸化学上巻 朝倉書店:131
- 5) 原田篤也・小泉岳夫編 1974 総合多糖類科学 講談社:69
- 6) 馬場透・田丸保夫・河野利治・渡辺敦夫 1987 食工誌 34:178
- 7) TAKEDA, Y., and HIZUKURI, S., 1972, Biochem. Biophys. Acta., 268:175
- 8) 大久保増太郎著 1982 野菜の鮮度保持 養賢堂:226
- 9) HALLER, M. H., P. L. HARDING, J. M. LUTZ, and D. H. Rose, 1932, Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 28:583-589
- 10) LUTZ, J. M., 1945, U. S. Dept. Agr. Cir., 729:8
- 11) COOLEY, J. M., L. J. KUSHMAN, and H. F. SMART., 1954, Econ. Bot., 8:21-28

12) 瓜谷郁三 1966 化学の領域増刊 74:175

14) 永浜伴紀・藤本滋生・蟹江松雄 1976 農化誌 50:

13) 鈴木繁男 1946 農業及園芸 21(11):555

163

Summary

For increasing the keeping quality of sweet potato, heated moist air treatment condition was examined and following result were obtained.

(1) At initial stage of storage, black-brown rot was developed mainly. Curing at 32°C for 6 days didn't always depressed these disease development, sometime accelated.

By increasing curing temperature to 40°C, these black-brown rot was substantially reduced.

(2) The success of sweet potato storage was dependent on the temperature and lenght of heat treatment. Heat treatment at 40~42°C for 1.5 days was favorable.

(3) The abilibly to withstand chilling injury of sweet potato cured at 40°C for 1.5 days was not substantially increased.

(4) Optimal storage temperature of selected varieties for vegetable and processing material was slightly different, and it was ascertained that after heated air treatment at 40°C for 1.5 days, storage at optimal temperature of the variety was very important.

(5) Influence of heat treatment on the respiration of sweet potato continued for about 10 days. Curing at 40°C for 1.5 days accelated the rate of cork layer development compared to curing at 32°C for 6 days.

(6) Quality of sweet potato cured at 40°C for 1.5 days was nearly equal to that of uncured one in regard to surface color, starch and sugar content, conversion from starch to maltose by cooking, texture of cooked sweet potato.