

# ナガイモの品質保持に関する研究（平成25年度）

研究開発課 川原美香  
共同研究機関：(株) マルハニチロ北日本

## 1. 研究の目的と概要

ナガイモは十勝の代表的な作物であり、全国 16.6 万 t の生産量（平成 24 年、やまのいも合計値）のうち約 5 万 t が十勝で生産されている。十勝のナガイモは品質の良さに定評があり、海外に輸出されている数少ない農産物の一つでもある。ナガイモの主な加工品はとろろであり、規格外原料を用いた冷凍とろろが通年製造されている。とろろの特徴はその粘りと色の白さにあるが、ナガイモのみを原料としたとろろは長期冷凍保存中に粘度低下が見られることと、まれに変色が生じることがある。そこで、本試験は冷凍とろろ加工品の保存中の粘度低下および変色の防止技術を検討し、さらなる品質向上のための知見を得ることを目的として実施した。

## 2. 試験方法および結果

### (1) とろろの殺菌条件の検討

冷凍とろろ加工品は無加熱摂取冷凍食品の分類であり、[大腸菌群：陰性]の微生物規格がある。そこで、試作試験を行うにあたり、まず工場ラインの殺菌条件と同等の試験環境を設定するため、加熱後のとろろの粘性が商品と同レベルであり、かつ大腸菌群が陰性となるような殺菌条件の検証を行うこととした。サンプルとしてオリゴ糖入りナガイモとろろ（㈱マルハニチロ北日本提供品）を使用し、ガスバリア性袋（16×25cm）に 200 g のとろろを封入した。サンプルは既定の温度に設定したウォーターバスの湯浴中に沈めた状態で内容物をもみ込みながら殺菌を行い、0、3、5、10、15、20min 加熱後に水冷した。殺菌時の品温の推移を図 1 に示した。

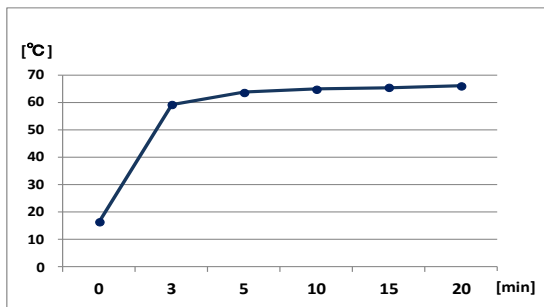


図 1. 殺菌時の品温の推移

殺菌時間別のとろろの品質を評価するため共同研究者にサンプルを提供したところ、本条件では 10min 加熱したものが実際の商品と同等の品位であるとの回答を得た。そこで、この条件で大腸菌群が殺菌されているか検証を行った。大腸菌群標準株として、*Escherichia coli* (ATCC8739)、*Citrobacter freundii* (ATCC8090)、*Enterobacter cloacae* subsp.cloacae (ATCC13047)、*Klebsiella oxytoca* (ATCC700324) の 4 菌株を用い、それぞれの菌をとろろに  $10^5$  / g レベルになるように接種し、同様に湯浴中で 0、5、10、15、20min

加熱後に冷却した。各サンプルについてデソキシコレート寒天平板法により菌数の計測を行った。各サンプルの菌数を表 1 に示した。また、2 菌株のサンプルについては冷凍後の粘度等の物性評価も行い、その結果を表 2 に示した。

結果として、とろろを 200 g パウチ包装の状態にした場合、既定の温度の湯浴中 10min 処理で大腸菌群の陰性（0.2g 当たり）が確認され、冷凍保存後の粘度等の物性も許容範囲であったことから本試験区では同殺菌条件を採用し以後の試験を実施することとした。

表 1. 殺菌試験後の大腸菌群数

供試用大腸菌群菌株	殺菌後の実測菌数[cfu/g]				
	0min	5min	10min	15min	20min
① <i>Escherichia coli</i>	$3.7 \times 10^5$	$2.5 \times 10^4$	—/0.2g	—/0.2g	—/0.2g
② <i>Citrobacter freundii</i>	$7.6 \times 10^5$	$3.6 \times 10^2$	—/0.2g	—/0.2g	—/0.2g
③ <i>Enterobacter cloacae</i> subsp.cloacae	$9.2 \times 10^5$	$5.3 \times 10^4$	—/0.2g	—/0.2g	—/0.2g
④ <i>Klebsiella oxytoca</i>	$3.9 \times 10^5$	$1.4 \times 10^2$	—/0.2g	—/0.2g	—/0.2g

表 2. 殺菌試験後の物性

供試用大腸菌群菌株	冷凍保存温度	殺菌後の粘度(mPa・s)					所見
		0min	5min	10min	15min	20min	
<i>Citrobacter freundii</i> ATCC 8090	-10℃	1405	1525	1545	1438	1473	粘度について特に差異は感じられなかったが、糸引き性が0min>5min、10min>15min、20minであった。 (ただし、20minでもとろろの特性である粘性は失われているようではなかった) -10℃と-20℃の違いは感じられなかった(各温度での保管期間:3日間)
	-20℃	1430	1626	1364	1554	1435	
<i>Klebsiella oxytoca</i> ATCC 700324	-10℃	1441	1436	1606	1450	1591	
	-20℃	1455	1496	1610	1316	1504	

【粘度測定条件】

B型粘度計 ロータNo.3 回転数30 200g/200ml容トルビーカー

(2) 冷凍とろろのオリゴ糖添加による品質保持の検討

ナガイモとろろ製品に現在、粘性低下防止のため使用しているオリゴ糖について、濃度別の比較と他のオリゴ糖製品との比較を行うため、外観品質および粘性保持に着目して冷凍保存試験を行った。

オリゴ糖無添加ナガイモとろろ(㈱マルハニチロ北日本提供品)を基本原料とし、表3に示した各種オリゴ糖を①のみ:0、2、2.5、3、3.5、5%、②~⑥:既定濃度で添加混合し、ガスバリア性袋(16×25cm)に各200g封入した。各サンプルを(1)の試験で設定した条件で殺菌した。殺菌後のサンプルは水冷し、-30℃、60minの冷凍後、-20℃および-10℃で保存試験を実施した。保存開始から2ヵ月ごとに外観調査および粘度測定を行った。

表 3. 試験に使用したオリゴ糖一覧

オリゴ糖No.	商品規格Brix(%)	物性所見	主成分
①	72	粘性強い	マルトテトラース
②	72	粘性少ない	マルトリオース
③	72	やや粘性強い	マルトテトラースより多糖
④	72	粘性少ない	マルトース、マルトリオース
⑤	72	やや粘性強い	マルトース、マルトリオース
⑥	75	標準的な粘性	グルコース、イソマルトース
⑦	75	標準的な粘性	マルトース、ハネース

各サンプルの冷凍保存4ヶ月までの粘度および観察所見を表4に示した。なお、分離が見られたサンプルは粘度測定時に固形物の影響で見かけ上の数値が大きくなることがあるため、比較に適切ではないと判断されるデータは( )で示した。

表 4. オリゴ糖添加とろろの冷凍保存後の物性評価(4ヵ月まで)

	冷凍前 粘度 (mPa・s)	冷凍5日後			冷凍2ヵ月後			冷凍4ヵ月後				
		粘度(mPa・s)		観察所見	粘度(mPa・s)		観察所見(物性)	粘度(mPa・s)		観察所見(物性)		
		-10℃	-20℃		-10℃	-20℃		-10℃	-20℃			
①-0%	1897	1534	1791		(2389)	1583	×	△	(>4000)	(1923)	×	×
①-2%	1849	1553	1736		1458	1521			313	1481	×	
①-2.5%	1915	1735	1817		1462	1545			2826	1486	×	
①-3%	1819	1857	1723		1460	1670			1949	1568	△	
①-3.5%	1864	1860	1854	粘り強くなる	1767	1608			1857	1862	△	
①-5%	1787	1802	1780	やや粘り強い	1667	1572			1840	1460		
②	1772	1446	2011	粘り低め	1953	1727			1772	1622	△	
③	1897	1885	1984		1643	1858			2438	1799		
④	1935	2009	1676		1856	1656			2765	1719		
⑤	1722	1970	1534		1905	1798			2496	1815		
⑥	1987	1805	2068		1430	1389			1302	1450	×	
⑦	1721	1737	2158		1653	1628			1233	1548	×	

×:分離、△:やや分離

4ヵ月までの冷凍保存試験を行った結果、冷凍2ヵ月目の段階でオリゴ糖を加えていないサンプルは固液分離が見られた。特に-10℃保存品は-20℃より品質劣化が早く、赤または赤黒い色への変色も見られた。さらに冷凍4ヵ月目では-10℃保存品の品質劣化が著しく、オリゴ糖濃度

別のサンプルでは少なくとも 2.5%以下の濃度では固液分離が見られた（図 2 参照）。また、同じ濃度でもオリゴ糖の種類⑥、⑦では分離が見られ、二糖以下（特にグルコース）の比率が比較的高い製品では粘性低下防止の効果が弱いと推測された。-20℃保存品ではオリゴ糖無添加のサンプルで分離が見られたが、その他のサンプルでは 4 ヶ月保存の時点で品質低下は見られなかった。これらの結果から、とろろ製品では冷凍保存温度の影響を受けやすく、-10℃では変色、粘度低下が進行しやすいことがわかった。

以上の知見から-10℃の保存試験では冷凍虐待試験として、サンプル条件の差異を早期に判別することが可能と考えられ、本試験の他の試験区でも-20℃と併用して実施することとした。

オリゴ糖の添加試験については本来の冷凍保存温度（-20℃）のサンプルで最終確認を行うため、15 ヶ月後まで色の外観調査、粘度測定を継続して行うこととした。現時点（2014 年 3 月）で終了している-20℃、8 ヶ月後のとろろの外観では明確な変色は見られず、最終的に賞味期限である 1 年を想定した保存後に共同研究者にサンプルおよびデータを提供し、糸引き性等を考慮して適切なオリゴ糖製品および濃度を判断していただくこととした。



図 2. 冷凍 4 ヶ月目のオリゴ糖濃度別サンプル

### (3) 冷凍とろろの変色防止の検討

#### ①原料に関する変色要因の調査

ナガイモとろろの変色要因について、原料に用いるナガイモの採取時期、部位、規格等で傾向が見られるか調査を行った。

##### i) 採取時期、部位別原料（とろろの保存試験）

ナガイモ原料について S、L サイズのとろろ用 2 規格を春掘りの最終出回り時期である 9、10 月と秋掘りの新物出回り時期の 11、12 月に入手し、時期別原料で変色のしやすさに差があるか冷凍とろろの保存試験を実施した。なお、各サンプルは部位別（首部、中部、尻部の 3 部位）にサンプルを調製し、部位で差が見られるか同時に調査を行った。また、比較対照として全てのサンプルを無殺菌のものも同様に保存試験を実施した。サンプリング方法を図 3 に示した。なお、S サイズは小さいため首、尻の 2 分割でサンプリングをした。

別途、上記サンプルを酵素等の変色関連成分を調べるため（後述試験①・ii）にさらに皮部分および内部に分けてサンプリングした。サンプルはカット後直ちに真空包装し、-80℃で保管後に随時解凍して分析を実施した。

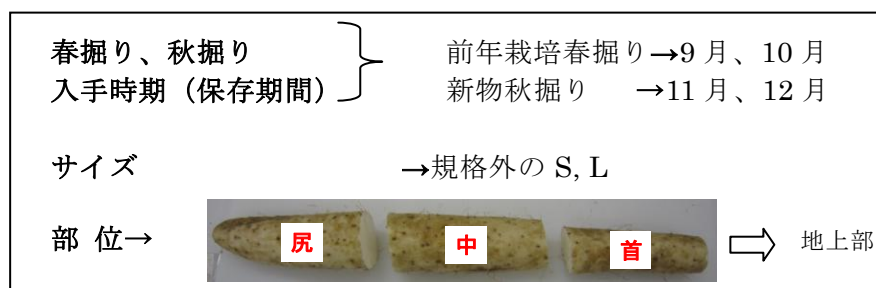


図 3. とろろ保存試験用サンプルの区分

各サンプルで調製したとろろを-20、-10℃で 2 ヶ月まで冷凍保存した際の変色の状態を表 5 に示した。変色の濃さが強いものの順に +++ > ++ > + > -（変色無し）で示した。また、冷凍保存後のとろろの画像（11 月サンプルを抜粋）を図 4 に示した。本試験（3）では原料の特性を調べるためにオリゴ糖を加えず実施していることから冷凍中に分離が

見られているものが多いが、変色しやすさを観察要素として評価した。

表 5. 時期、部位別原料の冷凍保存後の変色状態

	水分 [g/100g]	冷凍1カ月後 観察所見		冷凍2カ月後 観察所見	
		-10℃	-20℃	-10℃	-20℃
		9月S首	84.4	+++	-
9月S首加熱		++	-	++	(+)
9月S尻	83.6	++	-	++	-
9月S尻加熱		(+)	-	(+)	-
9月L首	86.5	+++	-	+++	(+)
9月L首加熱		++	(+)	++	(+)
9月L中	87.0	++	-	++	-
9月L中加熱		+	-	+	-
9月L尻	86.5	+	-	++	-
9月L尻加熱		+	-	+	-

所見: 9月Sの表面は皮むき時に赤くなりやすいようであった。首部分はS、Lともエグ味があった。

	水分 [g/100g]	冷凍1カ月後 観察所見		冷凍2カ月後 観察所見	
		-10℃	-20℃	-10℃	-20℃
		10月S首	85.0	+++	-
10月S首加熱		+	-	+	-
10月S尻	83.4	+	-	++	-
10月S尻加熱		-	-	+	-
10月L中	86.1	++	-	++	-
10月L中加熱		+	-	+	-
10月L尻	87.0	(+)	-	++	-
10月L尻加熱		-	-	-	-

所見: 腐れの発生がありL首サンプル無し

	水分 [g/100g]	冷凍1カ月後 観察所見		冷凍2カ月後 観察所見	
		-10℃	-20℃	-10℃	-20℃
		11月S首	81.1	++	-
11月S首加熱		++	-	+++	-
11月S尻	81.8	++	-	++	-
11月S尻加熱		++	-	++	-
11月L首	84.7	++	-	++	-
11月L首加熱		++	-	++	-
11月L中	82.9	++	-	++	-
11月L中加熱		-	-	+	-
11月L尻	84.4	++	-	++	-
11月L尻加熱		-	-	-	-

所見: 新物は全体的に赤くなりやすいようであった(皮むき後も赤くなる)。また、加熱でぼったりした物性になった(デンプン比率が高いかもしれない)

	水分 [g/100g]	冷凍1カ月後 観察所見		冷凍2カ月後 観察所見	
		-10℃	-20℃	-10℃	-20℃
		12月S首	81.0	++	-
12月S首加熱		+	-	++	-
12月S尻	82.3	+	-	++	-
12月S尻加熱		-	-	-	-
12月L首	83.6	+++	-	+++	-
12月L首加熱		(+)	-	++	-
12月L中	82.7	+	-	++	-
12月L中加熱		-	-	(+)	-
12月L尻	83.5	+	-	+	-
12月L尻加熱		-	-	-	-

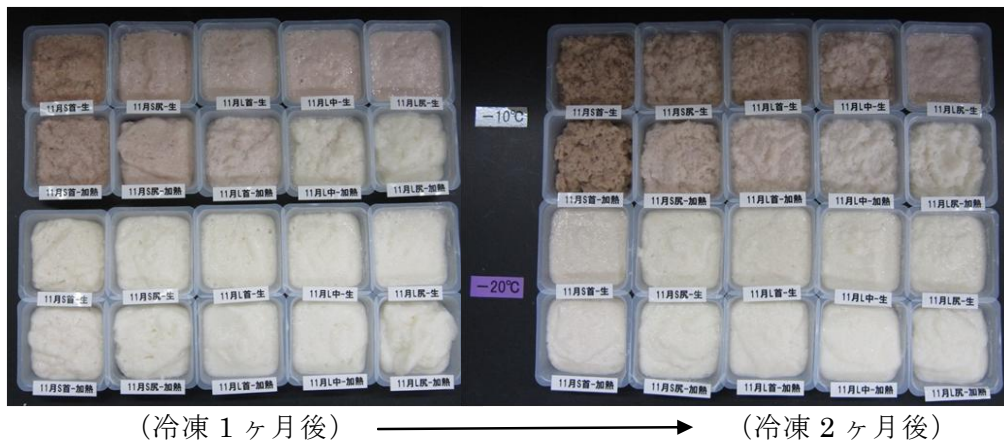


図 4. 11 月の部位別サンプル

原料に用いるナガイモの採取時期、部位、規格等で分けたとろろの冷凍保存試験において、時期に関係なく首部分に変色しやすい傾向が見られた。また、SサイズではLサイズに比較すると全体的に変色しやすいようであった。さらに変色が見られたどのサンプルも加熱殺菌をすると変色が軽減される傾向にあった。11月のサンプルの一部を抜粋してポリフェノールオキシダーゼ活性を測定した比較データのグラフを図5に示した。変色が見られないサンプル（11月L中-加熱）では酵素活性が低く、加熱殺菌により酵素をうまく失活できると変色がかかり抑えられることが推測された。保存温度では（2）の試験と同様に $-10^{\circ}\text{C}$ では $-20^{\circ}\text{C}$ 保存に比較して著しく変色が進行していた。

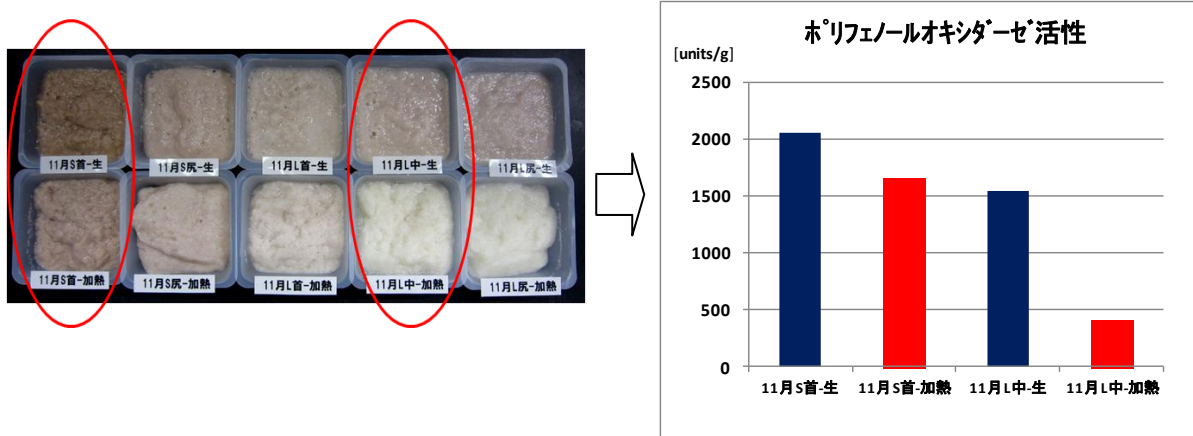


図 5. とろろ（抜粋）のポリフェノールオキシダーゼ活性

ii) 採取時期、部位別原料（変色関連成分の分析）

各部位別サンプルをさらに皮部分および内部に分け、水分、鉄、ポリフェノール、ポリフェノールオキシダーゼ活性の測定をした。ポリフェノールはフォーリン・デニス法により測定した。各分析結果の比較のグラフを図6～9に示した。

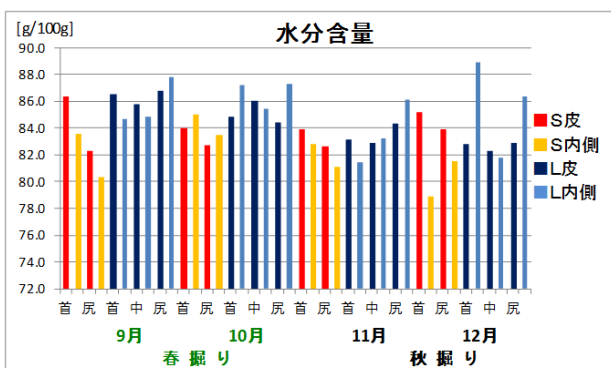


図 6. 時期、部位別サンプルの水分含量

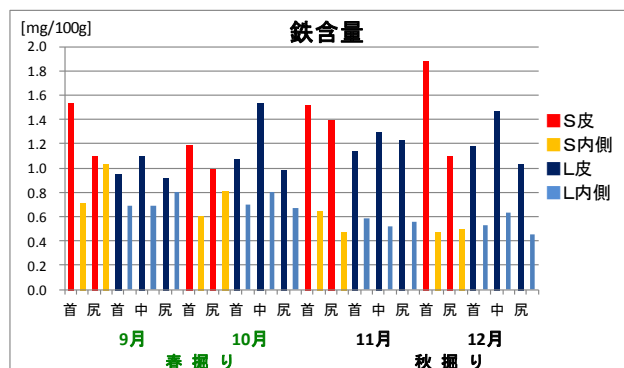


図 7. 時期、部位別サンプルの鉄含量

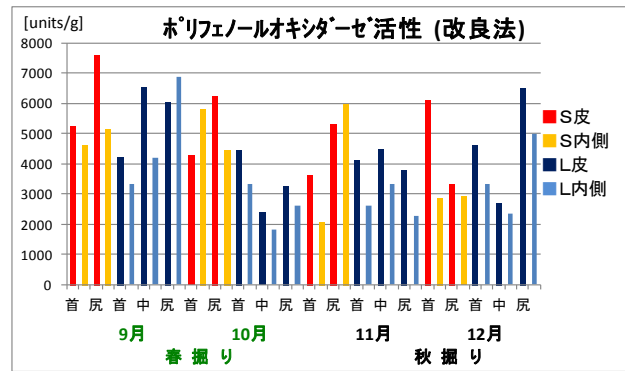
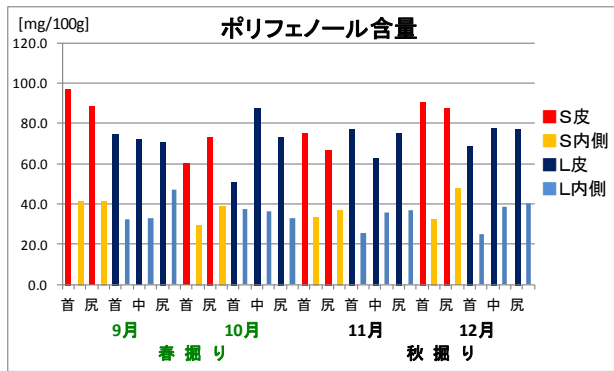


図 8. 時期、部位別サンプルのポリフェノール含量 図 9. 時期、部位別サンプルのポリフェノールオキシダーゼ活性

分析結果から時期に関係なく、とろろ用に使われている規格外 S サイズの方が L サイズより水分含量が低かった。ポリフェノール含量、鉄含量は時期、サイズによらず皮部分に多く、特に鉄分は S サイズの首側に高い傾向があった。実際のとろろも首部分が変色しやすい傾向があったことから、これらの成分が影響していると考えられた。またポリフェノールの褐変に関与する酵素ポリフェノールオキシダーゼの活性は比較的皮に多かったがナガイモ内部全体にも分布していた。変色防止のためには影響する成分が多い皮部分をなるべく取り除いた方が良いが、内部にも変色関連成分および酵素が存在するため、とろろ全体の変色防止策は必要であると考えられた。

iii) サイズ別原料（とろろの保存試験）

11月の秋掘り新物ナガイモを販売規格のサイズ別で 8 種類（4L、3L、2L、L、M、S、2S、3S）を入手し、各原料で調製したとろろの冷凍保存試験を実施した。

各サンプルで調製したとろろの性状および -20℃ および -10℃ で 1、2 ヶ月冷凍保存後の変色の状態を表 6 に示した。

表 6. サイズ別原料の性状および冷凍保存後の変色状態

			冷凍1カ月後		冷凍2カ月後	
	水分	粘度	観察所見		観察所見	
	[g/100g]	[mPa·s]	-10℃	-20℃	-10℃	-20℃
4L生	84.4	2536	(+)	-	++	-
4L加熱		3163	-	-	(+)	-
3L生	85.6	2301	(+)	-	+	-
3L加熱		2517	-	-	(+)	-
2L生	84.9	2172	(+)	-	++	-
2L加熱		2861	(+)	-	(+)	-
L生	84.0	3184	+	-	++	-
L加熱		3900	-	-	+	-
M生	85.0	2037	(+)	-	+	-
M加熱		2740	-	-	(+)	-
S生	83.0	2453	+	-	++	-
S加熱		3524	-	-	(+)	-
2S生	82.8	2406	+	-	+	-
2S加熱		2860	-	-	(+)	-
3S生	81.2	3431	+赤黒い	-	+++	-
3S加熱		(8850)	-	-	++	-

サイズ別ナガイモのとろろの冷凍保存試験において、-10℃冷凍品で 1 ヶ月および 2 ヶ月後の比較とも 3 S サイズが他のサイズよりも変色が進んでいた。その他のサイズの変色の度合は誤差範囲内の違いであった。また、前述の①-i) のサンプルと同様に加熱殺菌をした場合、どのサイズも変色が軽減される傾向にあった。S 以下になると水分含量が低く（固形分が高い）、未熟で組織が密な状態が味に影響している可能性があると感じられた。特に 3 S は粘度も高く、加熱による変性度合も高かった。

#### iv) 原料の保管条件

ナガイモ原料の保管条件が変色にどのように影響するかを調査した。まず、原料収穫時の日当たりを想定し、①-iii) の試験用に入手したサイズ別のナガイモを天気の良い日に一日反転しながら直射日光に当て、その後4℃で2ヵ月保存試験を行った。また、別途、直射日光に当たらない室内で日中のみ蛍光灯型LED照明のある下、5日間保存試験を行った。

戸外で日当たり試験を実施した間の気温は5~10℃であった。その後、4℃で2ヵ月保存後でもナガイモ表面に変色の発現または進行は見られなかった。

室内でナガイモの保存試験を実施した間の室温は5日間で12~23℃(平均18℃)の範囲であった。室内保存の場合、3日目でナガイモ表面に明確な赤変が確認された。特に図10に見られるように室内灯であっても光の当たっている面に変色が進んでいた。

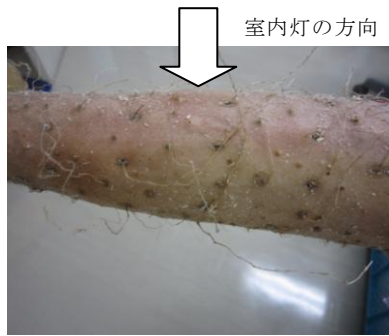


図10. 変色の部位

これらの結果から、ナガイモ表面の赤色化現象はサイズに関係なく、ある程度の温度が必要になると考えられた。戸外の日当たり試験では収穫時に多少日が当たっても早く冷蔵保存をすれば、変色の大きな原因にはならないことが推測された。室内の保存試験結果から変色は温度依存性があり、光はその促進要素であると考えられることから、ナガイモ入手後の保管は原則冷暗所で管理することが望ましいと考えられた。

#### ②変色防止のための加工法

##### i) 変色成分の調査

ナガイモの変色は赤変と黒変の現象が知られている。図10のような赤変は過去の試験でアントシアニンによるものであることがわかっており、pH、温度、光、金属等の影響を受けやすいと考えられた。黒変についてはポリフェノールの酸化作用が一般に知られており、加熱、光、酵素、金属イオンにより促進されると考えられた。試験に入手したナガイモでは切り口、毛穴付近、打撲箇所等にポリフェノールの酸化反応と推測される変色が生じていた。このことを確認するために試験的に還元剤であるL-システインとアスコルビン酸をとろろに添加加熱したところ、変色の抑制が見られた(図11参照)。なお、アスコルビン酸については食品添加物としてとろろにも使用が可能である。ポリフェノールとしてはイモ類ではクロロゲン酸類の変色が知られているため、①-ii) のサンプルおよび①-iv) の赤くなった皮のサンプルを用いてクロロゲン酸類で入手可能な標準品: 4-O-Caffeoyl quinic acid、5-O-Caffeoyl quinic acid(クロロゲン酸)、3,4-di-O-Caffeoyl quinic acid、3,5-di-O-Caffeoyl quinic acid、4,5-di-O-Caffeoyl quinic acid、3,4-dihydroxycinnamic acid(カフェイン酸)の有無をHPLC分析により調べた。HPLCの条件を表7に示した。サンプルは破碎後に5gを遠沈管に量り、80%エタノール45mlを加えて振とうし、ウォーターバスで80℃、2hr抽出し、冷却後に0.45μmフィルターでろ過した液を分析に供した。

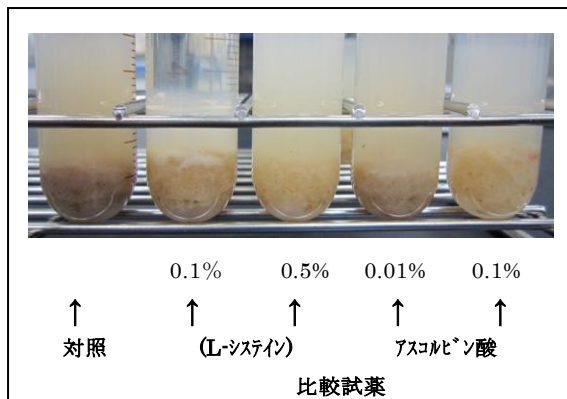


表7. HPLCの条件

カラム: TSKgel ODS-80Ts (φ4.6mm×250mm)  
移動相: A (10mM リン酸-アセトニトリル, 90:10)  
pH2.5  
B (アセトニトリル)  
グラジエント 0min(B: 0%)→30min(B: 50%)  
流速: 1.0ml/min  
カラム温度: 40℃  
検出器: UV 326nm  
注入量: 20μl

図11. とろろへの還元剤添加による変色防止

HPLC 分析の結果、各サンプルの皮部分でカフェイン酸のみ検出された。皮部分の全てのサンプルでカフェイン酸以外に標準品に該当しない多種のピークが見られた。しかし、同サンプル抽出液を 2 週間室温に放置したものを再分析するとカフェイン酸のピークが最も増大していた。これらのことから、クロロゲン酸類でナガイモの変色に関わる成分としてはカフェイン酸およびその前駆体となり得る化合物が関与していることが推測された。また、室温で光に当てて赤くなった皮のサンプルではアントシアニンの生成だけではなく、クロロゲン酸類も増加している傾向があった。クロロゲン酸類の変色は酸化によるものが多く、酸化が起きないように加工条件をとることが必要であると考えられた。なお、ナガイモの変色はドーパミンのようなカテコールアミンも関与している可能性が報告されており、変色の解明にはこれらの化合物も考慮して、総合的に検討する必要があると考えられた。

## ii) 加工条件

### [皮むき]

①-iv) の皮が赤くなったナガイモおよび同原料で冷暗保管により変色していないナガイモをそれぞれ皮むきして調製したとろろについて冷凍保存試験を行った。赤くなったナガイモの断面の様子を図 12 に示した。また、 $-10^{\circ}\text{C}$ 、1 ヶ月後のとろろの変色の様子を図 13 に示した。

図 12 のように赤変したナガイモの断面を見ると、変色箇所は外皮の 1mm 以内であった。赤変した部分の皮をむいて除去したナガイモのとろろは、変色していない同原料のナガイモを通常の皮むき処理したとろろよりやや変色しづらいようであった。これは、赤変した部分を取り除くことで、ナガイモの皮全体を均等な厚さでむくことができたことにより変色が軽減されたためと考えられた。通常の皮むき工程では外皮の付着状況が目安となるために変色しやすい部分が残ってしまうことが推測された。しかし、ナガイモの皮を変色させてしまうと、クロロゲン酸類のようなポリフェノール類も内部に蓄積されるリスクがあるため、変色しない状態で 1mm の皮むきを目標に処理することが望ましいと考えられた。

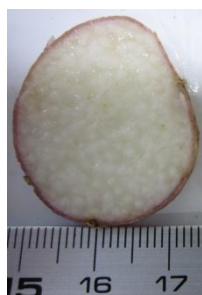


図 12. 赤く変色したナガイモ断面



図 13. とろろの保存試験

(左：変色していないものを皮むき、右：赤変したものを皮むき)

### [ブランチング処理]

皮付きナガイモのブランチングの有無で冷凍保管中のとろろに変色の傾向が見られるか調査を行った。原料は 11 月入手分の L サイズナガイモを用いた。ナガイモを皮付きのまま  $90^{\circ}\text{C}$  の湯浴中で 0、1、1.5、2min の時間別でブランチングした。各加熱時間別の原料について、目視で確認した加熱変性深度をノギスで測定した。また、表皮付近をサンプリングし、ポリフェノールオキシダーゼ活性を測定した。ブランチング後のナガイモの状態を図 14、各測定を表 8、各サンプルで調製したとろろの冷凍保存後の変色状態の評価を表 9 に示した。

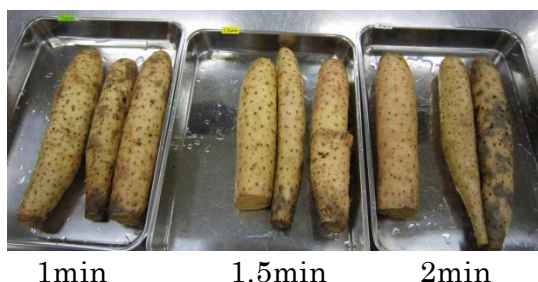


図 14. ブランチング後の状態

表 8. ブランチング別サンプルの各測定値

加熱時間 (min)	加熱変性深度 (mm)	ポリフェノールオキシダーゼ活性 (units/g)※
0.0	0.00	4757
1.0	1.24	2422
1.5	1.40	1109
2.0	1.52	540

※皮部分、40s測定に改変



表 9. ブランチング別とろろの冷凍保存後の変色状態

	冷凍2週間後		冷凍2カ月後	
	観察所見		観察所見	
	-10°C	-20°C	-10°C	-20°C
未加熱	(+)	-	+++	-
未加熱-加熱	-	-	(+)	-
90°C、1min	(+)	-	+++	-
90°C、1min 加熱	-	-	(+)	-
90°C、1.5min	(+)	-	+++	-
90°C、1.5min 加熱	-	-	-	-
90°C、2min	-	-	++	-
90°C、2min 加熱	-	-	-	-

皮むき前のブランチングは黒色化しやすい箇所を取り除くために有効な手法であった。皮部分のポリフェノールオキシダーゼ活性は加熱時間経過とともに顕著に低下するが、それだけではとろろの冷凍保存中の完全な変色防止には至らなかった。とろろ全体を殺菌したものは変色がおさえられる傾向があったことから、ナガイモ内部にも酵素が分布するため変色が起きるものと推測された。冷凍2ヵ月目までの変色の様子を見る限りブランチング2min処理したものが他の条件より変色が抑えられているようであったが、大きな違いではなかった。そのため、ブランチングは黒変がわかりやすく、皮むきしやすい範囲で設定すれば良いと考えられた。

### 3. まとめ

原料に関しては温度、光が変色要因となることから、冷蔵・遮光保管を徹底することが望ましく、規格では未熟に当たる小サイズ、首側の端部分は変色しやすいのでなるべく避けた方が良いと考えられた。とろろ加工時の前処理としては、生原料として目に見えづらい黒色化しやすい部位をブランチングにより顕在化させて最初に除去することが有効であるが、その際に変色しやすい皮に近い部分を除去するため1mmを目標に皮むきすると良いと考えられた。冷凍とろろの品質保持としてはオリゴ糖の添加が粘性保持、変色防止の両面で有効であり、さらに粘性が低下しない程度に加熱殺菌を行うことで変色防止にさらに効果を有することがわかった。本試験で得られた知見を図29にまとめた。



図 29. 試験のまとめ