

有色馬鈴薯の加工技術確立試験（第1報）（平成12年度）

研究開発課 田中 彰、大庭 潔

1．研究の目的と概要

アントシアニン色素およびカロテノイド色素を含む馬鈴薯は天然の色調を有し、着色料に頼ることなく食品を製造できる可能性を秘めている。また、健康面に良いとされているアントシアニンおよびカロテノイドを多く含有し、健康面での利用も期待できる。さらに、その原材料は馬鈴薯であることから入手も容易であり、安価でもあることから実用的価値が高いものである。これらの有色馬鈴薯の様々な加工食品への用途を考えると、加工技術の確立が急がれる。本年度は、この有色馬鈴薯の最も実用的価値の高い乾燥粉末化技術についての検討を行った。

2．試験研究の方法

（1）供試試料

アントシアニン系色素を含有する、肉色が紫色のインカパープルと赤色のインカレッドを供試した。

（2）乾燥粉末工程

塊茎を洗浄、剥皮し、短冊切りして十分に加熱処理した後、流水で冷却し、通風乾燥機で70℃、5時間乾燥させた。乾燥後、遠心粉碎機で粉末化した。この乾燥工程中に次のような処理を行い、乾燥粉末のアントシアニン色素の含有量、色調を比較検討した。

加熱方法

水煮と蒸しを行った。それぞれ短冊状にカットした後、水煮は2分、蒸しはせいりて20分間加熱した。

いもの形態

剥皮せずにホールの状態で水煮(20分)し、水冷後、マッシャーで砕いた。

水煮時のpH

クエン酸を添加(0.2%)して、カットしたものとホールの状態で加熱した。それぞれの加熱条件は、と同等に行った。

（3）アントシアニン色素の分析

粉末試料に5%ぎ酸を加え、冷蔵庫中で24時間静置して色素を抽出した。抽出した色素をHPLCで分析した。分析条件は以下の条件で行った。

検出器：東ソー製、UV-8020 紫外可視光検出器、測定波長 525nm, カラム：TSKgel ODS-80Ts(4.6mm×250mm,東ソー), 溶離液：アセトニトリル-0.1%TFA(1:4,V/V), カラム温度：40℃, 流速 0.8ml/min

含有量の算出はアントシアニンピーク面積を有色馬鈴薯から抽出精製した標準色素と比較して算出した。

（4）色調の測定

測色色差計 SQ-300H（日本電色）を用いて反射法で測定し、 $L^*a^*b^*$ で表した。

3．試験結果および考察

各加工処理を行って製造した乾燥粉末のアントシアニン含量および色調の分析結果を表に示した。また、それぞれの馬鈴薯の色素中に主要となる色素ピークが認められ、それぞれの色素中に占める割合を示した。水煮と蒸しを比較すると、アントシアニン含量は水煮のほうが高く、蒸しに比べてインカパープルが1.5倍、インカレッドが1.3倍であった。また、主要色素の相対含有率も水煮のほうが蒸しよりも高かった。有色馬鈴薯のアントシアニンは熱に弱いことが報告されている。水煮に比べ蒸しは加熱時間が長いので、含量が低くなったと考えられる。カットとホールで比較すると、アントシアニン含量はインカパープルのホールがカットの1.5倍も含量が高か

表 乾燥粉末のアントシアニン含量と色調

処理方法	アントシアニン	主色素の相対含有率	色調		
			L [*]	a [*]	b [*]
インカパープル	mg/100g	%			
カット 水煮	469.5	52.5	70.73	3.20	-0.51
カット 蒸し	322.5	43.6	78.39	1.46	4.78
ホール 水煮	704.2	49.6	70.70	3.09	0.76
カット 水煮(クエン酸有り)	377.6	52.0	76.27	4.10	1.66
ホール 水煮(クエン酸有り)	548.6	49.0	69.78	3.37	-0.90
インカレッド					
カット 水煮	310.1	53.6	76.30	7.28	10.22
カット 蒸し	241.9	42.4	73.38	6.81	11.22
ホール 水煮	304.6	48.9	78.02	5.35	9.17
カット 水煮(クエン酸有り)	305.2	56.3	76.36	9.10	11.07
ホール 水煮(クエン酸有り)	357.0	48.0	72.00	6.70	11.64

った。一方、インカレッドは差がほとんどなかった。主要色素の相対含有率は両者ともにホールが低くなっていた。インカパープルは皮の下に色の濃い部分が存在しており、カットの場合は剥皮の際に除去されるが、ホールの場合は皮ごと粉末化しているため、含量が高くなっていると考えられる。クエン酸を添加して水煮を行った場合、インカパープルはカット、ホールの両者ともクエン酸を添加した場合、含量が低くなった。インカレッドのカットはほとんど含量は変わらなかったが、ホールはクエン酸を添加したほうが高含量であった。色調を比較すると、インカパープルはa^{*}が高く、b^{*}が低いほど紫色が濃くなると考えられる。分析結果からはクエン酸を添加した処理や主要色素の相対含有率が高い処理において、紫色が濃くなる傾向にあった。インカレッドはa^{*}が高いほど赤色が強くなると考えられるが、主要色素の相対含有率が高かった処理区でa^{*}が高くなり、クエン酸を添加した処理では、a^{*}が処理区中で最も高かった。一般に、アントシアニン色素はpHが低いと赤色が強まり、鮮やかな色になる。クエン酸添加でアントシアニン含量や主色素の含有率に関わらず色調が強いのはpHの影響と考えられた。以上の結果から、粉末化した場合の状態が良かったカット・水煮(クエン酸有り)を行った加工処理が適切と思われた。処理工程を図に示す。

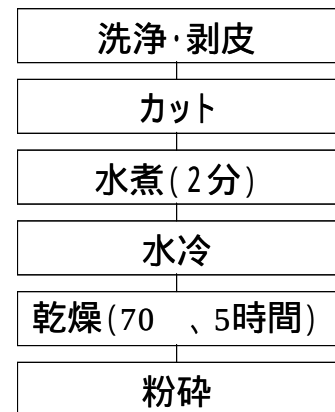


図. 粉末化工程

4. まとめ

本研究では、アントシアニン色素をより多く含有した乾燥粉末の加工工程について検討を行った。その結果、加熱時間が短いほうが、全アントシアニン全色素中に占める主要色素の含有率が高く、粉末の色調も今回の処理区では良かった。また、クエン酸を添加して水煮した場合、インカパープルのアントシアニン含量が低くなったが、粉末の色調は良かった。しかし、どの処理区においても含有量、色調ともに十分なものとはいえず、今後も加工方法について検討が必要である。

なお、本試験は北海道農業試験場畑作研究センターばれいしょ育種研究室、十勝農業協同組合連合会、和田製糖株式会社および日農化学工業株式会社との共同研究で行われたものであり、(財)農産振興奨励会より一部ご協力を受けて実施されたものである。

有色馬鈴しょの加工技術確立試験（第2報）（平成13年度）

研究開発課 三野宮利江、田中 彰、大庭 潔

1. 研究の目的と概要

本事業は、アントシアニン色素を含有する馬鈴しょを用いて乾燥粉末化技術を確立し、その乾燥粉末を用いた様々な加工食品への応用を検討し、さらに、レトルトやプレピール等の加工条件の検討をすすめ、生いもとともに高度利用技術の開発を行なうことを目的とする。加工の原料となる生いもは、貯蔵中も呼吸を続けており、デンプンの糖化など食品成分の変化が生じる。この成分の変化は、製品の品質に大きく影響することが考えられ、特にアントシアニン含量の変化を把握することは本試験において重要である。今年度は、有色馬鈴しょの貯蔵中における成分の変化を明らかにし、加工利用における最適な貯蔵条件の検討を行なう。

2. 試験研究の方法

（1）供試試料

肉色が赤色のインカレッド（以下、レッド）と紫色のインカパープル（以下、パープル）および北海88号（以下、88号）を供試した。それぞれ、自然換気による製品庫と2℃に保たれた冷蔵庫で保管した。20日毎に試料を採取し各成分の分析を行なった。

（2）分析方法

それぞれの試験区から10個のイモを無作為に抽出し、水洗して表面の水を拭き取った後、デンプン価の測定を行なった。測定後、剥皮し、半分をおろし金で手早く摩り下ろし、分析試料とした。ただし、ビタミンCは残り半分をダイス状に切って分析試料とした。分析項目および方法は次のとおりである。

デンプン価

ポテトゲージ(旭川計量機㈱製、DPG-0.3K)を用いて、空中での重量と水中(17.5℃)の重量を測定し、デンプン価に換算した。

水分

常圧、100℃で5時間加熱を行ない、乾燥前後の重量減分から水分含量を求めた。

タンパク質

ケルダール分解法で分析した。窒素-タンパク質換算係数は6.25を用いた。

デンプン

アルカリ抽出、アミログルコシダーゼ-グルコースオキシダーゼ法でグルコースを分析して、デンプン含量に換算した。

遊離糖

80%エタノールで、80℃で1時間抽出し、遠心分離後、上清を高速液体クロマトグラフ(HPLC)にて分析した。検出されたグルコース、フラクトース、シュクロースの合計量を遊離糖含量とした。

ビタミンC

5%メタリン酸を加え、ホモジナイズして抽出した。上清に還元試薬を加えて、酸化型アスコルビン酸を還元し、HPLCで分析した。

アントシアニン

分析試料に3%トリフルオロ酢酸(TFA)を加え、4℃で24時間静置して色素を抽出し、HPLCで分析した。含有量の算出はアントシアニンピーク面積を有色馬鈴しょから抽出精製した標準色素と比較して算出した。主要色素の割合は検出されたピーク面積と主要色素のピーク面積との比から計算した。

3. 試験結果および考察

保存試験前の各有色馬鈴しょの成分値を示す(表1)。水分はレッド、88号、パープルの順に多く、デンプン含量は逆にパープル、88号、レッドの順に多かった。馬鈴しょは水分含量が高いとデンプン含量は少なくなるが、有色馬鈴しょの場合も同様であった。アントシアニン含量は88号が100gあたり185mgと最も高く、パープルが152mg、レッドは51mg

表1 各いもの成分値

		レッド	パープル	88号
デンプン価	%	11.0	18.1	15.0
水分	%	83.3	72.8	77.3
タンパク質	%	2.0	2.0	1.6
デンプン	%	8.1	16.3	11.7
遊離糖	%	2.1	2.5	1.5
ビタミンC	mg/100g	10.2	11.7	10.0
アントシアニン	mg/100g	51	152	185
主要色素割合	%	71.5	55.5	62.0

と少なかった。全色素中の主要色素の占める割合は、レッドが71.5%、パープルが55.5%、88号が62.0%であった。紫系のうち、外観では88号の色が濃い、分析結果でもアントシアニン含量および主要色素の割合ともに88号が多かった。前年度もレッドとパープルの成分を分析しているが、前年度と比べると、パープルは水分含量、ビタミンC含量が低く、デンプン含量が高くなっている。また、アントシアニン含量は前年度よりパープルが多く、レッドは約半分くらいに少なくなっていた。

貯蔵試験においては、60日目まで、デンプン価、水分、タンパク質、デンプン含量には大きな変化は見られなかった。遊離糖は、製品庫と冷蔵庫のいずれもレッドと88号で増加傾向にあり、貯蔵中に糖化が起こっているものと考えられた。また、製品庫の方が多くなっていた。ビタミンCは製品庫、冷蔵庫ともレッドが減少していたが、パープルと88号では差が見られなかった。アントシアニン(図1)は、製品庫、冷蔵庫ともにパープルが20日目で減少し、以降、若干の増減は見られたが、減少傾向であった。レッドや88

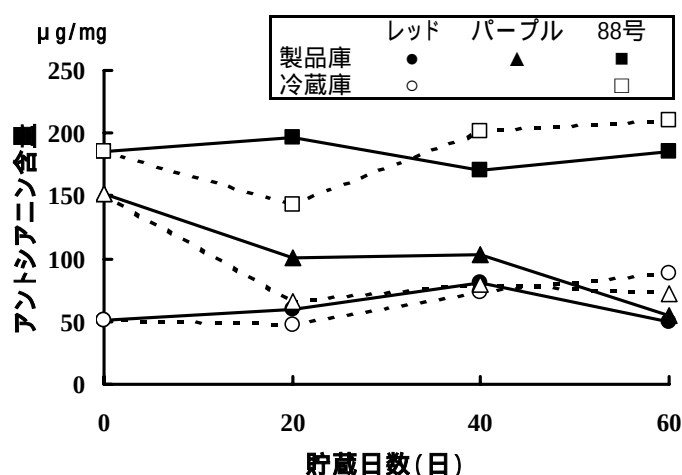


図1. 貯蔵中のアントシアニン含量

号では、保存前よりも含量が高くなるものも見られたが、個体間のばらつきが大きく、大きな差とはいえなかった。また、いずれのいもにおいても60日目には製品庫より冷蔵庫の方が含量は多くなった。主要色素の割合は、どちらの試験区においても、88号はほとんど変わらないのに対し、レッドとパープルでは20日目に減少していた。

4. まとめ

本試験では、生いもの貯蔵中における成分変化を検討した。貯蔵試験は現在も継続中であるが、60日目までにおいて、製品庫で遊離糖の増加およびビタミンC、アントシアニン含量の減少が顕著であり、冷蔵庫が品質を保つために良いと考えられる。しかし、加工利用する上では更に長期間での貯蔵が考えられ、その時の成分変化も把握しなければならない。貯蔵試験は継続中であり、今後も成分変化を調べていく。

有色馬鈴しょの加工技術確立試験（第3報）（平成14年度）

研究開発課 大庭 潔
企画管理課 佐々木雅子

1. 研究の目的と概要

本事業は、アントシアニン色素を含有する馬鈴しょを用いて乾燥粉末化技術を確立し、その乾燥粉末を用いた様々な加工食品への応用を検討するとともに、生いもの高度利用技術の開発を行うことを目的としている。これまでに、有色馬鈴しょの乾燥粉末化技術を確立し、加工の原料となる生いもの貯蔵中におけるアントシアニン含量の変化あるいはデンプンの糖化など食品成分の変化を明らかにし、最適な貯蔵条件の検討を行ってきた。

本年度は有色馬鈴しょの乾燥粉末品を用いて菓子類の試作検討を、また生の有色馬鈴しょを用いて加工食品の試作を行ったので報告する。

2. 試験研究の方法及び結果

（1）供試試料

肉色が赤色のインカレッド（以下レッド）と紫色のインカパープル（以下パープル）および北海88号（以下88号）を供試した。平成12年度の報告を元に乾燥粉末を調整し、菓子類の試作に用いた。生いものは平成14年秋に幕別町において収穫されたものを使用した。

（2）有色馬鈴しょ乾燥粉末を用いた菓子類の試作

クッキー（レッド及びパープル）の試作

表1の配合表を元に試作した。レッド、パープルとも配合割合は同じであり、乾燥粉末の種類を変えるとそれぞれの色調を持ったクッキーができる。

最初に、有色馬鈴しょ乾燥粉末（レッド及びパープル）と小麦粉（薄力粉）を混合したものに油脂類（砂糖を含むバター及びショートニング）を混ぜ合わせ、滑らかな状態になったものをポテトベースとする。その後クッキーの基本ベースを配合し、型を作る時点でそれぞれを組み合わせ円柱形とする。これを冷凍庫に一晩保管する（アイスボックスタイプ）。冷凍された生地を適当な厚さにカットし、オーブンで焼き上げた。焙焼条件は当初170・10分、その後110・6分である。

なお、有色馬鈴しょの色調を生かす上で重要な点は、予め油脂類との混合物（ポテトベース）を作っておくことである。従って、直接乾燥粉末をクッキー生地と混ぜ合わせると両品種ともに良好な発色を得ることができない。これは配合材料（全卵）に含まれる水分により発色が阻害されるためと考えられる。

表1 クッキー配合表

	材料名	配合割合(%)
クッキー基本ベース：	小麦粉（薄力粉）	28.79
	食塩	0.14
	全卵	5.76
	バター	14.40
	砂糖	9.60
	ベーキングパウダー	0.05
	小計	58.74
ポテトベース	有色馬鈴しょ粉末	7.68
	小麦粉（薄力粉）	13.43
	バター	6.72
	ショートニング	6.72
	砂糖	6.72
	小計	41.26
		100.00

表2 パイ配合表

	材料名	配合割合(%)
パイ基本ベース：	小麦粉（薄力粉）	20.77
	小麦粉（強力粉）	20.77
	マーガリン	5.82
	食塩	0.73
	水	20.77
	小計	68.86
ポテトベース	有色馬鈴しょ粉末	16.00
	パイ用マーガリン	15.14
	小計	31.14
		100.00

パイ（レッド及びパープル）の試作

表2の配合表を基に試作を行なった。クッキーと同様に、予めポテトベースを作っておく。有色馬鈴しょ粉末をパイ用折込マーガリンと混合する。その後、パイ生地の基本ベースを作成し、ポテトベースを生地に練り込みながら最終パイ生地を作り、生地から型で抜きオープンで焼き上げた。焙焼条件は当初 170 ・ 15 分、温度を下げ 130 ・ 15 分である。

クッキーの場合と同様に、有色馬鈴しょ乾燥粉末を直接生地に練り込むことによる発色は非常に難しい。これは生地に含まれる水による影響が大きく、有色馬鈴しょの特徴である色合いが失われてしまう。そこで予め油脂類と混合してから用いることにより（ポテトベースの作成）両品種共良好な発色を得ることが可能となる。

パウンドケーキ（レッド及びパープル）の試作

有色馬鈴しょに含まれるアントシアニンが酸性側で赤あるいは紫を発色し、弱アルカリ性側では黄緑色を発色するという特性がある。この特性を利用してパウンドケーキの試作を行った。

最初に、表3に示した配合表をもとに、予めポテトベースを作っておく。レッドまたはパープルの乾燥粉末とサラダ油を加熱しながら混合（滑らかになるまで）し、その後、卵白、砂糖、小麦粉（薄力粉）を加え、十分に混合する。次にパウンドケーキの基本ベース生地に先のポテトベース生地を練り込みオープンで焼き上げた。焙焼は 180 ・ 25 分で行なう。

これまでの赤または紫の発色とは異なり、卵白の影響により鮮やかな黄緑色の発色を得ることができた。これは品種に関わりなく同じ発色を示した。クッキー、パイと同様に良好な発色のために、有色馬鈴しょ乾燥粉末を予め油脂類と混合しておき、この混合物に卵白を添加することが重要である。

以上、有色馬鈴しょ乾燥粉末の菓子類への応用を示した、この有色馬鈴しょ乾燥粉末利用の中で最も大きい特徴として綺麗な色合いという点が挙げられる。現段階では、この有色馬鈴しょに含まれる色素は非常に不安定で、扱い方が難しい。しかし本試験では良好に発色させる方法を見つけることができた。今後この有色馬鈴しょの加工食品への応用という観点からも非常に有益であると考えられる。

表3 パウンドケーキ配合表

	材料名	配合割合(%)
パウンドケーキ 基本ベース：	小麦粉（薄力粉）	19.84
	ベーキングパウダー	0.06
	バター	19.84
	グラニュー糖	17.93
	卵黄	5.74
	卵白	8.13
	牛乳	2.4
	小計	73.94
	有色馬鈴しょ粉末	2.39
	卵白	12.91
ポテトベース	サラダ油	1.20
	グラニュー糖	4.78
	小麦粉（薄力粉）	4.78
	小計	26.06
		100.00

（3）有色馬鈴しょの生を用いた加工食品の試作

応用食品（有色馬鈴しょ香味油漬）の試作

生の有色馬鈴しょを粉末にすることなく加工することにより新しい加工食品への応用を検討した。レッド及びパープルを洗浄し、ピーラーにおいて皮むきを行う。その後予め調整しておいた調味液（配合は表4に示す）に浸漬し、調味液と共にパックし 95 で 25 分間ボイルを行なった。試作品は良好に発色し（赤及び紫）彩りを生かしてサラダ等に供することが可能であり、幅広い用途が考えられる。

加工食品としての惣菜の試作

予めレッド及びパープルを洗浄し、ピーラーで皮むきを行う。その後、約 1cm 角のダイス状

表4 調味液配合表（馬鈴しょ180gに対し）

グレープシードオイル	60ml
リンゴ酢	60ml
黒粒胡椒	5粒
白粒胡椒	5粒
ベイリーフ	1枚
フェンネル	少々
食塩	2g
砂糖	4g

にカットし、95℃で7～8分ブランチングを行った。このダイス状の有色馬鈴しょを通常のコロッケの生地（3～4割混ぜ込み、ダイスが潰れないように攪拌を行った。これを成形しコロッケとした。コロッケ自体が衣に覆われているため、有色馬鈴しょの特徴である色合いを直には観察することができない。しかし、中を割った状態で観察すると非常にユニークな色合いを見ることができる。このように、有色馬鈴しょ自体は様々な利用法が考えられることから、さらに新しい発想により幅広い用途へと繋がるものと思われる。

3．まとめ

本試験では、レッド及びパープルの乾燥粉末を用いて菓子類の試作を行った結果について報告した。併せて、有色馬鈴しょの生を用いて、加工食品（惣菜）の試作を行った。その結果、有色馬鈴しょの乾燥粉末は加工において、中性付近では非常に不安定であるが酸性側あるいはアルカリ性側において安定して発色（酸性：赤、アルカリ性：黄緑）することがわかった。また、水分の少ない状態（乾燥状態）あるいは油脂と混合した状態においても非常に安定した発色を示した。すなわち、本有色馬鈴しょ（レッド、パープル両品種共）の色を生かした加工を行うためには、前述の条件を満たす加工方法を採用することが必要であり、これにより安定した加工食品を作ることが可能となる。今後はさらに、水分含量の高い加工食品へ応用する上で、色素の安定性を検討する必要があると考えられる。また、有色馬鈴しょそのものの活用例として、香味油漬及びコロッケの試作を実施した。乾燥粉末を用いた場合と異なり、安定した発色が見られ、見た目に訴求する新しい加工食品の提案を行うことができた。

なお、本試験は独立行政法人農業技術研究機構北海道農業研究センター畑作研究部馬鈴しょ育種研究室、十勝農業協同組合連合会、和田製糖株式会社、および日農化学工業株式会社との共同研究で行われたものである。

謝辞 本試験の実施にあたり、ご支援、ご協力を賜りました財団法人農産業振興奨励会様及び十勝冷凍食品株式会社様にお礼申し上げます。