

美味しく食べて軽度不調を改善 バレイショ「ながさき黄金」の高付加価値化

食品開発支援センター 主任研究員 土 井 香 織
食品開発支援センター 専門研究員 宮 田 裕 次

バレイショ「ながさき黄金」は、肉色が濃い黄色で良食味の特徴を有し、複合病害虫抵抗性があり、産地での安定した栽培が期待される長崎県育種品種である。特徴あるバレイショである一方、一般的に栽培される品種「ニシユタカ」より単位面積当たり2割程度収穫量が低いという課題がある^[1]。また、令和3年に実施された戦略的イノベーション創造プログラム「食を通じた健康システムの確立による健康寿命の延伸への貢献」(以下SIP事業)でのヒト臨床試験において、「ながさき黄金」の8週間摂取は軽度不調を改善する効果が確認された^[2]。

そこで、本研究では県産品の高付加価値化によるブランド力の向上を目的に、「ながさき黄金」青果物の機能性表示食品届出に向けた科学的根拠を得るための機能性成分分析と、「ながさき黄金」加工品の機能性成分量が担保された高付加価値食品の開発を行う。今年度は、青果物の作型や土壌および貯蔵期間の違いによる機能性成分カロテノイド含量の分析と、加工品であるポテトサラダの保存条件によるカロテノイド含量の推移について検討した。

1. 緒言

長崎県のバレイショ生産量は令和4年度時点、北海道、鹿児島に次ぐ第3位の全国有数の産地で、温暖な気候を生かした二期作栽培を行っている。長崎県はバレイショの育種に取り組んでおり、これまでに県育成品種は16品種以上におよび、病害や収量性、食味等に優れた品種を生み出している。そのうちの一つである

「ながさき黄金」は令和2年に品種登録された県育成品種であり、肉色が濃い黄色を有し、ほくほくした食感と甘味がある特徴的な品種である。「ながさき黄金」には、カロテノイドの一種であるゼアキササンチンを含む^[1]。バレイショの品種において、ゼアキササンチンを含むのは「ながさき黄金」以外に、北海道で育成品種された「インカのめざめ」が知られている。このように、ゼアキササンチンを含むバレイショ品種は希少である。

ゼアキササンチンには、目の黄斑部の色素を増加させ、光の刺激から目を保護し、ぼやけを緩和する機能によってはっきりと見る力をサポートすることが、一般に知られている^[3]。しかし、田中らは「ながさき黄金」1個に含まれるゼアキササンチンを1日109.8 μg 以上8週間継続摂取することで、目と全身の疲労感を軽減する傾向と有意に睡眠の質を高めること報告している^[2]。また、バレイショは青果物のため、原料貯蔵期間、加工処理、栽培産地などの違いによって成分含量が異なると考えられる。例えば、バレイショを長期低温貯

蔵することで糖含量が増加する^[4]。また、バレイショに含まれるアスコルビン酸残存率は、加熱処理方法によって異なる^[5]。さらに、バレイショに含まれるデンプン含量は、産地によって異なることが知られている^[6]。しかし、ゼアキササンチンについてはデータの蓄積が少なく、産地、貯蔵期間、加工処理などの違いによって、差異があることは十分に考えられる。

健康食品などのサプリメントに含まれる関与成分は、一般的に植物などから抽出・濃縮されている。濃縮液に含まれる関与成分を定量することで、一定量以上の関与成分量を担保できるサプリメントを作り出せる。このことから、多くの機能性表示食品はサプリメント形状で販売されている。一方、青果物やそれを加工した製品は、常に関与成分量を一定量以上担保することは難しい。

茶カテキンには、BMIが高めの方の内臓脂肪と皮下脂肪を低下させる機能^[7]など多くの生理機能が知られている。カテキンは、栽培条件の違いによって、カテキン含量が異なってくる。具体的には、4～5月にかけて摘採される一番茶と6月頃に摘採される二番茶では、二番茶葉が一番茶葉に比べカテキン含量が多くなる^[8]。また、茶生葉から乾燥加工した茶葉を高い温度で焙煎するとカテキンと糖が重合して、カテキン含量が減少する^[9]。これらの知見を活用することで、茶葉中のカテキン含量を推測して、機能性表示食品として茶飲料や茶ティーバッグでの販売が可能である。茶の

ように、栽培や加工条件の違いによって、関与成分量の差異について詳細に研究が進んでいる作物もある。しかし、バレイショに含まれるデンプン含量については、多くの知見が見られるものの、ゼアキサンチン含量については、あまり知られていない。

筆者らは、田中ら^[2]の知見に基づいて、「ながさき黄金」に含まれるゼアキサンチンを関与成分とし、睡眠の質向上を目的とした機能性表示食品として、バレイショ生産者や食品加工事業者と上市することを目指している。機能性表示食品で販売する上で重要なことは、関与成分量を一定量以上担保することである。そこで、「ながさき黄金」の産地、貯蔵期間、加工条件の違いによって、ゼアキサンチン含量に差異があるかどうか検討した。

2. 実験方法

2. 1 供試材料

長崎県内4地区で栽培収穫された、令和6年春作と秋作栽培の「ながさき黄金」を用いた。暗赤色土の諫早産、低地水田土の壱岐産、暗赤色土の南島原産、赤黄色土の西海産を収穫後、ながさき全農の出荷規格を参考にS、M、L、2Lサイズに分け、1サイズ5個ずつサンプリングして分析に供した。

2. 2 貯蔵条件

収穫した「ながさき黄金」を、長崎県工業技術センター低温室(KC-1.5、九州科学)にて3~4℃の暗黒条件下で6か月間貯蔵した。「ながさき黄金」の中間サイズであるMサイズを、3か月ごとに5個ずつサンプリングして分析に供した。

2. 3 カロテノイド量の測定

バレイショのカロテノイド含量を測定するための試料調製およびカロテノイド分析は、農業・食品産業技術総合研究所学術研究所が作成した手順書に準じて行った^[10]。1個の塊茎を凍結乾燥し粉碎したものを供試サンプルとした。サンプル0.3gにピロガロール0.6g、エタノール20mLを加え、ボルテックスミキサーで攪拌後60%水酸化カリウム溶液2.5mLを加え混合した後、30分間56℃で加温してケン化を行った。

ケン化後の試料に1%塩化ナトリウム溶液10mLを加えた。その後0.1%ジブチルヒドロキシルエン含有ヘキサン10mLを加えてボルテックスミキサーで攪拌し、2000rpmで10分間遠沈後、上層を回収した。

ヘキサン投入後の操作を3回繰り返した。回収した不ケン化物を40℃以下においてエバポレーターで減圧除去し乾固させた。

0.1%ジブチルヒドロキシルエンと1%酢酸アンモニウム溶液含有のtert-ブチルメチルエーテル：メタノール1:1溶液を用いて不ケン化物を溶解させ、0.20μmのメンブレンフィルターでろ過したものを高速液体クロマトグラフ(SHIMADZU Nexera X2)にてカロテノイドを測定した。カラムはYMC Carotenoid(ワイエムシイ)内径4.6×長さ250mmを使用し、移動相A液にはtert-ブチルメチルエーテル：アセトニトリル=(85:15, v/v) B液にはメタノールを用いた。グラジエントの条件は0分B液98%、25分B液91%、26分98%、46分stopとした。流速は1mL/分、カラム温度は30℃、試料注入量は20μL、検出波長は450nmでモニタリングした。ゼアキサンチン標準品を吸光度測定用溶液に調製し、分光光度計(UH5300)で吸光度の測定と濃度を算出した。その後、高速液体クロマトグラフ用標準溶液に調整し、1点検量線を作成し定量を行った。定量値は100g生重量当たりの重量mgを求め、5反復の平均値と標準偏差で示した。

2. 4 色調

色彩色差計(CR-400)を用い、「ながさき黄金」1個を縦半分に切断した面を上部、中部、下部の3か所の色彩値L*a*b*を測定し、5反復の平均値とした。

2. 5 ポテトサラダの製造、保存条件

材料は令和5年秋作壱岐産の「ながさき黄金」Mサイズ400g、人参、玉葱、マヨネーズ、砂糖、酢、塩胡椒からポテトサラダを製造した。工程は、「ながさき黄金」、人参、玉葱を電解水で殺菌後、皮をむき、スチームコンベクションで蒸気加熱の後粉碎・調味し、パウチ袋に70g充填しシーラーで密封後、3℃で冷蔵保管した。一般に販売されているパウチ様のポテトサラダの賞味期限は約30日なので、1.5倍となる45日間を保存期間とした。

2. 6 統計処理

測定値は平均値±標準偏差で示した。土壌群内のサイズまたは貯蔵期間の比較は、Tukey-kramer検定を行い、統計的有意水準はp<0.05とした。

3. 結果及び考察

3. 1 土壌群別およびサイズ別による「ながさき黄金」に含まれるゼアキサンチン含量の比較

令和6年春作産における土壌群別及びサイズ別による「ながさき黄金」に含まれるゼアキサンチン含量を図1に示す。土壌群内において、ゼアキサンチン含量はサイズが小さくなるほど高くなる傾向にあり、低地水田土の壱岐産はSとL間で、また暗赤色土の南島原産はSと2L間で有意な差は見られたが、ほか2土壌群の暗赤色土の諫早産と赤黄色土の西海産では有意な差は見られなかった。なお、2Lサイズに含まれるゼアキサンチン含量は、個体差によるばらつきが大きいことが確認された。

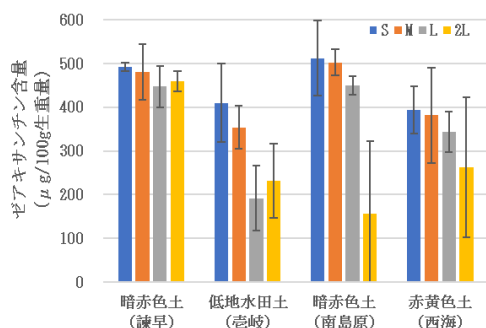


図1 春作バレイショ「ながさき黄金」における土壌群別およびサイズ別ゼアキサンチン含量
注1) 原料は令和6年春作産
注2) 数値は平均値±標準偏差 (n=5)

令和6年秋作産における土壌群別及びサイズ別による「ながさき黄金」に含まれるゼアキサンチン含量を図2に示す。土壌群内は春作同様サイズが小さくなるとゼアキサンチン含量が高くなる傾向はあったが、土壌群内サイズ別、土壌群間サイズ別のそれぞれで有意な差は見られなかった。

なお、秋作に含まれるゼアキサンチン含量は、春作に比べ半分程度であった。

ゼアキサンチンはゼアキサンチンエポキシ化酵素によってアンテラキサンチン、ビオラキサンチンへと変化する^[11]。「ながさき黄金」の親系統にあたる品種「インカのめざめ」では、2℃または6℃の12か月間の貯蔵において、ゼアキサンチン含量が減少しアンテラキサンチン含量が増加することが報告されており^[12]、秋作の気象条件では、酵素反応が進みゼアキサンチンが分解され、含量が減少している可能性が考えられた。

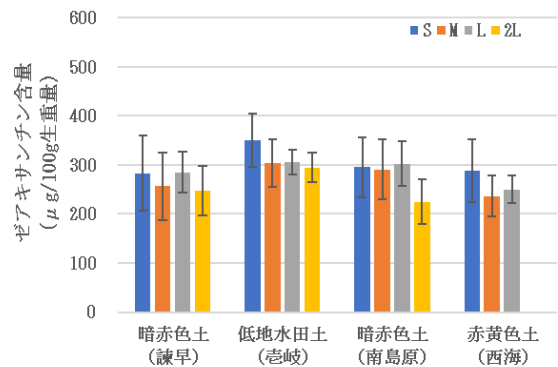


図2 秋作バレイショ「ながさき黄金」における土壌群別およびサイズ別ゼアキサンチン含量
注1) 原料は令和6年秋作産
注2) 数値は平均値±標準偏差 (n=5)

3. 2 冷蔵貯蔵における「ながさき黄金」に含まれるゼアキサンチン含量推移

令和6年春作産の冷蔵貯蔵における土壌群別「ながさき黄金」に含まれるゼアキサンチン含量を図3に示す。貯蔵開始180日目では、低地水田土の壱岐産を除く3土壌群内において、有意な差は確認されなかった。

冷蔵貯蔵中の成分変化である低温糖化はバレイショ特有の現象であり、「ながさき黄金」の親系統品種である「インカのめざめ」は2℃で90日間貯蔵すると全糖含量が貯蔵開始時と比べ8倍、180日間貯蔵では11倍増加する^[4]。また石黒らによると、「インカのめざめ」のゼアキサンチン含量は180日間の2℃貯蔵では変化は見られず、6℃貯蔵においては4割程減少していると報告されている^[9]。今回は3～4℃180日間貯蔵であり、壱岐産を除く土壌群において、ゼアキサンチン含量の減少は確認されなかった。次年度は経時変化を確認する。

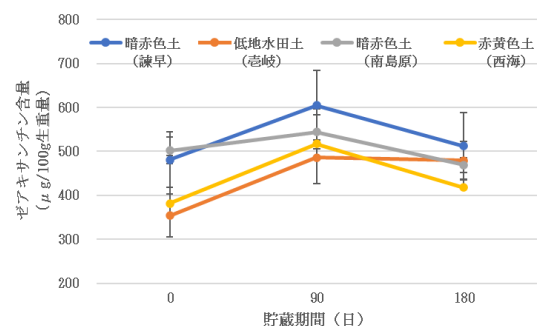


図3 春作バレイショ「ながさき黄金」における冷蔵貯蔵における土壌群別ゼアキサンチン含量
注1) 貯蔵温度は3～4℃、Mサイズを使用
注2) 数値は平均値±標準偏差(n=5)

3. 3 色調とゼアキサンチン含量の関係

色調は、色彩色差計 $L^*a^*b^*$ で表す方法を用いた。春秋作産ともにサイズが小さくなるほど b^* (＋は黄色度を－は青色度を表す)、 L^* (明度を表す) が上昇し、ゼアキサンチン量も同様の傾向となったが、 a^* (＋は赤色度を－は緑色度を表す) に傾向は見られなかった。春作産と秋作産でゼアキサンチン含量に有意な違いが見られたが、色調にあまり違いは見られなかったため、ゼアキサンチンが代謝されカロテノイド組成が変化した可能性がある。そこで、次年度はゼアキサンチンの代謝物であるアンテラキサンチン含量も測定し、ゼアキサンチン含量とアンテラキサンチン含量を合わせた総カロテノイド含量と色調との相関を検討する。

表1 春作ながさき黄金断面の色彩値とゼアキサンチン含量

土壌別サイズ別		色彩値			ゼアキサンチン量 μg/100g生重量
		L*	a*	b*	
暗赤色（諫早）	S	69.77	0.21	40.75	491.91
	M	67.83	0.07	38.11	480.67
	L	66.36	0.23	37.18	447.44
	2L	63.45	0.48	34.22	459.25
低地水田土（杵岐）	S	70.10	-0.23	37.42	409.61
	M	69.03	-0.21	36.07	353.73
	L	67.38	-0.23	34.91	191.86
	2L	66.20	-0.07	33.75	230.69
暗赤色土（南島原）	S	69.04	0.11	39.06	511.76
	M	67.47	0.19	38.42	502.25
	L	65.59	-0.01	36.07	449.80
	2L	65.01	0.02	35.08	155.40
赤黄色土（西海）	S	71.18	-0.58	38.58	393.73
	M	69.07	-0.25	38.54	381.58
	L	68.69	-0.37	37.32	344.07
	2L	67.50	-0.05	37.94	262.36

表2 秋作ながさき黄金断面の色彩値とゼアキサンチン含量

土壌別サイズ別		色彩値			ゼアキサンチン量 μg/100g生重量
		L*	a*	b*	
暗赤色（諫早）	S	68.30	-0.28	43.55	283.39
	M	66.98	-0.63	42.86	256.81
	L	64.86	0.08	38.66	285.23
	2L	64.61	-0.47	38.07	247.80
低地水田土（杵岐）	S	68.75	0.11	42.07	350.30
	M	68.84	-0.11	44.68	304.02
	L	69.33	0.25	44.08	305.32
	2L	66.25	-0.60	43.01	294.57
暗赤色土（南島原）	S	67.83	-0.05	45.48	295.30
	M	65.99	-0.47	39.48	291.20
	L	66.93	-0.37	42.59	302.45
	2L	67.17	-0.91	41.53	225.00
赤黄色土（西海）	S	69.25	-0.46	43.39	287.74
	M	69.94	-1.04	44.53	236.43
	L	68.51	-0.79	42.30	249.84

3. 4 ポテトサラダの冷蔵保存期間におけるゼアキサンチン含量推移

「ながさき黄金」青果物 100 g に含まれるゼアキサンチン含量は $368.64 \mu\text{g}$ であるが、当日蒸気により加熱し製造したポテトサラダのゼアキサンチン含量は、100 g 当たり $148.84 \mu\text{g}$ と約 60% 減少した。また、ポテトサラダを冷蔵下で 46 日間保存すると含量は減少していた (表3)。廣田らによると、カロテノイドは加熱調理により酸化や分解が起こり、損失されると報告^[13]しており、冷蔵保存によっても損失されることがわかった。ポテトサラダを製造するにあたり、保存期間によっては、機能性表示可能な根拠含量ゼアキサンチン $109.8 \mu\text{g}$ を担保するには、内容量 90 g 以下では担保できない恐れがあることが判明した。

表3 ポテトサラダ冷蔵保存期間のゼアキサンチン含量

保存期間	ゼアキサンチン $\mu\text{g}/100\text{g生重量}$
青果物	368.64
0日	148.84
11日	147.40
20日	130.13
27日	125.73
40日	120.91
46日	132.08

注1) 原料は令和5年秋作M玉 (杵岐産) を用いた

4. 結言

令和6年春作および秋作栽培青果物の土壌群やサイズ、貯蔵、および加工品であるポテトサラダにおけるゼアキサンチン含量を調査し、機能性表示可能な根拠含量である $109.8 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ 生重量が担保できることを確認した。

また、色彩値からゼアキサンチン含量を推定できる相関関係を導くには、総カロテノイド含量の算出が必要なため、次年度より調査を実施する。相関関係が明確になれば、色調が機能性成分含量の簡易指標として活用でき、より簡易に特徴づけが可能になることで商品販売の強みになると考えられる。次年度は、経時変化や総カロテノイド含量の測定などデータの蓄積を行い精査していく。

参考文献

- [1] 坂本、森ほか：カロテノイド高含量バレイショ新品種「ながさき黄金」の育成、長崎県農林技術開発センター研究報告、第9号 55～90、2019
- [2] 田中、宮田ほか：ゼアキサンチンを含有する有色バレイショ「ながさき黄金」摂取が眼の疲労感と睡眠の質に及ぼす影響-ランダム化二重盲検プラセボ対照並行群間比較試験-、応用薬理、第108巻第1/2号、pp33-42, 2025
- [3] 橋本：機能性表示食品におけるルテインとゼアキサンチンの科学的根拠、ファルマシア、Vol. 52, No. 6, pp. 534-538, 2016.
- [4] 遠藤ほか：生食用ジャガイモ品種の低温貯蔵による糖含量の増加特性、日本食品化学工学会、62, pp50-55, 2015.
- [5] 大羽：貯蔵、切断および加熱調理に伴うジャガイモのビタミンC含量の変化、日本家政学会、Vol. 39, No. 10, 1051-1057, 1988.
- [6] 小宮山ほか：ジャガイモのデンプン含量が調理特性に及ぼす影響、日本調理科学会、Vol. 35, No. 4, pp. 336-342, 2002.
- [7] Rains, T.M., S. Agarwal, K.C.Maki : Antiobesity effects of green tea catechins:a mechanistic review, J Nutr Biochem, 22, 1-7. 2011
- [8] 石垣：お茶の化学成分 味香りと茶樹の栽培、化学と生物、19巻、5号、278-285, 1981.
- [9] 中川：茶のカテキン、茶業研究報告、1970巻、Appendix2号、81-101, 1970.
- [10] 農業・食品産業技術総合研究所果樹研究所：ルテイン、ゼアキサンチン、 β クリプトキサンチン、 α カロテン、 β カロテンを分析対象にした果実野菜類のカロテノイド分析法 pp7-26, 2013
- [11] 大宮ほか：花を彩るカロテノイド その多様性と蓄積制御機構、園芸研、18(4), 335-347, 2019.
- [12] 石黒、遠藤ほか：バレイショ塊茎および茎葉のカロテノイド評価、学会発表
- [13] 廣田ほか：植物性食品のカロテノイド、日本食生活学会誌、Vol18, No3, 11-21, 1997.