

自然薯の保存方法の検討とその高機能性をいかしたレシピの開発

目賀拓斗* 田中小百合* 津嘉山泉** 大本安梨紗*** 田中充樹* 戸田圭祐*
川井恵梨佳*** 吉尾壮児**** 木本眞順美*** 山本登志子***

要旨 自然薯 (*Dioscorea japonica*) は、胃粘膜保護や消化促進効果などの食品機能性を有する。これに加えて、自然薯の新規機能性として、プロスタグランジン (PG) E_2 合成系の抑制とそれに伴う抗炎症・抗腫瘍効果を見出した。このような自然薯の高機能性をいかすために、本研究では、その保存方法の検討と、低温乾燥粉末を用いた新規レシピの開発を行った。官能試験の結果より、自然薯の角切りとすりおろしの形態において、「色」については冷凍保存が好ましく、その他の項目については冷蔵と冷凍の保存方法で大差はなかった。一方、すりおろした自然薯と、粉末のもどしたものを比較したが、冷蔵と冷凍のすりおろしに比べて、全ての項目で粉末のもどしたものは劣っていた。そこで、自然薯低温乾燥粉末をレシピや加工品に応用するために、いくつかの試作品について嗜好調査を行ったところ、自然薯粉末の添加により食感や風味を変化させる効果を見出した。

キーワード：自然薯、保存方法、官能試験、嗜好調査、レシピ

I. 緒言

脂質メディエーターとは、局所で一過的に産生され、近傍の細胞膜受容体に作用してシグナルを伝え、速やかに分解される脂溶性物質の総称である。その中でも、 PGE_2 は、生体内において様々な恒常性の維持のみならず、慢性疾患の素因である炎症や、癌などの様々な病態誘発にも関与する。 PGE_2 は、不飽和脂肪酸のアラキドン酸よりシクロオキシゲナーゼ (COX) と PGE 合成酵素 (PGES) によって生合成され、病態時には、それぞれのアイソザイムである COX-2 と mPGES-1 の発現が誘導されて過剰な PGE_2 が産生される。 PGE_2 の産生を抑える目的で、COX 阻害薬のアスピリンやインドメタシンをはじめとする非ステロイド性抗炎症薬 (NSAIDs) が広く臨床応用されており、炎症や発熱のみならず癌を抑えることも知られている。しかしながら、胃粘膜障害や心臓血管系障害などの重篤な副作用が報告されており、予防目的の長期服用は難しい。そこで我々は、加齢にともない増加する慢性疾患の予防を目指して、 PGE_2 合成系をターゲットとした副作

用の少ない食品機能性の探索を行ったところ、自然薯低温乾燥粉末が COX-2 と mPGES-1 の発現を抑制し、 PGE_2 産生を低下させて、炎症や癌の悪性化を抑制する効果を有することを明らかにした¹⁾。

世界各国におけるヤマノイモに属する種は600種類以上あり、それらのうちの少なくとも12種類は、主食や強壮食として広く食されている²⁾。ヤマノイモ科の植物は、喘息、リウマチ性関節炎、気管支炎、腸の攣縮、閉経後障害、月経障害の緩和、あるいは、抗酸化作用やアンチエイジングの効果を有することなどが報告されている²⁻⁶⁾ が、そのメカニズムは不明な点が多い。我が国原産のヤマノイモ科に属する自然薯は、特有の粘りを持ち、その粘性成分ムチンによる胃粘膜保護や含有するアミラーゼによる消化促進効果が知られている。さらに、自然薯は特徴的な物性を有しており、我々は、その物性を利用した高齢者嚥下食への応用にも可能性を見出している⁷⁾。しかしながら、自然薯の収穫時期は10月下旬より12月頃であり、出荷時期は11月から2月頃である。そのため、市場において自然薯を入手

* 岡山県立大学大学院保健福祉学研究科

** 岡山県立大学大学院保健福祉科学研究科

*** 岡山県立大学保健福祉学部栄養学科

**** (有)オート来夢ヨシオ

〒719-1197 総社市窪木111

〒719-1197 総社市窪木111

〒719-1197 総社市窪木111

〒718-0306 岡山県阿哲郡哲多町矢戸2868-1

する時期は限られている。

本研究では、このような高機能性を有する自然薯を通年で食することができるように、保存方法を検討することとした。さらに、長期保存可能で、価格を抑え、応用範囲が広いと考えられる自然薯の低温乾燥粉末を利用した新規レシピの開発を目指した。

II. 材料と方法

1. 自然薯

自然薯の粉末は、皮を取り除き、40℃以下で乾燥した後に粉碎し、60メッシュでパウダー状にした低温乾燥粉末である。官能試験で用いた生、粉の自然薯の収穫時期は2009年1-2月あるいは11月であり、生の自然薯は冷蔵（4℃）あるいは冷凍（-30℃）で保存し、粉末は常温（25℃）で保存した。

2. 食品成分分析および機能性の解析に用いた試料

生自然薯、生長芋、自然薯粉、長芋粉の4種類のサンプルの一般的な栄養成分の分析を行った。

2-1) 水分の定量（常圧加熱乾燥法）

秤量した乾燥粉末と生のサンプル5gを常圧下、一定温度（105 ± 1℃）で加熱乾燥した後、試料重量の減量を水分とした。

2-2) 灰分の定量（灰化法）

秤量した乾燥粉末と生のサンプル5gを200℃で加熱した後、通常灰化温度（550℃）で灰化した試料重量を灰分とした。

2-3) タンパク質の定量（ケルダール法）

秤量した乾燥粉末サンプル1gと生のサンプル3gに濃硫酸と酸化剤（硫酸カリウム：硫酸銅混合物=10：1）を加え、分解液が淡青色透明になるまで加熱した。その後、水で希釈、30%水酸化ナトリウムを加え水蒸気を通じて加熱し、4%ホウ酸溶液に蒸留されてきたアンモニアを0.02N硫酸溶液で直接滴定し、その滴定値から窒素量を求め、窒素係数（6.25）を乗じてタンパク質量を求めた。

2-4) 脂質の定量（フォルチ法）

秤量した66.7%の水分を含有させた乾燥粉末サンプルあるいは生のサンプル5gにクロロホルム：メタノール=2：1混合液を加え振とうし、濾過したろ液の1/4容の0.88%塩化カリウム溶液を加えて、分離した下層を回収した。これから溶媒をエバポレーターにて濃縮し、脂質の重量を測定した。

3. 官能試験

自然薯の冷蔵あるいは冷凍の保存期間と形態（角切り、すりおろし）による比較をするため、官能試験を行った。すりおろしについては、粉末を水でもどしたのものについても比較した。項目は自然薯すりおろし、角切り共に「色、香り、粘り、食感、味」の5項目について「良い、やや良い、普通、やや悪い、悪い」の5段階評価の官能試験を行った。角切りでは「冷蔵、冷凍」の2種類、すりおろしでは「冷蔵、冷凍、粉」の3種類で、それぞれ1、2、4週間保存後の各形態の自然薯を比較した。角切りは、生の自然薯を4℃あるいは-30℃で保存し、試験実施前に1cm程度の薄切りにして提供した。すりおろしは、生の自然薯をすりおろした後に真空で4℃あるいは-30℃で保存した。粉末は、生の自然薯と同じ水分量の66.7%の水を加えてもどしたものを使用した。被験者は、20代女性、14名であり、ブラインド試験を実施した。

4. 嗜好調査

自然薯粉末を添加したアイスクリーム、パンナコッタ、かるかんを試作して嗜好調査を行った。項目はアイスクリームでは「甘さ、香り、食感、味」の4項目について3段階評価を行った。パンナコッタとかるかんでは官能試験と同様の5項目の評価について5段階の評価を行った。被験者は、20代女性、13名であり、ブラインド試験を実施した。

5. レシピ

5-1) アイスクリーム

一般的なバニラアイスクリームの作製方法に、自然薯粉を0、1.7、3.4%加えた3種類のアイスクリームを試作した。アイスクリームメーカーは、デロンギアイスクリームメーカーを使用した。

【材料（6人分）】

卵黄6個、グラニュー糖120g、牛乳500cc、生クリーム120cc、バニラエッセンス2～3滴、自然薯粉（0、1.7、3.4%）

【作り方】

- ①ボウルに卵黄、グラニュー糖60gを入れ、十分に泡立てる。
- ②牛乳、生クリーム、グラニュー糖60g、バニラエッセンスを加え、混ぜ合わせる。
- ③アイスクリームメーカー（デロンギ・ジャパン株

表1 自然薯と長芋の一般食品成分 (100g 中)

		水分(g)	タンパク質(g)	脂質(g)	炭水化物(g)	灰分(g)
自然薯	生	66.10	2.09	0.17	30.37	1.27
長芋	生	87.10	0.95	0.08	11.15	0.72
自然薯	粉	5.69	7.60	0.64	82.93	3.14
長芋	粉	9.02	8.33	0.73	77.07	4.85

式会社、IC4000SHQ) を用いて、②と自然薯粉 (0、1.7、3.4%) を加え、20 分間攪拌後に冷凍する。

5-2) パンナコッタ

自然薯粉末を 0、1.6、3.1% 加えて 3 種類のパンナコッタを試作した。

【材料 (6 人分)】

粉ゼラチン 5g、水 50cc、牛乳 300cc、生クリーム 200cc、砂糖 60g、自然薯粉末 (0、1.6、3.1%)、ラム酒大さじ 1～2、バニラエッセンス数滴

【作り方】

- ① 60℃ に温めた水に粉ゼラチンを加え、ふやかす。
- ② 牛乳、生クリーム、砂糖、自然薯粉末 (0、1.6、3.1%) を鍋に入れ、沸騰させないようにして全て溶かす。
- ③ ① のゼラチンを② に入れ余熱で溶かし、ラム酒、バニラエッセンスを加えて混ぜる。
- ④ 器に流し入れ冷蔵庫で冷やし固める。

5-3) かるかん

かるかんの皮に 10% の自然薯粉末あるいは長芋粉末を加えて 2 種類のかるかんを試作した。

【材料 (6 人分)】

自然薯粉末あるいは長芋粉末 40g、グラニュー糖 60g、水 150cc、上新粉 100g、卵白卵 1 個分、卵白用グラニュー糖 20g、こしあん 200g

【作り方】

- ① 自然薯粉末あるいは長芋粉末、グラニュー糖、水を加え、泡立て器で完全に混ぜ合わせる。
- ② ① にふるった上新粉を加えて、さっくりと混ぜる。
- ③ 卵白を十分に泡立てた後、グラニュー糖を加えて、メレンゲを作る。
- ④ ② と③ を合わせる。
- ⑤ カップの半分に④ を流し込み、20g のこしあんを入れて、さらに上から④ を加える。
- ⑥ 蒸し器で約 10 分蒸す。

Ⅲ. 結果

1. 自然薯と長芋の食品成分分析と PFC 比

Ⅱ-2 で先述した方法に基づき、自然薯と長芋 100g

中の食品成分を分析した結果を表 1 に示す。タンパク質はケルダール法、脂質はフォルチ法、灰分は灰化法、水分は常圧加熱乾燥法で測定し、炭水化物は五訂増補日本食品成分表の測定法である差し引き法、すなわち、水分、タンパク質、脂質及び灰分の合計 (g) を 100g から差し引くことにより算定した。自然薯と長芋の水分量を比較してみると生と粉末ではどちらも自然薯の方が水分量は少なかった。生の自然薯と長芋の水分量は、それぞれ 66.1% と 87.1% で大きく異なった。この水分量の違いが、それぞれの粘性に違いが生じる一因であるかもしれない。また、自然薯と長芋の成分比較において、生では特にタンパク質と脂質量に大きな違いが見られ、いずれも自然薯の方が多かった。しかし、粉末のタンパク質と脂質の含有量の比較では、両者間にほとんど違いは見られなかった。

PFC は表 1 の結果からタンパク質 (P)、脂質 (F)、炭水化物 (C) の比率を算出した (表 2)。脂質を基準として 1 と表示すると、いずれも炭水化物の含有率が高く、脂質の 100 倍以上であった。特に、自然薯の炭水化物含有率の方が、長芋よりも高かった。タンパク質含有率は、いずれも脂質の 10 倍程度であった。

表2 自然薯と長芋の PFC 比率

		P:F:C
自然薯	生	11:1:152
長芋	生	10:1:112
自然薯	粉	13:1:138
長芋	粉	12:1:110

2. 自然薯の保存形態と期間に関する官能試験による検討

図 1、2 より、自然薯の角切りあるいはすりおろしの「香り」と「味」について、「良い」「やや良い」の評価は冷蔵と冷凍に大きな差はなく、「食感」についても保存 2 週間後の角切りについては冷蔵が勝っていたが、1～4 週間の保存期間において、こ

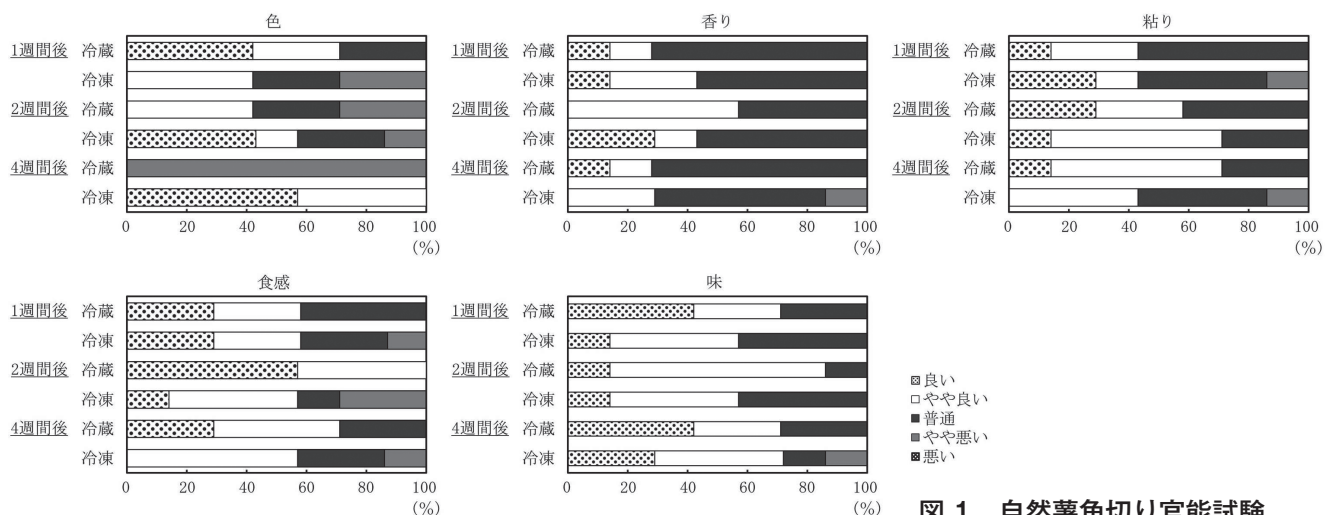


図 1 自然薯角切り官能試験

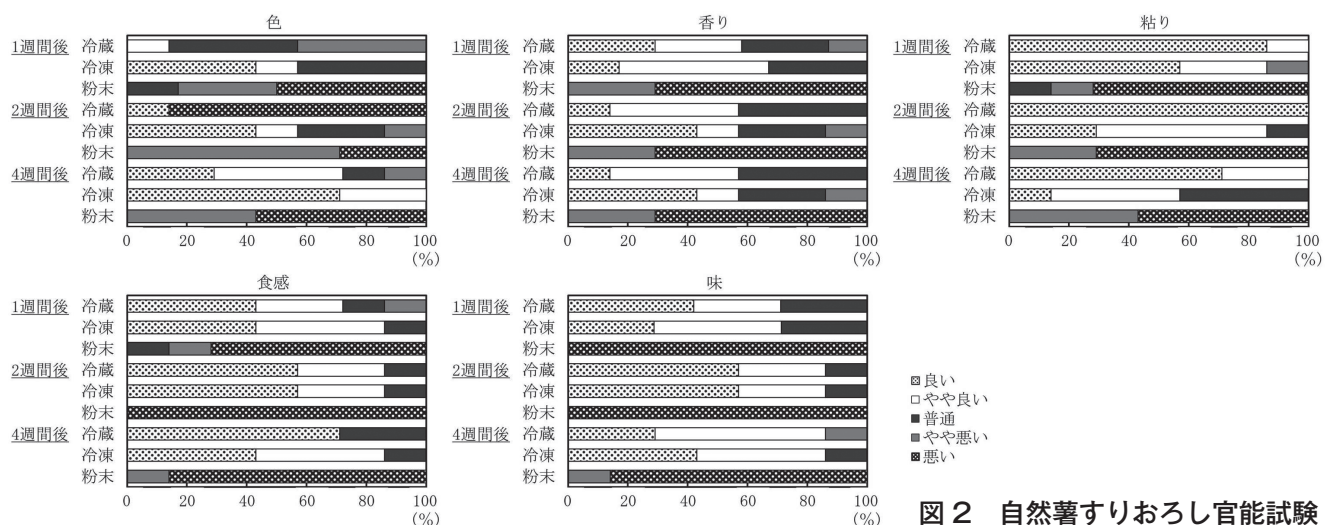


図 2 自然薯すりおろし官能試験

の3項目については全般的にほぼ変わりはなかった。一方、「色」については全期間において冷凍保存の方が好ましく、特に、保存期間が長くなるほどにその評価は顕著であった。逆に「粘り」については、保存期間が4週間になると、冷凍保存での評価が著しく低下した。すりおろし自然薯の試験の際には、粉末をもどしたものと比較したが、全ての項目で評価が低かった。被験者の感想には、「苦い、薬のような味」などの意見もみられた。以上の結果より、保存方法について、2週間程度の保存では、「色」を除いて冷蔵と冷凍のいずれも変わらず、4週間以上の保存になると「粘り」について冷凍ではやや低下することが分かった。しかし、食材としては「色」は重要な要素でもあり、全般的な評価からは、冷凍保存が好ましい評価であった。一方、粉末については、水でもどしたものを単独で食するのには不向きであり、料理の中の食材として、あるいは加工品としての応用を考える必要がある。

3. 自然薯粉末を用いたレシピの考案と嗜好調査

図3に示す自然薯アイスクリームの嗜好調査では、「甘さ」と「香り」については自然薯粉末無添加のものの方がやや良い評価であったが、「食感」と総合的な「味」については、自然薯粉末1.7%を含んだアイスクリームが最も良い評価であった。このことから、自然薯粉末の適度な添加は、食感を変化させ、「甘さ」や「香り」の評価以上に良い印象を与えたと考えられる。被験者の感想にも、自然薯粉末を添加したアイスクリームでは、「もっちりとした食感になる」という感想が多く見られた。

図4に示すパンナコッタの嗜好調査では、自然薯粉末の添加率が高いほど「粘り」を強く感じる評価であったが、「食感」の評価では自然薯粉末の添加による評価に大きな変化はなかった。一方、「色」については、自然薯粉末の添加によって評価が下がる結果であり、「味」の評価においても、自然薯粉末添加によって評価はやや低下した。しかし

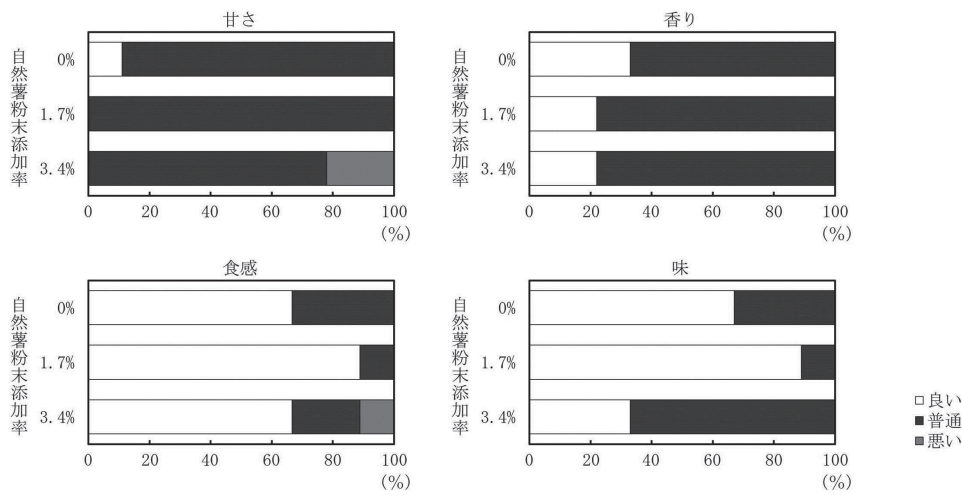
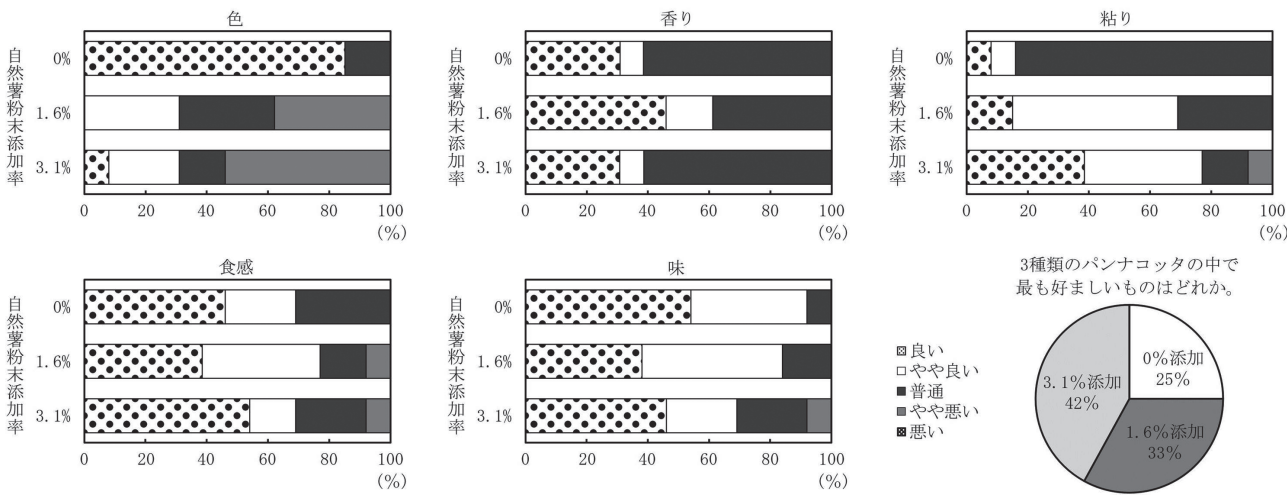


図3 自然薯アイスクリーム嗜好調査



3種類のバナナコッタの中で最も好ましいものはどれか。

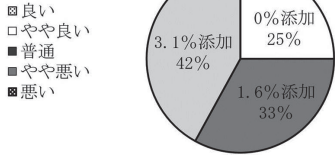
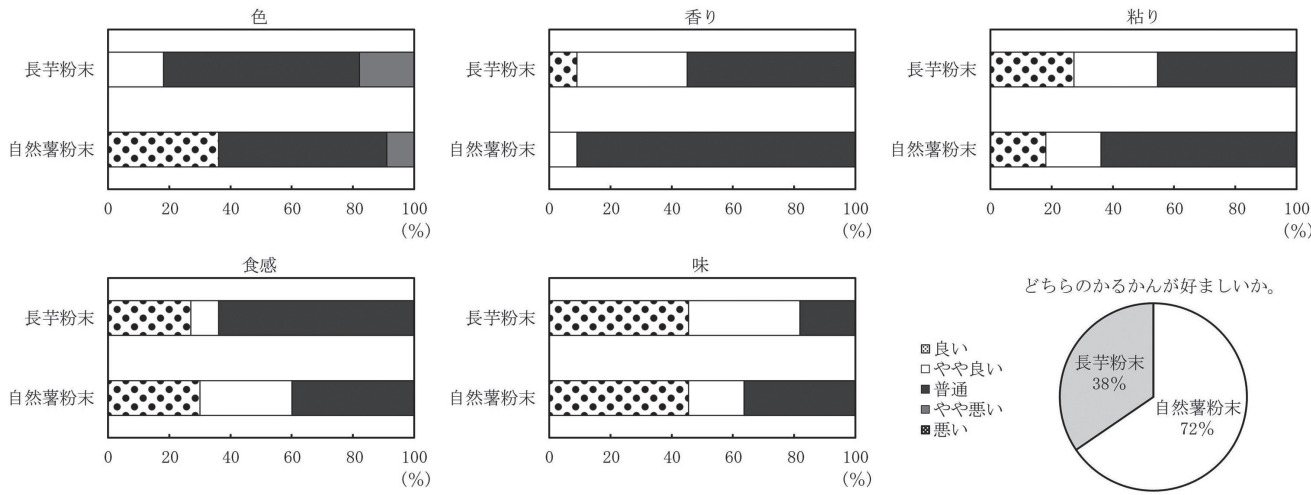


図4 自然薯バナナコッタ嗜好調査



どちらのかるかんが好ましいか。

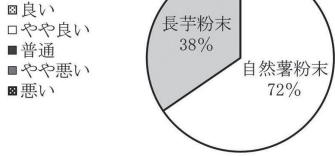


図5 自然薯かるかん嗜好調査

ながら、「3種類のパンナコッタの中でどれが最も好ましいか」という質問では、自然薯粉末0%添加が25%、1.6%添加が33%、3.1%添加が45%という結果であり、「粘り」の変化が高評価につながったものと考えられた。

鹿児島県をはじめとする九州地方特産のかんかんは、一般的な作製方法では長芋を使用して独特の食感をもたせた菓子である。今回、長芋粉末を自然薯粉末に変えたかんかんを試作し、比較した。図5に示すかんかんの嗜好調査では、「色」と「食感」については自然薯粉末を用いたかんかんの方が、長芋粉末を用いたものよりも良い評価であった。しかしながら、その他の項目については長芋粉末を用いた方がやや好評価であった。総合評価として「どちらのかんかんが好ましいか」という質問では、72%の被験者が自然薯粉末を用いたかんかんが好ましいと答え、これについても「食感」の変化が印象に残ったのかもしれない。

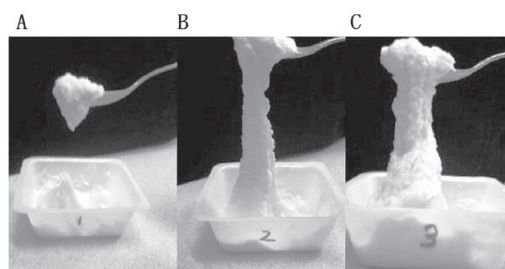
IV. 考察

今後ますますの高齢化を迎える我が国においては、高齢者のための良質な栄養摂取のため、あるいは、加齢に伴って増加する慢性疾患予防のための栄養学的アプローチは重要である。我々は、一般的な食材として利用でき、長期的な摂取も望める機能性食品の探索を行ってきた。その中で、我が国原産の自然薯が、慢性疾患の素因ともなるPGE₂の産生を抑え、抗炎症・抗腫瘍効果を有することを見出した¹⁾。また、これまでも含有する粘性成分ムチンによる胃粘膜保護作用や、アミラーゼによる消化促進作用などの高い食品機能性を有することも知られた食材である。自然薯は、古くより広く食されてきたもので、日本人にとって非常に嗜好性の高い食材ではあるが、市場価格が高く、出荷時期が限られていることから、通年を通して日常的に食することは難しい。そこで、保存方法とともに、粉末としての有用性についても検討を行った。粉末利用に着目したのは、自然薯の形状の不良や収穫の際の傷などで、市場に出せないものなどを有効利用できる点と常温での長期保存が可能な点、利便性の点で目的にかなうと考えたからである。また、高機能性を維持するために、低温での乾燥と均一な形状での粉末作製を行った。

保存方法の検討では、全般的に冷凍保存が好まし

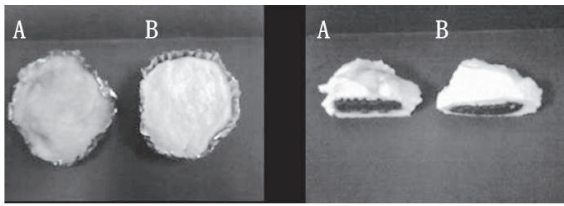
いと考えられた。皮付きのままであれば、冷蔵でも長期間の保存が可能であるが、皮を除いた状態では、褐変を防ぐためにも冷凍保存が効果的である。また、すりおろした際の褐変については、金属製の器具を用いると著しい褐変がみられるが、陶器やセラミックの器具であれば、褐変の程度は抑えられる。加えて、処理時間や処理する際の温度などによっても、褐変の程度に影響すると考えられる。また、粉末を生自然薯と同率の水を加えてもどしたものと、すりおろした自然薯とで比較を行ったが、いずれの項目においても評価が低かった。最も保存性の高い粉末であるが、その使用方法には工夫を要することが分かった。

本研究では、利便性と保存性の高い自然薯粉末を用いた新規レシピの開発を目指し、アイスクリーム、パンナコッタ、かんかんなどのデザート類への応用を試みた。いずれも、自然薯を用いない一般的な調理方法をもとに、自然薯粉末添加率を変える等のアレンジを加えたレシピを考案した。嗜好調査の結果より、自然薯粉末添加によって、食感の変化と粘りが増強される点が最大の特徴となることが示唆された。試作品の形態を観察し、比較したところ、写真1で示すように、アイスクリームでは自然薯粉末の添加により、従来では見られない粘性が生まれ、その添加率の増加とともに粘性の増加も観察された。さらに、かんかんの試作では、写真2に示すように、加熱による膨張性の変化も観察された。長芋に比べて自然薯の利用では、加熱によって膨張性が高くなった。一方で、上新粉や小麦粉への混和と加熱によって、食感が硬く感じられるという場合もある。したがって、添加率の検討は重要である。今回の試作については、アンケートの集計あるいは感想などから、アイスクリーム、パンナコッタ、かんかんのいずれのレシピにおいても自然薯粉末添加に



A: 自然薯粉末無添加、B: 自然薯粉末1.7%添加
C: 自然薯粉末3.4%添加

写真1 アイスクリーム



A : 長芋粉末添加、B : 自然薯粉末添加

写真2 かるかん

よって、嗜好性が向上した。既存の作製方法に自然薯粉末のわずかな添加で、全く新しい食感を生むことが可能であると示唆された。五訂増補食品成分表⁸⁾では、自然薯には100g中2gの食物繊維量が含まれており、さつまいもの食物繊維量(100g中2.3g)とほぼ同程度である。高齢者でしばしば見られる便秘低下にも、自然薯の少量の摂取は効果を有するかもしれない。

我々は、さらに、自然薯粉末の嚥下困難者用補助食あるいは嚥下調整食の開発を目指し、自然薯生すりおろしあるいは自然薯粉末をもどしたものをを用いた物性解析にも取り組んでいる⁷⁾。その研究から、自然薯粉末10-30%のものが嚥下補助食としての可能性が見出された。また、自然薯粉末のもどしたものは、加熱によっても「硬さ」が変化することが示された。本研究結果とあわせて、自然薯粉末は、添加率あるいは調理や加工の方法によって食事や加工品の物性を変化させ、より高齢者嚥下調整食に適した食事へ応用可能であることが示された。

謝辞

本研究の遂行にあたり、官能試験や嗜好調査の被験者としてご協力いただきました皆様、ならびに、ご助言いただきました岡山県立大学地域共同研究機構の小林東夫氏に心より感謝いたします。

本研究は、JSPS 15K00792 科研費(山本登志子)と公益財団法人ひと・健康・未来研究財団の助成を受けたものです。

文献

1) Suzuki-Yamamoto T, Tanaka S, Tsukayama I, Takafuji M, Hanada T, Arakawa T, Kawakami Y, Kimoto M, Takahashi Y. *Dioscorea japonica* extract down-regulates prostaglandin E₂ synthetic pathway and induces apoptosis in lung

cancer cells. J. Clin. Biol. Nutri. 55 (3), 162-167 (2014)

2) Liu SY, Chang TW, Lin YK, Chen SF, Wang JY, Zu GL, Wang SC. Studies on the varietal characters, production potential, phytochemical properties, and antioxidant effect of *Dioscorea* spp. J. Agri. Res. 8, 1-22 (1999)

3) Dentali S. Clearing up confusion over yams and progesterone. Altern Ther Health M. 2, 19-20 (1996)

4) Taffe AM, Cauffield J. "Natural" hormone replacement therapy and dietary supplements used in the treatment of menopausal symptoms. Lippincott's Prim Care Pract. 2, 292-302 (1998)

5) Kwon CS, Sohn HY, Kim SH, Hyun J, Son KH, Lee JS, Lim JK, Kim JS. Anti-obesity Effect of *Dioscorea nipponica* Makino with Lipase inhibitory Activity in Rodents. Biosci Biotechnol. Biochem. 67 (7), 1451-1456 (2003)

6) Chen H, Wang C, Chang C, Wang T. Effects of Taiwanese yam (*Dioscorea japonica* Thunb var. *pseudojaponica* Yamamoto) on upper gut function and lipid metabolism in Balb/c mice. Nutrition. 19 (7-8), 646-51 (2003)

7) 山本登志子, 野村奈央, 山本沙也加, 田中充樹, 津嘉山泉, 戸田圭祐, 目賀拓斗, 大野智子, 川井恵梨佳, 木本眞順美. 高齢者嚥下調整食の開発に向けた自然薯のレオロジー解析. 岡山県立大学保健福祉学部紀要 22, 印刷中.

8) 香川芳子. 食品成分表 2006 女子栄養大学出版部.

Study of preservation method of *Dioscorea japonica* and development of recipes utilizing the high functionality

TAKUTO MEGA*, SAYURI TANAKA*, IZUMI TSUKAYAMA*,
ARISA OHMOTO**, MITSUKI TANAKA*, KEISUKE TODA*,
ERIKA KAWAI**, SOJI YOSHIO***, MASUMI KIMOTO**,
TOSHIKO SUZUKI-YAMAMOTO**

*Graduate School of Health and Welfare Science, Okayama Prefectural University, Soja, 719-1197, Japan.

**Department of Nutritional Science, Okayama Prefectural University, Soja, 719-1197, Japan.

***Autoraimu Yoshio Co. Ltd., Niimi, 718-0306, Japan.

Abstract It is known that *Dioscorea japonica* has food functionalities such as gastric mucosal protection and digestion enhancement. In addition, we found a novel functionality of *Dioscorea japonica*, which is prevention against inflammation and carcinogenesis associated with inhibition of prostaglandin E₂ synthesis. To utilize the high functionality, we studied preservation method of *Dioscorea japonica*, and developed new recipes using *Dioscorea japonica* powder. In the sensory evaluation of several preservation methods of *Dioscorea japonica*, frozen method is better on “color” in diced or grated *Dioscorea japonica*. In the other points, frozen and chilled methods were not different much. Compared with raw grated *Dioscorea japonica*, *Dioscorea japonica* powder paste was inferior in all points. Therefore, *Dioscorea japonica* powder may be useful better to utilize to recipes or processed food. We made some prototypes of recipes using *Dioscorea japonica* powder, and conducted preference survey. We found that the textures and tastes of the recipes were changed by the addition of *Dioscorea japonica* powder.

Keywords : *Dioscorea japonica*, rheological analysis, dysphagia diet, elderly diet