

栽培方法の違いが自然薯ペーストのテクスチャーにおよぼす影響

應地芽生**** 鴻池優佳***** 丸岡紗也** 津嘉山泉* 山本登志子*

要旨：自然薯は、滋養強壮や抗酸化作用などの効果が期待されているヤマノイモ科に属する食品である。自然薯は、日本原産の伝統的な食材として、様々な方法で栽培されているが、栽培方法の違いによるテクスチャーを調べた研究はこれまでにない。本研究では、栽培様式（波板様式、パイプ様式）、肥料（無施肥、化成肥料40g、化成肥料+菜種油粕各40g、化成肥料80g）、部位（クビ、太）、種芋（切り芋、一本苗）などの違いが、自然薯のテクスチャーにおよぼす影響を Texture Profile Analysis 試験によって解析した。その結果、テクスチャー指標の一つである「かたさ」や「付着性」について、部位は「クビ」、種芋は「切り芋」、栽培様式は「波板様式」で高値を示した。さらに、自然薯すりおろしの褐変の程度を比較したところ、栽培様式では「波板様式」の試料が総じて褐変程度が強く、「パイプ様式」では比較的弱く、部位別では、「クビ」で強い傾向であった。

キーワード：自然薯、栽培方法、テクスチャー解析、褐変

I. 緒言

日本原産のヤマノイモ科に属する自然薯は、一般に栄養繁殖性作物であり、栽培では大きな塊茎は分割して種芋にする^{1,2)}。そのため、栽培用にカットした切り芋や、一本苗と呼ばれる小さく育てた自然薯の種芋が用いられている。また、日本において、もともと山野に自生している芋を「自然薯」としてきたが、現在では、栽培法の改良等により野生種から選抜・栽培された栽培種が多く出回るようになってきた³⁾。さらに自然薯は、特有の粘質物である糖タンパク質を含んでおり、これが自然薯の独特の口当たりや喉ごしのよさとなる⁴⁾。加えて、自然薯を含むヤマノイモは、古くから滋養強壮に良いとされており、最近では、抗酸化作用、インスリン感受性の上昇効果や血圧上昇抑制効果があるといわれ、食品機能性でも注目されている⁵⁻⁷⁾。

私達は、自然薯の新規食品機能性の探索を行い、急性あるいは慢性の様々な炎症を誘導するプロスタグランジン (PG) E₂ の合成系酵素の発現を、自然薯が抑制し、抗炎症効果を有することを見出し

た⁸⁾。さらに、炎症を伴う皮膚がんのモデルマウスを対象とした実験では、局所投与あるいは経口投与による慢性炎症抑制や腫瘍形成抑制の効果が確認された⁹⁾。また、最近では、自然薯の機能性成分である植物ステロールのジオスゲニンが、(PG) E₂ 合成系酵素の発現を抑制し、抗炎症効果を有し、急性¹⁰⁾ および慢性の肝炎を改善することを見出した。

自然薯特有の粘りに着目したレオロジー解析において、自然薯粉末10～30%溶液が、高齢者用嚥下調整食に適した咽頭部流速を与えることを明らかにした¹¹⁾。さらに、嚥下時咽頭音を生体信号とした嚥下機能測定によって、自然薯粉末溶液は、市販のとりみ剤と同程度の嚥下適合性を有することを示した¹²⁾。

わが国は「超高齢社会」に突入し、健康寿命の延伸が望まれる¹³⁾。生活習慣病の発症や重症化の予防に加えて、高齢者の低栄養やフレイルの予防が重要とされる。また、高齢者にとって、健康増進の基本となる栄養や食生活の改善が重要である¹³⁾。そこで、加齢に伴い生じる、咀嚼機能の低下、唾液分泌

* 岡山県立大学保健福祉学部栄養学科

〒719-1197 岡山県総社市窪木111

** 岡山県立大学大学院保健福祉学研究科

〒719-1197 岡山県総社市窪木111

*** くらしき作陽大学食文化学部

〒710-0292 岡山県倉敷市玉島長尾3515

**** 福山大学生命工学部生命栄養科学科

〒729-0292 広島県福山市学園長1番地三蔵

能の低下、口腔内での食塊形成能と保持能の低下、嚥下反射の咽頭期における嚥下の惹起遅延などの嚥下機能の変化に対応した食品が求められている¹⁴⁾。食事の経口摂取は、高齢者にとって、十分な栄養摂取だけでなく、生活の質の向上に非常に重要であり、咀嚼・嚥下機能が低下した高齢者のためには、良質な嚥下調整食の開発は意義深い。本研究では、高齢者の誤嚥を防ぐために、食塊を形成しやすく、咽頭をなめらかに通過する物性を有し、疾病予防効果が期待できる嚥下調整食の開発を目指した基礎研究として、自然薯の食品機能性と物性の応用を考えた。我が国では、自然薯が様々な条件で、多くの地域で栽培されている¹⁵⁾。それにもかかわらず、栽培条件の違いによるテクスチャーや、その機能性を解析した研究はこれまでにない。そこで本研究では、自然薯の栽培様式や肥料、部位、種芋の違いによるテクスチャーの変化を解析することとした。

II. 材料と方法

1. 実験材料

テクスチャー解析には、吉備中央町より供与いただいた、部位、栽培様式、肥料、種芋の異なる自然薯計28試料を用いた(図1)。

2. 実験方法

2-1. 試料の調製

自然薯(40g)の皮をむき、0.5cm厚に切り、強力小型粉碎機 Force Mill FM-1(大阪ケミカル株式会社、大阪府、日本)で1分間粉碎した。その後、5分間静置したものをテクスチャー解析に供した。

2-2. Texture Profile Analysis (TPA) 試験

厚生労働省が示した「えん下困難者用食品の許可基準」の規格に従い、クリープメータ RE2-33005B(株式会社山電、東京都、日本)で測定を行った。試料を、直径40mm、高さ15mmのステンレス製

岡山県吉備中央町より御供与頂いた自然薯 計28試料

肥料	栽培様式	種芋の種類	部位
無施肥	波板	切り芋	クビ
	パイプ	一本苗	太
化成肥料40g	パイプ 波板	切り芋 一本苗	クビ 太
化成肥料+菜種油粕 各40g			
化成肥料80g			

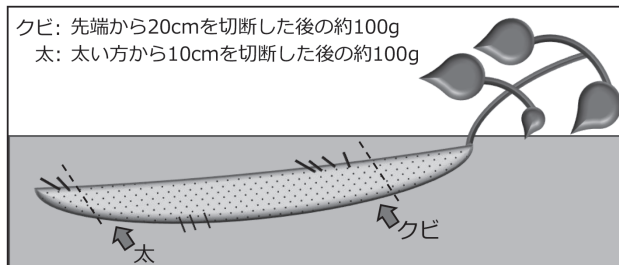


図1. 自然薯の検体採取部位

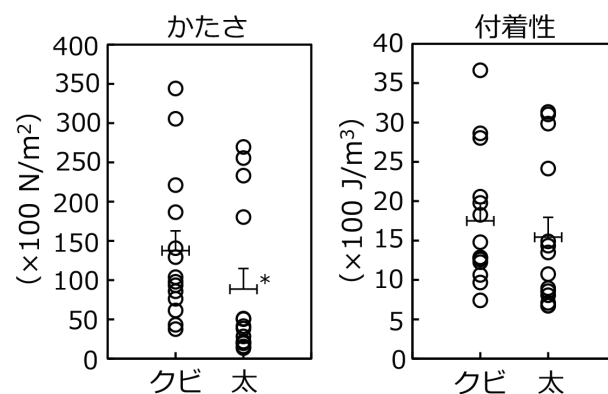


図2. 部位別のテクスチャー比較
全試料の「クビ」と「太」の「かたさ」と「付着性」を比較した。n=14、「クビ」に対する有意差 * $p < 0.01$

容器に充填し、直径20mm、高さ8mmの樹脂製プランジャーを用いて、定速圧縮法により測定した。測定条件は、圧縮速度10mm/sの2回圧縮、格納ピッチ0.02sec、測定温度 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ とし、測定5回の平均値を用いた。得られたテクスチャー記録曲

表1. えん下困難者用食品の許可基準

	硬さ (N/m^2)	付着性 (J/m^3)	凝集性	嚥下難易度
許可基準Ⅰ	$2.5 \times 10^3 \sim 1.0 \times 10^4$	4.0×10^2 以下	0.2~0.6	重度 ↑ ↓ 軽度
許可基準Ⅱ	$1.0 \times 10^3 \sim 1.5 \times 10^4$	1.0×10^3 以下	0.2~0.9	
許可基準Ⅲ	$3.0 \times 10^2 \sim 2.0 \times 10^4$	1.5×10^3 以下	—	

厚生労働省、2009年

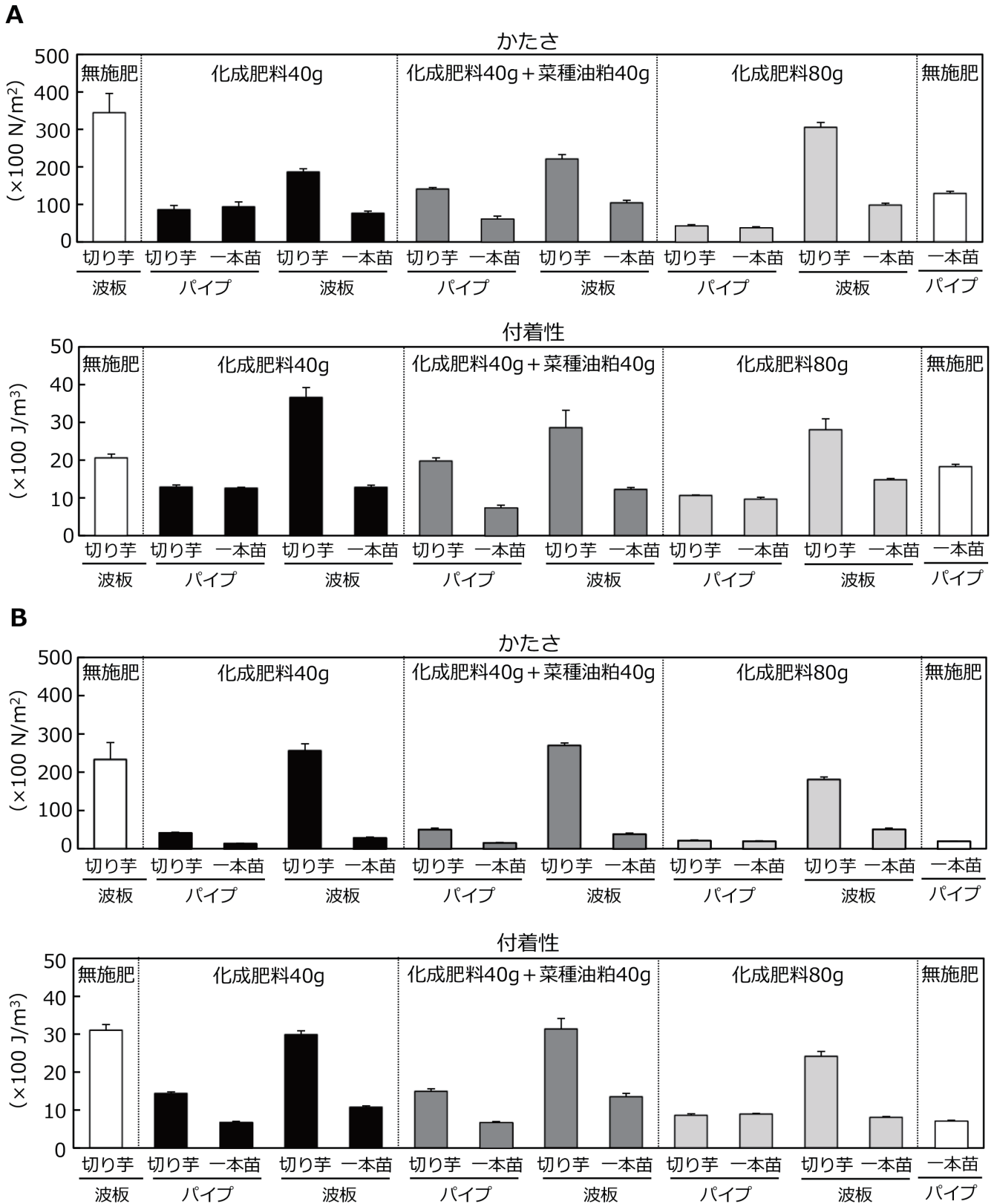


図3. 自然薯「クビ」と「太」のテクスチャー比較

A) 全試料の「クビ」における「かたさ」と「付着性」を解析した。n=5

B) 全試料の「太」における「かたさ」と「付着性」を解析した。n=5

線より、プランジャー面積を考慮し、「かたさ (N/m₂)」、「付着性 (J/m³)」、「凝集性」を算出した。

2-3. 統計処理

同じ調製試料を5回測定して得られたデータから、一元配置分散分析を行い、下位検定として Bonferroni 法および Dunnett 法を用いた。

Ⅲ. 結果

栽培様式（波板様式、パイプ様式）や肥料（無

施肥、化成肥料 40g、化成肥料 + 菜種油粕各 40g、化成肥料 80g)、部位（クビ、太）、種芋（切り芋、一本苗）の異なる自然薯計 28 本を用いて、テクスチャー測定を行った。全自然薯試料を比較したところ、「かたさ」と「付着性」について、栽培条件によって差が見られた。一方、「凝集性」については試料間で大きな差が見られなかった。よって、以下の比較では、「かたさ」と「付着性」を指標とした解析結果を示す。

全ての自然薯試料の「クビ」と「太」の比較にお

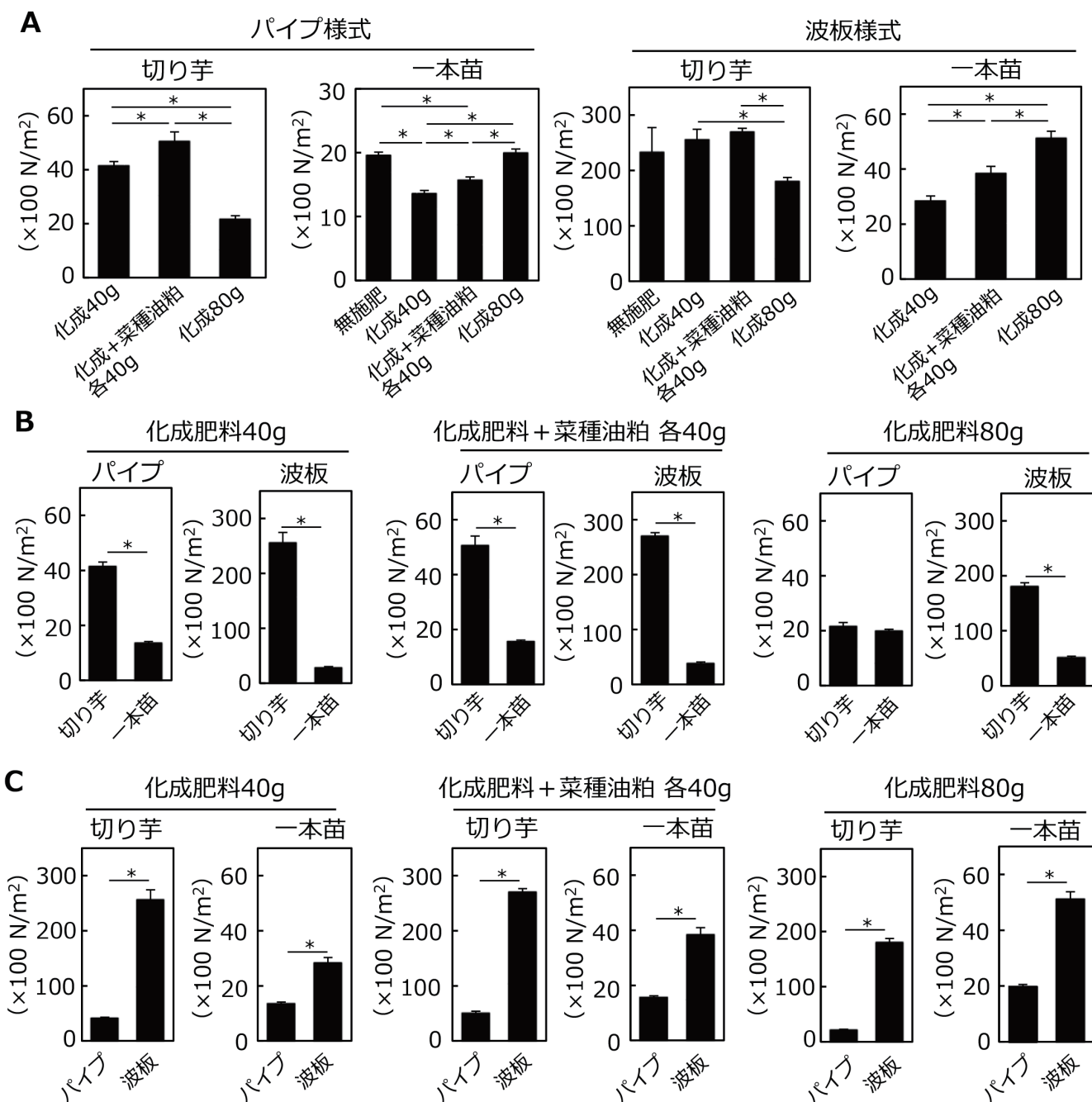


図 4. 自然薯（太）での肥料・種芋・栽培区の違いによる「かたさ」の比較
 A) 同一の栽培様式と種芋の種類において、肥料の違いで比較した。n=5、*p<0.01
 B) 同一の肥料と栽培様式において、種芋の違いで比較した。n=5、*p<0.01
 C) 同一の肥料と種芋の種類において、栽培様式の違いで比較した。n=5、*p<0.01

いて、「かたさ」の平均は「クビ」で約 15,000 N/m²であるのに対し、「太」で約 10,000 N/m²と有意に値が低かった (図 2)。さらに、栽培様式、肥料、種芋の違いについて「クビ」と「太」それぞれで比較した結果を図 3 に示す。この結果から、「クビ」と「太」の両方で、肥料の違いによる差は少なく、一方で、栽培様式と種芋による違いが見られた。栽培様式では「波板様式」、種芋では「切り芋」で「かたさ」と「付着性」の値が高い傾向であった。よって、いずれの肥料においても、「波板様式」の「切り芋」栽培が、「かたさ」と「付着性」で最も高値を示した (図 3)。

図 4A で示すように、同一の栽培様式と種芋について、肥料の違いで比較すると、「切り芋」では「化成肥料 80 g」が、その他の肥料と比べ、25～60% 程度「かたさ」の値が低かった。一方、「一本苗」では、むしろ「化成肥料 40g」の「かたさ」の値が低く、「化成肥料 80g」と比べ、35～45% 程度低い傾向であった。

図 4B で示すように、同一の肥料と栽培様式において、種芋の違いで比較すると、「化成肥料 80 g」「パイプ様式」以外では、全て「切り芋」が有意に高い結果であった。

図 4C で示すように、同一の肥料と種芋について、栽培様式の違いで比較すると、全て「波板様式」が高値を示し、特に、「波板様式」「切り芋」が高値を示した。

自然薯の「重量」と「かたさ」あるいは「長さ」と「かたさ」の指標について、「太」と「クビ」のいずれにおいても有意な相関性は認められなかった。次に、自然薯すりおろしの褐変の程度を比較すると、肥料と栽培様式によって褐変程度に違いが見られた (図 5)。栽培様式については、「パイプ様式」に比べ「波板様式」で、部位では「太」よりも「クビ」で、種芋は「一本苗」よりも「切り芋」で褐変程度は強かった。よって、比較したすりおろし試料の中では、いずれの肥料においても、「切り芋」の「波板」栽培の「クビ」において比較的褐変が強く観察された。「パイプ様式」では、肥料の違いによっても褐変程度に違いが見られ、「化学肥料 80g」で褐変が抑えられているように観察された。

IV. 考察

本研究では、栽培方法の違いによる自然薯すりおろしのテクスチャーにおよぼす影響について、TPA 法によって比較検討した。「かたさ」の総合評価では、部位は「クビ」、種芋は「切り芋」、栽培様式は「波板様式」で高値を示した。また、褐変の程度については、「波板様式」の試料が総じて褐変程度が強く、「パイプ様式」では比較的弱かった。加えて、部位別では、「クビ」で褐変が強い傾向であった。このように、物性や褐変の程度について、肥料の違いよりは、部位、種芋種、栽培様式の違いが大きく影響することが明らかとなった。

	パイプ・切り芋 クビ 太	パイプ・一本苗 クビ 太	波板・切り芋 クビ 太	波板・一本苗 クビ 太
無施肥				
化成肥料 40g				
化成肥料 菜種油粕 各40g				
化成肥料 80g				

図 5. 自然薯すりおろし時の褐変の比較
強力小型粉碎機 Force Mill FM-1 を使用し、すりおろした自然薯の褐変の程度を比較した。

自然薯は、種芋から発生する新生芋が、地中に向け垂直に伸長するが、細長い形状から折れやすい。損傷なく掘取ることが難しく、栽培では、新生芋を受ける栽培容器としてクレバーパイプや波板が使用されている¹⁵⁾。クレバーパイプは、標準的な栽培容器で、最も広く使用されているが、芋の底面が平らになりやすいことに加え、1容器に1株の栽培しかできない¹⁵⁾。波板は、1本の栽培容器に2株、3株の栽培が可能だが、問題点として、隣接した芋同士が絡み、芋変形が増える点が挙げられる¹⁵⁾。今回使用した自然薯の部位の「クビ」は、自然薯の先端から20cmを切断し、その部分から約100g程度を採取したものであり、「太」は、自然薯の太い方から10cmを切断し、その部分から約100g程度を採取したものである。また、種芋の「切り芋」は、自然薯を栽培用にカットしたもの、「一本苗」は、発育させた小さな自然薯である。このような栽培方法の異なる自然薯を用いてテクスチャー解析を行った結果、栽培様式や肥料、部位、種芋により、テクスチャーが異なることが示された。

自然薯は日本の伝統的な食材であるにもかかわらず、ナガイモに比べ高価であるため、市場規模が小さいという側面もある。また、自然薯とナガイモとが「ヤマノイモ」として混同されることも多いが、両者は植物学的には全く別種であり、この両者の交配もないとされている³⁾。自然薯にはナガイモとは比較にならない特有の強い粘りがあることが知られているため³⁾、TPA法で評価できる「かたさ」と「付着性」の指標において、高値を示す自然薯が、その特性に優れた芋と考えられる。その観点から、本研究で示された「かたさ」や「付着性」の変化は、肥料の種類による影響は少なく、種芋は「切り芋」、栽培様式は「波板様式」で高値を示し、これらの栽培条件が、特性に優れた自然薯を生産するのに適しているといえる。自然薯の中に、テクスチャーに影響を与える成分が含有されるとすると、それは、栽培方法の違いで変化し、同一の芋においてもその局在性が異なることが示唆された。また、調製時の自然薯の褐変を比較すると、「波板様式」、「クビ」、「切り芋」の条件において褐変具合が高かったことから、テクスチャーと褐変との関連性が示唆された。バレイショ塊茎の褐変は、主にフェノール成分の酵素的酸化によるものと知られている¹⁶⁾。自然薯の場合も、類似の反応が原因となって褐

変が起こっている可能性が考えられる。また、ナガイモの場合、貯蔵中に褐変が起こるが、それに要する期間は高温ほど短く、芋の成熟が進んでいるほど長くなる¹⁷⁾。成熟した芋を長期間低温下に貯蔵した場合、その後高温化に置いても褐変は起きないが、傷害面に隣接するわずかな部分は褐変するという報告がある¹⁷⁾。そのため、本実験において褐変の程度が高かった「波板様式」「切り芋」では、芋の貯蔵温度や成熟の程度、傷害などの要因も関わる可能性があるが、本件に関してはさらなる解析が必要である。また、今回は官能試験の比較を加味していないため、色や風味、消費者の嗜好にあう「かたさ」「付着性」については、さらに検討する必要がある。

本研究では、自然薯の美味しさや物性を利用した食品加工に直接関連するテクスチャーへの影響について、栽培条件による比較を行った。今後、より消費者に好まれる自然薯を栽培するのに有益な結果が得られた。加えて、自然薯の食品機能性である疾病予防効果を付加した新規嚙下調整食の応用に向けて、それに適する自然薯特有の物性を向上させる栽培方法の提案に繋がる結果であった。

付記

本研究の材料を提供いただきました吉備中央町農林課の難波勝也様、岡山県備前県民局農林水産事業部の長浜準子様に深く感謝申し上げます。

本研究の実施にあたり、研究助成のご支援をいただきました公益財団法人本庄国際奨学財団に厚く御礼申し上げます。

文献

1. 豊原 秀和, 谷藤 弘憲, 入江 憲治, 高橋 正樹, 妙田 貴生, 菊池 文雄 (1998). 熱帯産ヤマイモ (*Dioscorea alata* L.) における種イモの大きさが生育に及ぼす影響. 熱帯農業, 42 (4): 282-287.
2. 溝上 藍, 谷本 静史 (2006). ジネンジョウのウイルスフリー苗の大量増殖. 佐賀大学農学部彙報, 92: 9-15.
3. 竹内 若子 (2009). ジネンジョウ塊茎の機能性成分とその品種間差異. 名古屋女子大学紀要, 55: 31-38.
4. 青木 正 (2002). 新食品学総論・各論. 朝倉書

- 店. p.170.
5. Hou W C, Hsu F L Lee M H. (2001). Antioxidant activities of dioscorin, the storage protein of yam (*Dioscorea batatas Decue*) tuber. *J. Agric. Food Chem.*, 49 : 4956-4960.
 6. 関谷 敬三 (2002). ナガイモによる脂肪細胞分化の促進とインスリン感受性の上昇. *和漢医薬学雑誌*, 19 : 55.
 7. 野澤めぐみ, 佐藤伸, 羽鳥有香, 井澤弘美, 嵯峨井勝 (2005). ナガイモ投与の自然発症高血圧ラットの血圧上昇抑制に及ぼす影響. *青森県立保健大学雑誌*, 6 : 369-377.
 8. Suzuki-Yamamoto T, Tanaka S, Tsukayama I, Takafuji M, Hanada T, Arakawa T, Kawakami Y, Kimoto M, Takahashi Y. (2014). *Dioscorea japonica* extract down-regulates prostaglandin E₂ synthetic pathway and induces apoptosis in lung cancer cells. *J. Clin. Biochem. Nutr.*, 55 (3) : 162-167.
 9. Tsukayama I, Toda K, Takeda Y, Mega T, Tanaka M, Kawakami Y, Takahashi Y, Kimoto M, Yamamoto K, Miki Y, Murakami M, Suzuki-Yamamoto T. (2018). Preventive effect of *Dioscorea japonica* on squamous cell carcinoma of mouse skin involving down-regulation of prostaglandin E₂ synthetic pathway. *J. Clin. Biochem. Nutr.*, 62 (2) : 139-147.
 10. Tsukayama I, Mega T, Hojo N, Toda K, Kawakami Y, Takahashi Y, Suzuki-Yamamoto T. (2021). Diosgenin suppresses COX-2 and mPGES-1 via GR and improves LPS-induced liver injury in mouse., *Prostaglandins Other Lipid Mediat.*, 156 : 106580.
 11. 山本 登志子, 野村 奈央, 山本 沙也加, 田中 充樹, 目賀 拓斗, 津嘉山 泉, 戸田 圭祐, 川井 恵梨佳, 大野 智子, 木本 眞順美 (2015). 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 (1) : 47-56.
 12. 田中 充樹, 津嘉山 泉, 山本 登志子, 中村 孝文 (2020). 食品の嚥下しやすさ評価への嚥下音及び筋電図の応用性に関する検討. *日本栄養・食糧学会誌*, 73 (3) : 93-101.
 13. 厚生労働省. 健康日本2 1 (第二次). 中間評価報告書.
 14. 大前 由紀夫 (2013). 高齢者の嚥下障害の特徴. *日本音声言語医学会*, 54 (3) : 167-173.
 15. 鬼頭 雅也, 柴田 正之, 杉浦 宏之 (2015). ジネンジョにおける栽培容器と栽培密度の違いが収量および品質に及ぼす影響. *愛知県農業総合試験場研究報告*, 47 : 171-174.
 16. 小幡弥太郎・坂村貞雄 (1953). 馬鈴薯の変色成分の分離確認 (食品の褐変に関する研究第5報). *日本農芸化学会誌*, 27 (11) : 766-769.
 17. 今河 茂 (1967). ナガイモ (*Dioscorea Batatas*) の褐変に関する研究. *北海道大学農学部邦文紀要*, 6 (2) : 181-192.

Effect of different cultivation methods on the texture of *Dioscorea japonica* yam paste

MEI OJI****, YUKA KONOIKE*****, SAYA MARUOKA**,
IZUMI TSUKAYAMA*, TOSHIKO YAMAMOTO*

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

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

***The Faculty of Food Culture, Kurashiki Sakuyo University, Kurashiki, Okayama, 710-0292, Japan.

****Department of Nutrition and Life Science, Fukuyama University, Fukuyama, Hiroshima, 729-0292, Japan.

Abstract : *Dioscorea japonica* is a food belonging to the yam family that is known to have nourishing and antioxidant effects. As a traditional food native to Japan, *Dioscorea japonica* is cultivated in a variety of ways, however it is not reported the effect of cultivation methods on the texture of grated *Dioscorea japonica*. In this study, changes in the texture of grated *Dioscorea japonica* were analyzed by Texture Profile Analysis in the following cultivation conditions: cultivation system (corrugated sheet or pipe), fertilizer (no fertilizer, 40 g chemical fertilizer, 40 g each of chemical fertilizer and rapeseed oil lees, or 80 g chemical fertilizer), part of the yam (thin or thick), and seed yam (cut yam or single seedling). The results showed that hardness and adhesiveness as the texture indices were higher in the cultivation methods with “thin” part, “cut yam” seedling, and “corrugated sheet” system. The browning degree of grated *Dioscorea japonica* was stronger in the cultivation system of “corrugated sheet” and the part of “thick”.

Keywords : *Dioscorea japonica*, Texture, Cultivation method, Yam paste