

ヤーコン塊根の品質に及ぼす 2°C, 5°C および 25°C 貯蔵の影響†

本堂正明・宇野豊子・奥村幸広

Effect of Storage at 2°C, 5°C and 25°C on the Quality of Yacon Tubers
(Study on the Development of a Sweetener Source for Seasonings, Part I)

Masaaki HONDO, Toyoko UNO and Yukihiro OKUMURA

Yacon tubers were placed in corrugated cardboard boxes and stored in incubators regulated at 2°C, 5°C and 25°C. The effects of storage temperature on the quality of yacon tubers were investigated. Shrinking, wrinkling, softening, blackening and microbial growth were observed during storage. The storage duration at 25°C was about 2 weeks. Storage at 2°C was more effective in maintaining the quality than storage at 5°C or 25°C, but even at 2°C the storage limit was about 2 months. The fructo-oligosaccharide content decreased at each storage temperature. As a result, fructose content increased remarkably and glucose content also increased, however changes in sucrose content were small. The decrease in the amount of total fructo-oligosaccharides and the increase in the amount of total monosaccharides during storage at 2°C were relatively smaller than those during storage at 5°C and 25°C.

ヤーコン (*Polymnia sonchifolia*) は南アンデス地方原産キク科の多年性植物で、100~500 g の塊根を持ち、サツマイモに似た形の根をしている。多汁質でナシのようなサクサクとした歯ごたえで、甘味があり、野菜と果物が一緒になったようなものである。低カロリーでダイエット食として、また新規の健康野菜として注目を集めている。

塊根中にはフラクトース、グルコースやシュクロースに加えて多量のフラクトオリゴ糖を含有している。他のキク科のチコリ、キクイモ、ダリヤなどと比べると貯蔵多糖類イヌリンは僅かしか含まれず、タマネギやチューリップの球根と同様にフラクトオリゴ糖を集積する植物である^{1)~4)}。

フラクトオリゴ糖は甘味質が良好で、低甘味・低胃酸・難消化性であり、更に高脂血症改善やビフィズ菌選択資化性による腸内菌相の改善や便秘改善など、健康の維持増進に効果があると言われている⁵⁾。これは機能性食品素材として、既にメイオリゴGおよび単糖とシュクロースを除去したメイオリゴPの商品名で広く

利用されている。前者はグルコース、シュクロース、3糖、4糖、5糖のフラクトオリゴ糖を含み、シュクロースよりカビ転移酵素を作用させてつくられている⁵⁾。

一方ヤーコン塊根の場合には重合度が3から10のフラクトオリゴ糖²⁾⁴⁾を含有しており、天然のフラクトオリゴ糖やフラクトースの供給源としては有望である³⁾⁴⁾。冷涼な気候や土壌がやせた所でも生育がよいことから、道内では置戸町や砂原町や北松山町などで実際に栽培され、生食用として出荷されている。生産量の増加に伴い、塊根の高度加工利用技術の開発が求められている。

まだヤーコンに関する研究は始められたばかりで、栽培育種技術^{6)~10)}、貯蔵や鮮度保持法、高度利用法などの報告は非常に少ない。今後の研究に待つところが大きく、期待されているところである。

本研究では、ヤーコン塊根利用技術の開発を目的に、機能性フラクトオリゴ糖含有甘味素材の開発を行った。今回は塊根の利用にあたって、貯蔵性と貯蔵中の糖質の

† 甘味調味食品素材の開発に関する試験研究 (第1報)

変化を検討して得られた知見を報告する。

実験方法

1. 材料

置戸町で栽培収穫されたヤーコン塊根を用いた。塊根に付着している土や砂を水道水で洗浄後、水切りして各試験に供試した。

2. 貯蔵試験

約 20 kg ずつ塊根をバラでダンボール箱に入れて、2, 5, 25°C に設定した恒温器で貯蔵試験を行った。組織や外観の変化を観察し、白かびの発生、腐敗の進行、黒変、収縮又は軟化などの品質の劣化が塊根に明白に認められるまで貯蔵した。

3. 一般成分、還元糖および全フラクトース分析

未剥皮塊根数個 (1~1.5 kg) を用い、塊根の長軸に対して直角に、厚さ約 2~3 mm ほどにカットし、チップス状にして、真空凍結乾燥機 (宝製作所製, TFD-550) で凍結乾燥した。これを粉砕器で粉砕した粉末試料を用い、一般成分¹¹⁾ を分析した。還元糖量と全フラクトース量は、Fig. 1 の方法で得られた試料を用い、前者はソモギー・ネルソン法¹²⁾、後者はロウ法¹³⁾ で測定した。いずれもフラクトース量として算出した。

4. 高速液体クロマトグラフィによる貯蔵中の糖質分析

Fig. 1 の方法で得られた試料を用いて、高速液体クロマトグラフィ (以下、HPLC と略記) によりフラクトース、グルコース、シュクロースおよびフラクトオリゴ糖成分を分析した。フラクトース、グルコースおよびシュクロースの分離には主に順相分配カラムを用い、フラクトオリゴ糖の分離にはゲル濾過分離カラムを用い

た。

HPLC 分析装置を以下に示す。東ソー製の装置を用いた。システムコントローラとデータ処理装置；SC-8010 および SC-8020, 示差屈折検出器；RI-8010, オートサンプラー；AS-8010, ポンプ；CCPM および CCPD, カラム恒温槽；CO-8012, デガッサー；SD-8012；プリンター；PP-8010。

ゲルろ過分離モードの分析操作条件を以下に示す。ガードカラム；TSK ガードカラムオリゴ (6.0 mmI.D.×4 cm), 分離カラム；TSK ゲル G-オリゴ-PW (7.8 mmI.D.×30 cm), サンプル注入量；10 μ l または 20 μ l, 流速；0.5 ml/min, カラム温度；50°C, 移動相；蒸留水。

順相分配分離モードの分析操作条件を以下に示す。ガードカラム；TSK ガードゲルアミド 80 (3.2 mmI.D.×1.5 cm), 分離カラム；TSK ゲルアミド 80 (4.6 mmI.D.×25 cm), サンプル注入量；10 μ l または 20 μ l, 流速；0.5 ml/min, カラム温度；80°C, 移動相；70%アセトニトリル (v/v)。アセトニトリル (関東化学製) は HPLC 分析用を用いた。

標準試薬として単糖はフラクトースとグルコース、2糖はシュクロースを用いた。フラクトオリゴ糖の標準試料としては、メイオリゴ P (明治製菓製) (粉末タイプで、グルコースとフラクトースの総量は 1.2%, シュクロースは 3.6%, 3糖は 46.1%, 4糖は 42.6%, 5糖は 6.5%の組成である。) を用いた。フラクトオリゴ糖量はフラクトース量として算出した。

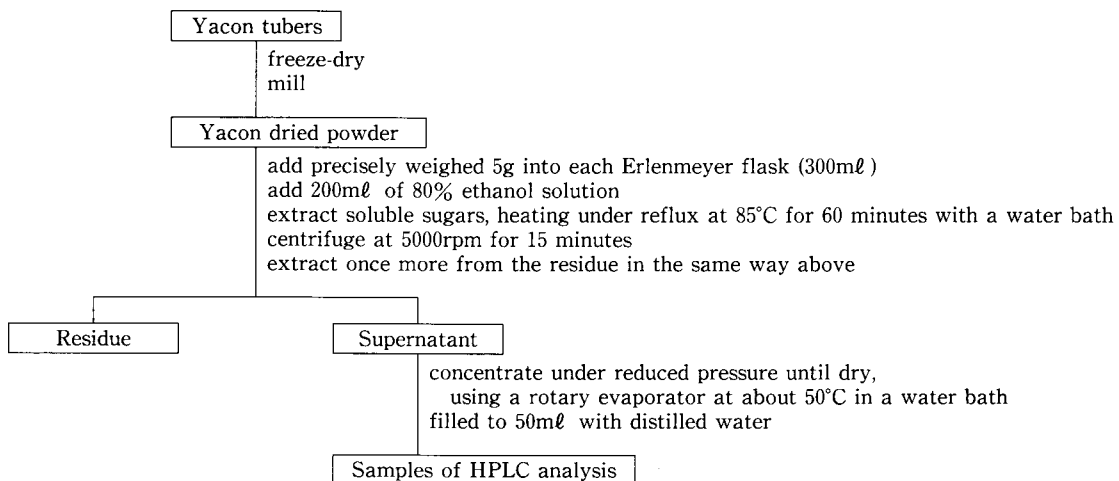


Fig. 1 Preparation of samples for measuring soluble sugars from raw yacon tubers by HPLC method before and after storage

実験結果および考察

1. 貯蔵性

2°C, 5°Cおよび25°C下での貯蔵性を検討した。その結果塊根の中には、貯蔵中に萎縮、軟化、腐敗、黒変もしくは白かびの増殖などが認められ、貯蔵性が非常に悪い根菜と言えた。25°Cでは2週間、5°Cでは40日間、2°Cでは50日間ぐらいまでは貯蔵することができた。ヤーコン塊根は通常もみ殻やおがくずや木くずの中に入れて保存流通されているが、長期間の保存方法としては十分とは言えない。生鮮根菜野菜としての長期貯蔵流通技術の開発は今後の検討課題である。

2. 貯蔵中の水分、還元糖、全フラクトース量の変化

Table 1に、貯蔵前の一般成分を示した。成分的特徴は、水分含量が約88.3%と多いことと、非繊維質の炭水化物が無水物換算で約86.4%と大部分を占めていることである。

Fig. 2に、貯蔵中の水分含量の変化を示した。水分は2°C・49日間の貯蔵では2.3%、5°C・38日間では0.8%低下した。恐らく貯蔵中に蒸散による塊根の乾燥が進行したために水分含量が減少したと考えられる。

Table 1 Composition of yacon tubers before storage

moisture	protein	lipid	carbohydrate		ash
			non-fibrous	fiber	
88.25	0.63	0.07	10.15	0.37	0.53
	5.36	0.60	86.38	3.29	4.51

Values above: g/100g of raw matter
Values below: g/100g of dry matter

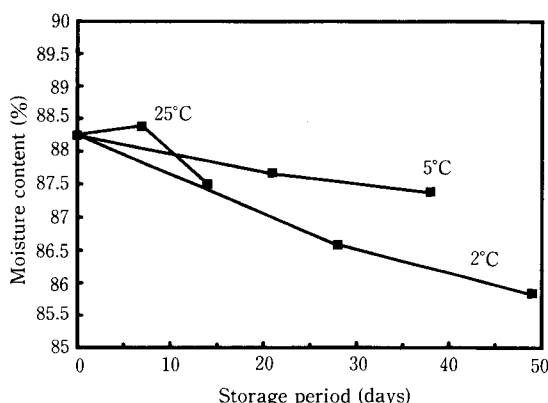


Fig. 2 Changes in moisture content of yacon tubers during storage at various temperature

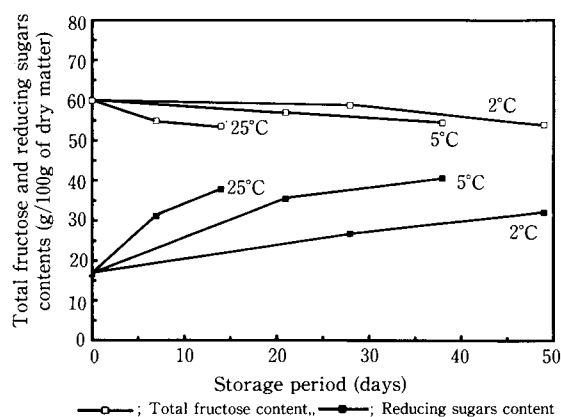


Fig. 3 Changes in total fructose content and reducing sugars content of yacon tubers during storage at various temperature

Fig. 3に、貯蔵中の還元糖と全フラクトース量の変化を示した。糖質の中でシュクロースは還元力を有しないが、フラクトース、グルコース、フラクトオリゴ糖は還元力を有する。従って、還元糖量の増加はシュクロースやフラクトオリゴ糖などの分解した結果による。2°C・49日間貯蔵では還元糖量は約32%で、2°C貯蔵の場合が最もフラクトオリゴ糖の分解速度が遅いことになる。フラクトオリゴ糖はシュクロースのフラクトース側にフラクトースがβ-1, 2結合で1~7個結合したオリゴ糖である。1分子のグルコースを含有するため、全フラクトース量は全糖量と一致しないが、呼吸作用による全フラクトース量の減少速度は2°C貯蔵が最も小さかった。

3. 貯蔵中のグルコース、フラクトース、シュクロースとフラクトオリゴ糖の変化

図には示していないが、ゲルろ過モード HPLC クロマトグラムから、8糖のフラクトオリゴ糖まではピークとして確認できた。しかし6糖以上のフラクトオリゴ糖は、十分分離されているとはいいがたいため、一括して扱った。

Table 2に、貯蔵中のグルコース、フラクトース、シュクロースとフラクトオリゴ糖含量の変化を示した。貯蔵後、3糖、4糖、5糖および6糖以上の各フラクトオリゴ糖含量は貯蔵前より2°C, 5°C, 25°C共にすべて減少した。貯蔵前の各フラクトオリゴ糖の総量は59.6%であった。貯蔵後の総量は、各温度での貯蔵限界である貯蔵期間で比較した場合、25°C・14日間では30.7%、5°C・38日間では33.1%、2°C・49日間では37.6%であった。減少の程度は2°C貯蔵が一番小さかつ

Table 2 Changes in fructose, glucose, sucrose and fructo-oligosaccharides during storage of yacon tubers at various temperature

		(g/100g of dry matter)								
conditions		Fructo-oligosaccharides							Degree of polymerization	
		Fru	Glu	Suc	3	4	5	6 \geq		
$^{\circ}\text{C}$	day									
before storage	-	-	8.8	4.6	4.6	16.2	16.7	11.3	15.4	
after storage	25	7	26.1	12.8	6.0	8.2	10.1	6.8	10.5	
	25	14	23.6	11.9	5.5	8.1	9.2	5.6	7.8	
	5	21	24.4	10.6	4.6	7.6	10.6	7.5	10.3	
	5	38	27.8	12.6	4.2	5.8	9.4	7.1	10.8	
	2	28	19.8	7.9	7.2	11.9	11.3	8.1	10.9	
	2	49	22.3	8.6	7.6	12.3	10.3	6.9	8.1	

Values of fructo-oligosaccharides were calculated as fructose content from HPLC analysis.

た。一方、シュクロース含量は貯蔵後、25 $^{\circ}\text{C}$ ではほぼ変化せず、2 $^{\circ}\text{C}$ と5 $^{\circ}\text{C}$ では僅かに増加した。フラクトース含量は貯蔵後、2 $^{\circ}\text{C}$ 、5 $^{\circ}\text{C}$ 、25 $^{\circ}\text{C}$ 共にすべて大幅に増加した。またグルコースもフラクトースほどではないが、同様に増加した。経時的変化では2 $^{\circ}\text{C}$ と5 $^{\circ}\text{C}$ 貯蔵のフラクトースとグルコース含量は共に増加した。25 $^{\circ}\text{C}$ 貯蔵の場合には、反対に減少した。25 $^{\circ}\text{C}$ 貯蔵では、2 $^{\circ}\text{C}$ と5 $^{\circ}\text{C}$ よりもフラクトオリゴ糖の加水分解酵素活性が高くなるために速く分解される。結果的に7日目のフラクトースやグルコースなどの単糖は増えるが、呼吸作用も2 $^{\circ}\text{C}$ 、5 $^{\circ}\text{C}$ よりも高い。そのために14日目では単糖が多く消費されたと考えられる。

要 約

ヤーコン塊根の2 $^{\circ}\text{C}$ 、5 $^{\circ}\text{C}$ および25 $^{\circ}\text{C}$ 下での貯蔵性と貯蔵中のフラクトース、グルコース、シュクロースとフラクトオリゴ糖含量の変化を検討した。その結果、塊根の貯蔵性は悪く、2 $^{\circ}\text{C}$ でも貯蔵後約2カ月が限界であった。2 $^{\circ}\text{C}$ 、5 $^{\circ}\text{C}$ と25 $^{\circ}\text{C}$ 貯蔵共に、貯蔵後のシュクロースの変化はあまり大きくなかったが、フラクトオリゴ糖の総量は程度の差はあるが大幅に分解されて減少した。結果的にフラクトース量が顕著に増加した。またグ

ルコース量も増加した。その中で、2 $^{\circ}\text{C}$ 貯蔵が、比較的フラクトオリゴ糖の分解が少なく、フラクトースとグルコースの総量の増加も少なかった。

終わりに、本研究を行うにあたり、試料を提供していただいた置戸町役場および置戸町農協に深く感謝致します。

文 献

- 1) 浅見輝男・久保田正垂・南沢 究・月橋輝男：土肥誌, **60**, 122(1989).
- 2) OHYAMA, T., ITO, O., YASUYOSHI, S., IKARASHI, T., KUBOTA, M., MINAMISAWA, K., TSUKIHASHI, T. and ASAMI, T.: *Soil Sci. Plant Nutr.*, **36**, 167(1990).
- 3) 浅見輝男・大山卓爾・南沢 究・月橋輝男：農業および園芸, **64**, 1033(1989).
- 4) 浅見輝男・大山卓爾・南沢 究：化学と生物, **27**, 813(1989).
- 5) 日高秀昌・柴田利章・足立 堯・齊藤安弘：農化誌, **61**, 919(1987).
- 6) 月橋輝男・吉田 徹・宮本 誠・鈴木典夫：農作業研究, **24**, 32(1989).
- 7) 月橋輝男・小松崎将一・吉田 徹・宮本 誠・鈴木典夫：農作業研究, **25**, 38(1990).
- 8) 浅見輝男・南沢 究・月橋輝男：農業および園芸, **66**, 413(1991).
- 9) 黒田 秧・山下雅樹・石原次郎・岩崎真人：四国農業試験場報告, **57**, 99(1993).
- 10) 黒田 秧・石原次郎：四国農業試験場報告, **57**, 110(1993).
- 11) 永原太郎・岩尾裕之・久保彰治：全訂食品分析法(柴田書店, 東京), p.78, p.99, p.108, p.148(1977).
- 12) 福井作蔵：生物化学実験法 還元糖の定量法(東京大学出版会, 東京), p.10(1970).
- 13) 福井作蔵：生物化学実験法 還元糖の定量法(東京大学出版会, 東京), p.77(1970).

**Effect of Storage at 2°C, 5°C and 25°C on
the Quality of Yacon Tubers**

**(Study on the Development of a Sweetener
Source for Seasonings, Part I)**

Yacon tubers were placed in corrugated cardboard boxes and stored in incubators regulated at 2°C, 5°C and 25°C. The effects of storage temperature on the quality of yacon tubers were investigated. Shrinking, wrinkling, softening, blackening and microbial growth were observed during storage. The storage duration at 25°C was about 2 weeks. Storage at 2°C was more effective in maintaining the quality than storage at 5°C or 25°C, but even at 2°C the storage limit was about 2 months. The fructo-oligosaccharide content decreased at each storage temperature. As a result, fructose content increased remarkably and glucose content also increased, however changes in sucrose content were small. The decrease in the amount of total fructo-oligosaccharides and the increase in the amount of total monosaccharides during storage at 2°C were relatively smaller than those during storage at 5°C and 25°C.

**甘味調味食品素材の開発に関する試験研究 (第1報)
—ヤコン塊根の品質に及ぼす 2°C,**

5°Cおよび25°C貯蔵の影響—

ヤコン塊根をダンボール箱に入れ、2°C、5°Cおよび25°Cの恒温器で貯蔵し、ヤコン塊根の品質に及ぼす貯蔵温度の影響を検討した。貯蔵中に塊根の収縮、しわの発生、軟化、黒変あるいは白かびの発生などが認められた。25°Cの貯蔵期間は約2週間であった。2°C貯蔵は5°Cおよび25°C貯蔵よりも品質を保持するには効果的であったが、2°C貯蔵においても貯蔵限界は約2カ月であった。各フラクトオリゴ糖含量は貯蔵中減少した。その結果、フラクトース含量が著しく増加し、またグルコース含量も増加した。しかしシュークロース含量の変化は小さかった。2°C貯蔵中におけるフラクトオリゴ糖総量の減少と単糖の総量の増加は5°Cおよび25°C貯蔵中においてより比較的少なかった。