凍結乾燥ヤマノイモの粘度に及ぼす要因[†]

田之上隼雄*・鮫島陽人*・下園英俊*・市来征勝*

Factors Affecting the Viscosity of Freeze-dried Yam

Hayao TANOUE*, Yuto SAMESHIMA*, Hidetosi SHIMOZONO*
and Masakatsu ICHIKI*

* Kagoshima Prefectural Agricultural Experimental Station,
500 Kamifukumoto-cho, Kagoshima-shi, Kagoshima 891-0166

Factors which affect the viscosity and viscous polysaccharide of freeze-dried yams were investigated. (1) Three kinds of yam (*Jinenjo* (*Dioscorea japonica*), *Thukune-imo* (*D. opposita*) and *Soro-yam* (*D. alata* L.)) were freeze dried. The viscosity of freeze-dried *Soro-yam* was the highest. The decrease of the content of viscous polysaccharide in freeze-dried yams was most remarkable in *Jinenjo*. The sucrose content in *Jinenjo* was less than that in *Soro-yam*, suggesting that the sucrose content in yams affects the viscosity of freeze-dried yam because sucrose addition stabilized the viscosity of freeze-dried *Jinenjo*. (2) The change of viscosity was minimal during freeze drying, while there was a significant decrease in the content of viscous polysaccharide during storage. As storage temperature was increased, the viscosity of freeze-dried yam decreased during storage. Freeze-dried yam wrapped in nylon-polyethylene laminate absorbed water during storage. Water absorption of dried yam accelerated the viscosity change. (3) The viscosity of freeze-dried yam acidified before freeze drying decreased as the pH of the yam was lowered. (4) Viscous polysaccharide was purified with SDS-ethanol and freeze dried. During storage at room temperature, freeze-dried viscous polysaccharide changed from water-soluble to water-insoluble. It was ascertained that polysaccharide insolubility was one of the sources of the viscosity change of freeze-dried yam.

(Received Aug. 4, 1997 : Accepted Dec. 22, 1997)

ヤマノイモの粘性の本体は糖タンパクと言われているが、その化学的性質やレオロジーについては数多くの報告がある^{1)~9)}。

その特有の粘性は、生食として食する「トロロ」や菓子、麺類など加工食品の物性改良剤として幅広く利用されている。ヤマノイモは生芋、冷凍トロロ、凍結乾燥粉末として供給されるが、ヤマノイモの乾燥粉末はその簡便性が評価され、利用が増加している。民間調査機関の調査によると、1989~1992年における凍結乾燥粉末の生産量の年率の伸びは7~8%で、1992年度における生産量は490トンとなっている。しかし一方、ヤマノイモの乾燥粉末が生鮮ヤマノイモ本来の粘性を有しているとは

言えず、市販品の品質にもバラツキがあるなど問題点も指摘されている。

凍結乾燥ヤマノイモの粘性低下は乾燥過程や貯蔵中に起こることが報告されているが¹⁰⁾¹¹⁾、その機構についての詳細は明らかでない。

そこで、ヤマノイモの粘性を最もよく保持と言われる凍結乾燥粉末¹¹⁾について、ヤマノイモの種類、凍結乾燥条件、粉末の貯蔵条件等が粘性変化に及ぼす影響と凍結乾燥粉末における粘質多糖の挙動について検討した。

[†] ヤマノイモの利用に関する研究 (第5報) (前報, 文献15))

* 鹿児島県農産物加工研究指導センター (〒891-0116 鹿児島市上福元町 5500)

材料および方法

1. 材料

ジネンジョ (*Dioscorea japonica* Thunb), ツクネイモ (*D. opposita* Thunb) 及び南方から導入されたソロヤム (*D. alata* L. に属し, 導入した鹿児島大学での整理番号 KaU-09 が付けられ, 登録品種でないがソロヤムと呼称されている) の3種類を用いた。ジネンジョは自生していたもので, 掘取り後2日目に供試した。ツクネイモは市場出荷品を購入し, ソロヤムは鹿児島県農業試験場で栽培, 収穫された。

2. 凍結乾燥粉末の調製

剥皮したヤマノイモを約3 mm厚みの輪切りとし, ステンレス製バット上に3~5 cm厚さに広げ, -20℃の冷凍庫で予備凍結した。

凍結乾燥装置として実用規模の機種(日立製作所製)を用い, 棚温度40℃, コールドトラップ-35~-20℃, 真空度0.2~0.3 Torrの条件で48時間乾燥して凍結乾燥品を試作した。乾燥品は粉碎し, 粉末とした。

一部の試験では「トロロ」にしてから凍結乾燥した。この場合, 剥皮したヤマノイモを変色防止剤の溶液を滴下しながらステンレス製卸し金で摺り卸した後, 変色防止剤が均一になるようにミキサーで緩やかに混練(約5分)してトロロを調製した。トロロはバット上に3 cm厚さに広げ, 同様に予備凍結, 凍結乾燥した。

3. 精製粘質多糖の調製⁹⁾

生鮮ジネンジョの水抽出液に Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) を加え, タンパク質を沈殿, 除去した後エタノールで粘質多糖を沈殿回収する方法を5回繰り返し, ゲル濾過的に単一ピークとした。精製粘質多糖中の炭水化物, タンパク質量をフェノール硫酸法, ケルダール法によって求めた。またその赤外吸収スペクトルはKBr錠剤法によって, HORIBA FT-200を用いて測定した。

4. 粘度測定

(1) 見掛け粘度

凍結乾燥粉末に, 凍結乾燥前の生鮮物ヤマノイモの水分含量となるように水を加え, 時々ガラス棒で攪拌しながら5℃で24時間放置して水戻した。その10 gに水20 mlを加え, スターラーで約1時間攪拌し, 遠心分離(10 000 rpm, 15 min)した上澄液を検液とした。あらかじめ25℃に保温しておいたデジタル式E型粘度計(東京計器)の試料室に検液1 mlをいれ, ローターをセットしてから5分後にローターを回転させ, 1 rpmにおける見掛け粘度を読み取った。

(2) 相対粘度

精製した粘質多糖の0.01%水溶液について測定したが, オズワルド粘度計(水の流下時間345秒)を用いた。

5. 粘質多糖含量

4.(1)の方法で水戻したヤマノイモ10 gに約30 mlの水を加えて混合した後遠心分離した。沈殿物に水を加えて混合, 遠心分離する操作を繰り返し, 上澄液100 mlを得た。上澄液10 mlを, 前報¹²⁾の方法に準じて, Toyopearl HW-65, HW-75, HW-40を連結したゲル濾過カラムに注加した。0.4 M NaClで溶出し, 粘質多糖の溶出画分をフェノール硫酸法で比色定量した。

6. トロロの物性測定¹²⁾

水戻した乾燥粉末250 gを300 ml容ビーカーにとり, この中にT型フックを差し込んだ。引っ張り試験機(東洋ボールドウィンCTM-100)でフックを一定速度(500 mm/min)で引き上げ, トロロの糸が切れるまでの仕事量(S値)と距離(L値)を求めた。

7. 貯蔵方法

凍結乾燥粉末15 gを8 cm×10 cmのアルミ・ポリエチレンラミネートフィルムとナイロン・ポリエチレンラミネートフィルム(以下Al/PEフィルム, Ny/PEフィルムと記す)袋に入れ, ヒートシールした後, 室温付近(20℃, 15℃), 低温(8℃, 5℃)および冷凍域(-20℃)下で貯蔵した。

結果および考察

1. 各種ヤマノイモ凍結乾燥粉末の品質

ヤマノイモを卸し金で摺り卸して調製したトロロの物性値(引っ張り試験におけるS値, L値)の異なるジネンジョ(水分含量69.3%, S値171, L値12), ツクネイモ(水分含量70.1%, S値49, L値5), ソロヤム(水分含量87.3%, S値117, L値11)の凍結乾燥粉末および3種類の市販品(製造年月日, 品種は不明)の見掛け粘度をTable 1に示した。見掛け粘度は全て水分含量がソロヤムの生鮮物の水分含量である87.3%になるように水戻して測定したが, 製品間で大きく異なった。ソロヤムの粘度が他の製品に比べて著しく高いのが特徴的で, 生鮮物では粘りの強かったジネンジョはツクネイモとほぼ変わらない粘度を示し, 凍結乾燥状態での粘度低下の大きいことが伺えた。

市販品は, 3種類とも前歴は不明であるが, いずれも粘度は低かった。ヤマノイモの粘度と菓子原料適性については, 粘度の高いヤマノイモで老化の遅い良質のかん(蒸し菓子)の製造が可能¹⁵⁾, またかるかん原料

としては生鮮物のツクネイモでも粘度不足と言われている。このことを考えると、今回調査した市販品は菓子業者の要望を満たすものでないと評価できる。

2. 各種ヤマノイモの凍結乾燥中における粘質多糖含量

ヤマノイモの凍結乾燥粉末の粘性がヤマノイモの種類によって異なることは永島ら¹¹⁾によって報告されているが、Table 1でも同じような結果を得ることができた。

しかし、ヤマノイモ「トロロ」の粘度は調製の方法によって異なり、田附ら⁸⁾は卸し金とミキサーで調製したトロロでは後者の粘度の低いことを確認している。筆者らもトロロの調製法によってもたらされる粘度の相違が粘質多糖の減少に起因するものかを検証するため、卸し金と高速磨砕機 (Comitrol, URSHEL JAPAN CO., LTD) で調製したトロロの物性と粘質多糖含量を求めたが、Table 2に示すように、物理的性質は変わっても粘

質多糖含量に変化のないことを確かめることができた。

凍結乾燥過程におけるヤマノイモの粘度低下の原因が、凍結乾燥工程中で与えられる物理的衝撃によるのかまたは粘質多糖の量的変化によるものかについては明確にされていない。そこでジネンジョ、ツクネイモ、ソロヤムの凍結乾燥前後における粘質多糖含量を調べ、Fig. 1に示した。ジネンジョの粘質多糖は乾燥前の586 mg/100 gから乾燥後にはその62%に当たる365 mg/100 gに減少した。しかし、ツクネイモとソロヤムでは凍結乾燥前後における粘質多糖含量にほとんど変化がなく、これらのヤマノイモ粘質多糖は凍結乾燥に対し耐性があるように見受けられた。

しかし、ジネンジョ、ツクネイモ、ソロヤムから抽出、精製した粘質多糖の化学的構造はほぼ類似⁶⁾していることを考えると、ヤマノイモの中に粘質多糖を安定化させ

Table 1 Apparent viscosity of freeze-dried yams

Sample	Apparent viscosity (mPa. s)		
	1 rpm	10 rpm	100 rpm
Freeze-dried Jinenjo	185	32	9
Soro-yam	530	94	24
Tsukune-imo	170	30	8
Freeze-dried yam (1)	120	25	7
on the market (2)	120	15	4
(3)	130	24	7

Freeze-dried yam was rehydrated until water content reached 87.3%.

Fig. 1 Viscous polysaccharide content in fresh and freeze-dried yams

Table 2 Properties of Tororo prepared by different methods

Property of Tororo	Mild homogenizer (Orosi-gane)	High speed homogenizer (Comitrol***)
Mechanical characteristics*		
L value (cm)	11.5	7.5
S value (cm ²)	65.6	15.7
Viscous polysaccharide content (mg/100 g)**	395	379

* T-type hook was inserted into Tororo and then moved upward till rupture point of Tororo thread. L value and S value were distance and work.

** Separated by gel permeation column chromatography and determined with phenol-H₂SO₄ method.

*** URSHEL JAPAN Co., LTD.

る他の要素の含まれる可能性が高い。凍結乾燥前後のヤマノイモ水抽出物のゲル濾過パターンでは、低分子域に溶出する炭水化物量がヤマノイモの種によって大きく異なったが、ペーパークロマトによって殆どが蔗糖であることを確かめた。その含量はジネンジョ 0.2%、ツクネイモ 2%、ソロヤムで4%であった。ヤマノイモの凍結乾燥耐性との関連で見ると、可溶性糖の少ないものにおいて粘度低下が大きくなった。

3. 凍結乾燥粉末の粘度保持に対する蔗糖添加の効果

ヤマノイモの凍結乾燥耐性と可溶性糖含量との関連性を確かめるため、凍結乾燥粉末の粘度低下の激しかったジネンジョを供試し、蔗糖添加の効果を検討した。ジネンジョを搾り卸してトロロとし、トロロに対し、蔗糖を2~10% 加え、よく混練した後凍結乾燥した。この試験においては、凍結乾燥完了後直ちに水戻ししたものを凍結乾燥直後とし、乾燥粉末を Al/PE フィルムで包装し、30℃ で1, 2, 3 日間保管したものと区別した。

Fig. 2 に示すように凍結乾燥直後においては、加糖しない時でも粘度が低下することはなかったが、凍結乾燥品を貯蔵する過程において、無加糖区は貯蔵1日後に約1/2, 2日後に1/3に減少した。2% 加糖区では貯蔵2日目から粘度低下が起こり、4% 以上加糖すると粘度が安定することが明らかとなった。永島ら¹³⁾ はイチョウイモの凍結乾燥品の粘度改善に、ブドウ糖、デキストリン、でん粉、カゼインナトリウムの添加が効果的であったと報告しているが、蔗糖を含めたこれらの水和性の高い成分がヤマノイモの凍結乾燥粉末の粘度を安定させる要因になっていると考えられる。

Table 1 の凍結乾燥ジネンジョと Fig. 2 の凍結乾燥直

後の見掛け粘度に差がみられるが、この差は Table 1 の試験の段階では、貯蔵中における急速な粘度減少が明らかにされておらず、凍結乾燥完了後2~3日後に水戻しして粘度測定したことにも原因があると考えられる。

4. 凍結乾燥粉末の貯蔵条件と粘度変化

ヤマノイモの凍結乾燥品は業務用から個人消費用向けの製品が出回り、包装単位置、包装資材も異なっている。またこれらの製品は常温下で流通されている。

凍結乾燥粉末の粘度が貯蔵中に急減することは石谷ら¹⁰⁾ が報告している。Fig. 2 の結果も、ヤマノイモ凍結乾燥粉末の粘度低下が凍結乾燥工程よりもその後の貯蔵過程において起こることを示している。

また川上の総書¹⁴⁾ によると凍結乾燥粉末は防湿フィルムにいれ20℃ におくとあり、貯蔵中の管理の重要性がうかがわれる。そこで、凍結乾燥粉末の粘度が比較的安定していたソロヤムについて、貯蔵温度と包装資材が粘度に及ぼす影響を検討した。

まず、凍結乾燥粉末を Al/PE フィルムに包装し、室温、5℃、-20℃ で貯蔵し、凍結乾燥前の水分含量まで水戻ししたヤマノイモトロロの粘質多糖含量および水抽出液の見掛け粘度測定結果を Table 3 に示した。

貯蔵温度が粘度変化に及ぼす影響は大きく、室温で1年間貯蔵した凍結乾燥粉末抽出液のゲル濾過では粘質多糖に相当するピークが検出されず、その含量は求められなかった。

5℃ 貯蔵においても若干の粘度低下は避けられず、-20℃ 貯蔵で長期にわたる粘度保持が可能となった。以上の結果を踏まえて考えると、市販品のヤマノイモ凍結乾燥粉末に指摘される品質のバラツキは、流過程におけ

Fig. 2 Effect of sugar addition on the viscosity of freeze-dried Jinenjo

■ Sugar addition 0% □ Sugar addition 2%
 ▨ Sugar addition 4% ▩ Sugar addition 10%

る温度条件および貯蔵期間の長さにも起因すると言える。

次に水蒸気透過性の異なる Al/PE フィルムと Ny/PE フィルムで包装し、20℃ および 8℃ で最高 6 か月貯蔵した時の凍結乾燥粉末の水分含量および見掛け粘度を Fig. 3 に示した。

凍結乾燥粉末の水分含量は貯蔵前で 4.1% であったが、Ny/PE で包装したとき、20℃ で 5 か月貯蔵後に 11.5%、8℃ で 6 か月貯蔵後に 13.8% に達した。貯蔵庫内の湿度を測定していないので明確なことは言えないが、調湿機能を持たない冷蔵庫のため、相対湿度が高く、

Fig. 3 Influence of wrapping methods on the apparent viscosity of freeze-dried Soro-yam

- Apparent viscosity of freeze-dried yam wrapped in aluminium-polyethylene laminate
- Apparent viscosity of freeze-dried yam wrapped in nylon-polyethylene laminate
- Water content of freeze-dried yam wrapped in aluminium-polyethylene laminate
- Water content of freeze-dried yam wrapped in nylon-polyethylene laminate

凍結乾燥粉末の吸湿が多くなったように思われる。一方、水蒸気透過性の殆どない Al/PE 区での水分含量の変化は、最も多いもので 0.6% の増加で、貯蔵中の吸湿を抑えるためには水分透過に対するバリアー性がアルミラミネートフィルムに匹敵する程度の包装資材が要求されることがわかった。

20℃ 貯蔵で見掛け粘度に変化が見られたのは、5 か月貯蔵後で、Ny/PE フィルム区が貯蔵前粘度の 12%、Al/PE フィルム区では 44% まで低下した。Al/PE フィルム区では高温貯蔵に起因する粘度低下のみであるが、Ny/PE フィルム区では高温貯蔵と吸湿に起因した相乗的な粘度低下のあったことが伺える。

8℃ で 6 か月貯蔵したときの粘度低下は、Ny/PE フィルム区のみで起こり、Al/PE フィルム区の凍結乾燥粉末は貯蔵前と変わらない品質に保持された。低温下で貯蔵したにもかかわらず Ny/PE フィルム区の粘度低下が激しかったのは、貯蔵中の吸湿があったためで、乾燥粉末の水分含量は貯蔵前より約 10% 多い 13.8% に達した。

以上のことから、ヤマノイモ凍結乾燥粉末の貯蔵中におこる粘度低下を抑制するには水蒸気透過を遮断できる包装資材で包装し、流通期間の長さに応じて低温貯蔵することが重要と言える。

5. トロロの pH が凍結乾燥粉末の粘度に及ぼす影響

ヤマノイモは変色しやすいため、凍結乾燥前に変色防止処理がなされる場合がある。変色防止剤としては亜硫酸、ビタミン C 等が使用されるが、トロロの pH の変動要因になり得る。一方、ヤマノイモの粘質多糖は電解質としての性質を持ち¹⁶⁾、塩酸添加によって沈殿する¹⁾。このことは pH が粘質多糖の安定化にかかわることを示唆する。

そこで、ソロヤムのトロロを 0.1 N 塩酸、カセイソーダで pH 5.6~6.9 に調整した後、凍結乾燥したときの粘

Table 3 Change in viscous polysaccharide content and apparent viscosity of freeze-dried Soro-yam stored at different temperatures

Storage Temperatures-period	Viscous polysaccharide (mg/100 g)	Apparent viscosity (mPa. s)
Before storage	670	544
RT-5 months	428	380
RT-12 months	n.d.	100
5°C-12 months	478	498
-20°C-12 months	582	520

n.d.: not detected.

性変化を比較した。

Fig. 4 に示すように、凍結乾燥前トロロの見掛け粘度は、pH の上昇に従い高くなる傾向を示した。

凍結乾燥粉末は Al/PE フィルムで包装し、15°C で 3 か月貯蔵した後乾燥前の水分含量まで水戻しした。凍結乾燥前トロロの見掛け粘度を 100 とした場合の凍結乾燥品貯蔵後の見掛け粘度は、pH 5.4 で 43、pH 5.9 で 48、pH 6.4 で 78、pH 6.7 で 83 となった。

次に変色防止を目的に、トロロに亜硫酸を 28 ppm およびビタミン C を 0.2% 加えた後凍結乾燥した時の粘質多糖の変動を比較し、Table 4 に示した。

生鮮物トロロの pH は 6.0 であったが、ビタミン C を添加することによって 5.4 に低下した。一方亜硫酸添加区では添加量が少ないためか pH の変動はなかった。

Fig. 4 Effect of pH on the apparent viscosity of fresh and freeze-dried Soro-yam

■ Apparent viscosity of fresh Soro-yam
 ▨ Apparent viscosity of freeze-dried Soro-yam stored for 3 months at 15°C

凍結乾燥前の粘質多糖含量は 549 mg/100 g であったが、ビタミン C を加えて凍結乾燥し、30°C と 5°C で 2 か月貯蔵した後は、それぞれ 105 mg/100 g と 250 mg/100 g に減少した。

亜硫酸添加区は、30°C で 2 か月貯蔵後に 169 mg/100 g まで減少したが、5°C 貯蔵での粘質多糖の減少はごく僅かであり、1 年間に亘る長期貯蔵も可能であった。

このように凍結乾燥前にヤマノイモの pH を酸性側に移行させることは凍結乾燥粉末中の粘質多糖を変質させ、粘度低下を促進させることがわかった。

ヤマノイモの粘質多糖は酸によって沈殿するが、この沈殿物は水不溶である。一方、エタノールでは水可溶の沈殿が得られる。両者の化学成分の違いは灰分量で、池尾¹⁷⁾によると塩酸、酢酸による沈殿物中にはカリウムが 0.4%、エタノールによる沈殿物中には 5.75% 含まれる。粘質多糖中の灰分はイオン交換樹脂によって除去でき、イオンの結合していると思われる⁶⁾。以上のことから推測できることは、イオンの結合している無機成分が少なくなると粘質多糖は水不溶になるように思われる。すなわち、粘質多糖は無機イオンと結合して安定した分子構造となっているが、酸性になると無機イオンが粘質多糖より離脱するため、分子内または分子間会合が起こり、水不溶になる機構が推測される。凍結乾燥粉末の pH が低くなるに従い粘度低下が促進されるのは、粘質多糖からの無機イオンの離脱の程度が異なるためではないかと考えられる。これについては今後検討したい。

6. 精製粘質多糖の凍結乾燥、貯蔵過程中的変質

凍結乾燥されたヤマノイモの粘度低下の機構は明らかにされていない。粘度低下の著しいヤマノイモ凍結乾燥

Table 4 Effect of antibrowning reagents on the content of viscous polysaccharide in freeze-dried Soro-yam

Antibrowning reagent	Storage		Viscous polysaccharide content (mg/100 g)	pH of Tororo
	Period	Temperature		
Fresh yam*			549	6.0
Freeze-dried yam				
SO ₂	2 months	30°C	169	6.1
		5°C	503	6.1
	12 months	5°C	465	5.9
		-20°C	531	6.0
VC	2 months	30°C	105	5.4
		5°C	250	5.4

* Fresh yam did not contained antibrowning reagent.

粉末の水抽出液のゲル濾過においては、粘質多糖に相当するピークが見られなくなった。このことは、粘質多糖が低分子化するか不溶性になることを示唆している。そこで、精製した粘質多糖を凍結乾燥し、貯蔵した時の状態変化と化学成分的な変化を検討した。

精製粘質多糖の0.01%水溶液を調製し、遠心分離した上澄液の相対粘度はTable 5に示した。凍結乾燥前の3.16に対し、凍結乾燥直後は3.03となり、凍結乾燥過程における粘度低下は僅少であった。しかし室温下で1か月貯蔵することによって粘度は激減し、相対粘度は1.21となった。この区の粘質多糖は水戻ししても溶解することがなく、不溶化する減少を捉えることができた。

ヤマノイモ粘質多糖はアセチル化したマンナンと蛋白との複合体で、このためにマンナンに親水性が与えられると言われる³⁾。従って、不溶化にはこれらの成分変化を伴うことが予測される。

精製粘質多糖0.01%水溶液を遠心分離し、上澄液中のタンパク質と炭水化物量を求めたところ、凍結乾燥前では0.24 mg/100 ml、0.72 mg/100 mlとなり、その比は0.33であった。室温下で1か月貯蔵した粘質多糖は水不溶となったように見受けられたが、全ての粘質多糖が沈殿するのでなく、上澄液中にタンパク質が0.11 mg/100 ml、炭水化物が0.25 mg/100 ml含まれた。蛋白/炭水化物比は0.39となり、上澄液中には蛋白を多く含む粘質多糖が含まれることがわかった。すなわち、変性した粘質多糖には不溶化する成分と不溶化しにくい成分があり、後者は蛋白に富んでいるように思われる。これらの成分

Fig. 5 Infrared spectra of viscous polysaccharide

A: Water soluble viscous polysaccharide

B: Water insoluble viscous polysaccharide

Table 5 Change in relative viscosity of freeze-dried viscous polysaccharide

Process and storage	Relative viscosity	Content in supernatant (mg/100 ml)		
		Protein (A)	Carbohydrate (B)	A/B
Before freeze drying	3.16	0.24	0.72	0.33
After Storage				
0 day	3.03			
1 month at RT	1.21	0.11	0.28	0.39
at -20°C	3.11	0.21	0.60	0.35

Viscous polysaccharide was extracted from Jinenjo, purified with SDS-Ethanol five times and then freeze dried. Freeze dried viscous polysaccharide (10 mg) was added to 100 ml of water with stirring. Mixture was stirred for 10 hours at 5°C and then centrifuged (10 000 rpm, 10 min). Relative viscosity of the supernatant was measured with Ostwald viscometer. Protein and carbohydrate in supernatant was analysed with Kjeldahl and Phenol-H₂SO₄ method.

がもともと含まれていたのか、粘質多糖の変性の結果生成されたものなのか定かでないが、タンパク質が粘質多糖の安定性に関与することを示唆している。

アセチル基については凍結乾燥直後の水可溶精製粘質多糖と室温下で1か月貯蔵した粘質多糖を水に溶かし、水不溶部のみを回収してその赤外吸収スペクトルを比較した。Fig. 5に示すようにどちらにもエステル結合に由来すると言われる 1738 cm^{-1} 付近の吸収があり、脱アセチル化を示唆するものでなかった。これらの置換基の定量を行っていないので、凍結乾燥したヤマノイモ粘質多糖の粘度低下が化学的成分変化に基づくものでないことを実証するに至らないが、凍結乾燥粉末の粘度変化が、水分含量、pH、貯蔵温度、親水性物質の存在によって左右されることは前述したとおりであり、ヤマノイモ粘質多糖の不溶化もでん粉の老化に類似した分子内、分子間結合の構築によるものではないかと考える。これらの結合を促進する化学的変化の存在、例えば無機イオンの離脱など今後検討したい。

筆者らは南方系ヤマノイモ (*Dioscorea alata* L.) の産地導入を前提としてその利用上の問題解決に関わってきたが、今回の試験に供試したソロヤムは凍結乾燥素材としても有望であることを確認できた。

要 約

ヤマノイモの凍結乾燥粉末の粘度に及ぼす要因として、ヤマノイモの種類、凍結乾燥前のヤマノイモのpHおよび凍結乾燥粉末の貯蔵条件について検討した。

(1) 種の異なるジネンジョ (*Dioscorea japonica* Thunb), ツクネイモ (*D. opposita* Thunb), ソロヤム (*D. alata* L.) の凍結乾燥粉末の粘度低下はジネンジョが最も大きく、ソロヤムが安定していた。ジネンジョの粘度低下の一因として可溶性糖含量の少ないことが考えられ、ジネンジョに4%加糖して凍結乾燥した粉末の粘度は安定化した。

(2) 凍結乾燥粉末の粘度低下は、乾燥工程中より、その後の貯蔵過程において起こる度合いが高かった。貯蔵中の粘度低下は貯蔵温度が低いほど抑制された。また凍結乾燥粉末は水蒸気透過性の少ないフィルムで包装し、

吸湿させないことが粘度保持上重要になることが判った。

(3) 凍結乾燥前にヤマノイモのpHを酸性側に変動させると凍結乾燥粉末の粘度低下は促進された。

(4) 凍結乾燥粉末の粘度低下は粘質多糖の不溶化に起因すると推測された。

終わりに、本稿を草するにあたり、数々のご助言と御検閲を賜った永濱伴紀鹿児島大学名誉教授に厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) 高橋悌蔵：農化，4，648 (1928)。
- 2) 佐藤利夫：日化誌，88，982 (1967)。
- 3) 佐藤利夫：日化誌，88，985 (1967)。
- 4) M. A. I. T. and H. T.: *Agric. Biol. Chem.* 36, 761 (1972)。
- 5) 弘中和憲・高田勝義・石橋憲一：日食工誌，37，48 (1990)。
- 6) 田之上隼雄・下園英俊：日食工誌，38，751 (1991)。
- 7) 清水美智子・外山マサ・田附きつ：New Food Industry, 21, 41 (1978)。
- 8) 田附きつ：家政誌，33，329 (1982)。
- 9) 弘中和憲・高田勝義・石橋憲一：日食工誌，36，891 (1989)。
- 10) 石谷 孝・小城年久・木村 進：食品総合研究所研究報告，28，88 (1973)。
- 11) 永島俊夫・斎藤紀子・谷口行夫・鴨居郁三：日本食品低温保蔵学会誌，22，73 (1996)。
- 12) 田之上隼雄・穂原関夫・石畑清武：日食工誌，35，595 (1988)。
- 13) 永島俊夫・鴨居郁三：日本食品工業学会講演要旨集，P. 129，東京 (1990)。
- 14) 川上幸次郎編著：ヤマノイモ百科，富民協会，大阪，160 (昭和43年)。
- 15) 田之上隼雄・下園英俊・迫田隆仁：日食工誌，40，627 (1993)。
- 16) 佐藤利夫・水口 純・鈴木周一・戸倉正利：日化誌，88，216 (1967)。
- 17) 池尾和子：奈良学芸大，12，15 (1964)。

(平成9年8月4日受付，平成9年12月22日受理)