

〈研究ノート〉

伊豆半島産農産物のでんぷん分解作用に関する研究

加古大也

Hironari KAKO : Amylolysis Effects of Agricultural Products Grown in Izu Peninsula

鳥取短期大学研究紀要 第70号 抜刷

2014年12月

〈研究ノート〉

伊豆半島産農産物のでんぷん分解作用に関する研究

加古大也

Hironari KAKO : Amylolysis Effects of Agricultural Products Grown in Izu Peninsula

ダイコンやヤマイモなどの野菜にはアミラーゼが含まれ、でんぷん分解作用があることはよく知られている。そこで伊豆半島で栽培される農産物(根菜類)を用いて地場農産物のでんぷん分解作用の研究を行った。すりおろした農産物をでんぷん溶液に添加し一定時間37℃で保温したのちに、ヨウ素でんぷん反応を利用してでんぷんの残存量を測定した。でんぷん分解作用はサツマイモ、白いも、タケノコイモ、及びつくねイモでみられたが、ヤーコンやアオダイコンではほとんど確認できなかった。以上から、いくつかの伊豆半島産農産物ででんぷん分解作用が確認できた。

キーワード：ヨウ素でんぷん反応 でんぷん分解作用 アミラーゼ 伊豆 根菜

1. 緒言

伊豆半島は静岡県内でも特に温暖な気候であり、特産品であるかんきつ類を中心に多様な農産物が栽培されている。根菜類に関しては、ダイコンやニンジン、ヤマイモなどの一般的な野菜や、他地域ではあまり見られない白いもやタケノコイモ、ヤーコン、アオダイコンなどが栽培され、直売所に並ぶ。ダイコンやヤマイモが持つ機能性の一つとして消化促進作用、つまりでんぷん分解作用がよく知られている¹⁻⁹⁾が、白いもやヤーコンなどはでんぷん分解作用に関する報告はない。また、ダイコンやヤマイモとは異なり、通常は生食しないサツマイモやサトイモなども高いでんぷん分解作用をもつことが報告されており¹⁻⁴⁾、生食の可否に関わらず様々な野菜類ででんぷん分解作用を持つ可能性がある。加熱調理をする過程で食品中のでんぷんがアミラーゼにより分解され、味や食感に影響を与えることも報告されており⁵⁻⁶⁾、でんぷん分解作用は重要な機能である。以上から、伊豆半島で栽培される農産物の機能性探索の一つとして、根菜類のでんぷん分解作用(アミ

ラーゼ様作用)に着目し、研究を行った。

でんぷんは代表的な炭水化物として身近な物質であり、ヨウ素液を用いたヨウ素でんぷん反応は一般に広く知られているでんぷんの検出方法である。また、分光光度計と組み合わせることで呈色の度合いを数値化することもできる¹⁾。本研究ではこのヨウ素でんぷん反応と、還元糖に特異的な反応であるベネジクト反応を用いてでんぷん分解作用を測定することとした。

2. 実験方法

(1) 実験試薬

ヨウ素でんぷん反応に用いるでんぷんの検討ではコーンスターチ(AEON TOPVALU co., Ltd., Chiba, Japan)、片栗粉(AEON TOPVALU)、溶性でんぷん(Kokusen chemical co., Ltd., Kanagawa, Japan)、セルロース(Toyo Roshi Kaisha, Ltd., Tokyo, Japan)を用いた。それぞれ蒸留水で0.5%(v/v)となるよう混合、あるいは懸濁させ、オートクレーブ(120℃, 15分)を用いて溶解させた。セルロースは水や湯には溶解しないため、懸濁させたままで用

いた。ヨウ素液はヨウ素溶液(ヨウ素 1 g をエタノール 3 ml で溶解したもの)とヨウ化カリウム溶液(ヨウ化カリウム 3 g を蒸留水 30 ml で溶解したもの)を混合し、蒸留水で 100 ml とした。ベネジクト反応に用いるベネジクト液は硫酸銅 1.7 g, クエン酸三ナトリウム 17.3 g, 炭酸ナトリウム 10.0 g を蒸留水に溶解させ、100 ml とした。特記のない試薬は Wako Pure Chemical Industries, Ltd. (Osaka, Japan) の特級試薬あるいは一級試薬を用いた。

(2) 実験試料

実験に用いた試料(アオダイコン, ダイコン, ニンジン, タケノコイモ, つくねイモ, サツマイモ, 白いも, ヤーコン)は下田市の農産物直売所「旬の里」で 2013 年 12 月に購入し、購入後 3 日以内に使用した。試料は皮をむき、おろし金ですりおろした後に 4 倍量の蒸留水を加えて懸濁し、その上澄み液を農産物試料として実験に用いた。

(3) 実験方法

1) 実験 1 ヨウ素でんぷん反応に用いるでんぷんの検討

でんぷん溶液としてコーンスターチ, 片栗粉, 溶性でんぷん, 及びセルロースを用い, ヨウ素でんぷん反応の数値化を行った。それぞれのでんぷん溶液を 0%(蒸留水のみ), 0.05%, 及び 0.5% に希釈したものを実験試料として用いた。実験試料 200 ml, 蒸留水 4800 ml, ヨウ素 50 ml を試験管に入れ混合し, 発色したのちに溶液の 620 nm の吸光度を分光光度計 (UVmini-1240, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan) を用いて測定した。また, でんぷん溶液が分解された時のヨウ素でんぷん反応についても検討した。アミラーゼを産生するコウジカビを含む「みやここうじ」(Isesou Co., Ltd., Tokyo, Japan) を 9 倍量の蒸留水で懸濁し, その上澄み液 1 ml とでんぷん溶液 2 ml を混合し, 60 分間 37°C で保温した。反応させた液 200 ml をとり, ヨウ素液を加えて吸光度を測定した。

2) 実験 2 ヨウ素でんぷん反応を利用した農産物のでんぷん分解作用の検討

農産物試料 1.5 ml と 0.5% 溶性でんぷん溶液 3 ml を混合し, 37°C で 60 分間及び 120 分間保温して反応させた。対照群には農産物試料の代わりに蒸留水を用いた。反応させた液 200 ml をとり, 蒸留水 5,000 ml, ヨウ素液 50 ml と混合し, 620 nm の吸光度を測定した。ダイコンはその部位によりアミラーゼ活性が異なることが報告されているため⁸⁾, アオダイコン, ダイコン, ニンジンそれぞれ根部を頭部, 中部, 底部に分け測定に使用した。

サツマイモ及び白いもはでんぷん分解作用の経時変化も測定した。サツマイモ及び白いもとでんぷん溶液を混合し, 37°C で保温した。混合後 0 分, 15 分, 30 分, 45 分及び 60 分で反応液を採取し, ヨウ素液を加えて 620 nm の吸光度を測定した。サツマイモによるでんぷん分解後のグルコース及びマルトース等の還元糖の存在は, 水のみ, サツマイモのみ, サツマイモとでんぷん液, でんぷん液のみの 4 群の溶液を 60 分間 37°C で保温したのちのヨウ素でんぷん反応及びベネジクト反応を行い確認した。ベネジクト反応は各群の反応液 200 ml, 蒸留水 200 ml, ベネジクト液 100 ml を加えて混合後加熱し, 呈色の有無を確認した。

でんぷん残存率はでんぷん液に農産物試料を加えていない(蒸留水を添加した)溶液の波長 620 nm の吸光度を 100% とし, それぞれの農産物試料における吸光度の割合を残存率として計算した。

(4) 統計処理

数値はすべて平均値±標準偏差で示した。統計解析にはフリーソフト Pharmaco Analyst II (Hakuhousha, Tokyo, Japan) を用いた。有意差の検定は Student's t-test で行い, $p < 0.05$ を有意差ありとした。

3. 結果及び考察

(1) ヨウ素でんぷん反応に用いるでんぷんの検討

でんぷん(アミロース)はらせん状の構造をとり、ヨウ素がその構造に取り込まれることで青紫～赤紫色に呈色する。しかし、でんぷんが分解されるとヨウ素を取り込めず呈色しない。このヨウ素でんぷん反応の原理を利用し、伊豆半島産農産物のでんぷん分解作用、すなわちアミラーゼ様作用について検討した。

まず、片栗粉、コーンスターチ、溶性でんぷん及びセルロースを用いて、でんぷんの種類と濃度が、ヨウ素により呈色したヨウ素でんぷん反応物の620 nmの吸光度を測定したときに比例関係にあるのか検討した。図1に示したように、片栗粉、コーンスターチ及び溶性でんぷんはヨウ素と反応を示し、0.5%まで濃度依存的に吸光度の増加が見られた。セルロースはほとんど吸光度の増加は見られず、ヨウ素と反応しないことが示された。また、溶性でんぷんにコウジを加えて37℃で保温し、アミラーゼの作用ででんぷんが分解されると、620 nmの吸光度は減少した(Data not shown)。以上から、ヨウ素を用いてでんぷん量の定量、及びでんぷん分解作用の確認ができることが示された。以降の実験では基準となるでんぷん溶液として溶性でんぷんを用いた。

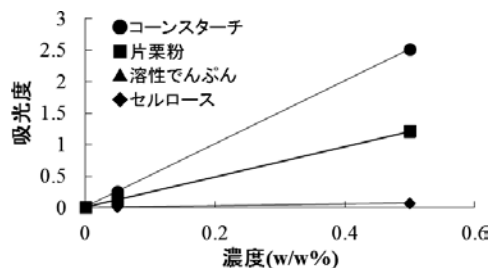


図1 でんぷん試料の種類・濃度と吸光度の関係
n=3, 図中の数値は平均値±標準偏差で示した。

(2) ヨウ素でんぷん反応を利用した農産物のでんぷん分解作用の検討

これまでに根菜類をはじめとして様々な野菜ででんぷん分解作用及びアミラーゼの存在が確認されている。生食野菜ではヤマイモ、カブ、ダイコンなど⁵⁻⁷⁾が、それ以外の野菜でもサツマイモやサトイモ、タケノコイモなど¹⁻⁴⁾が高いアミラーゼ活性を持つことが報告されている。本研究に用いた農産物では、ヤーコンを除く農産物試料を溶性でんぷんに37℃で60分間反応させることででんぷん残存量の有意な減少がみられた。60分後の残存するでんぷんの割合はアオダイコンでは約85%、ダイコンでは50~60%、ニンジンでは60~80%であった(図2)。ダイコンでは40%程度のでんぷんが分解された一方で、アオダイコンでは15%程であった。ダイコンは地中部分が伸び、アオダイコンは地上部分が伸びる種である。パセリなどの葉菜では根菜よりもでんぷん分解作用が低いという報告^{2,6)}もあり、この育成形態の違いが影響している可能性が考えら

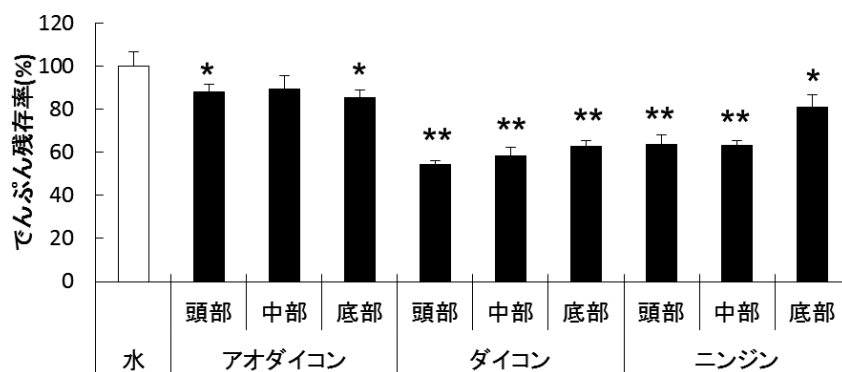


図2 根菜類添加後のでんぷん残存率

n=3, 図中の数値は平均値±標準偏差で示した。

* : p<0.05, ** : p<0.01 水群と比較して有意差あり。

れる。

イモ類のでんぷん残存率はタケノコイモでは75%, つくねイモでは63%, サツマイモでは1.3%, 白いもでは0.4%であった。タケノコイモ, つくねイモは120分後においてもでんぷん残存率はそれぞれ54.5%, 43.0%であり, サツマイモや白いもに比べ分解速度は遅かった。ヤーコンのでんぷん残存率は60分後では97.2%, 120分後では76.9%であり, でんぷんはあまり分解されなかった(図3)。ヤーコンはキク科の植物の塊根であり, 炭水化物としてはフラクトオリゴ糖とイヌリンを多く含み, でんぷんはほとんど含まない⁹⁾。そのためでんぷんを分解する必要性が低く, でんぷん分解作用が低く表れたと思われる。

分解量の経時変化を検討するため, でんぷん分解

能力の高い白いも及びサツマイモ試料をでんぷん溶液に加えて37℃に保ち, 0分から60分まで, 15分ごとにでんぷんの残存量を測定した(図4)。添加直後(0分)で白いも, サツマイモともに残存率が60%程度となり, 30分後ではほとんどでんぷんが検出されなくなった。サツマイモ及び白いもの各試料の添加直後を100%として計算した場合の15分後及び30分後ででんぷん残存量は, サツマイモでは23.6%及び5.3%, 白いもでは4.1%及び3.5%となった。このことから, 時間に依存してでんぷん量が減少していることがわかる。

また, サツマイモ及び白いもによるでんぷんの分解後の溶液はベネジクト反応に陽性であった一方で, でんぷんを加えずにサツマイモ, 及び白いものみで保温したものではわずかな呈色がみられただけ

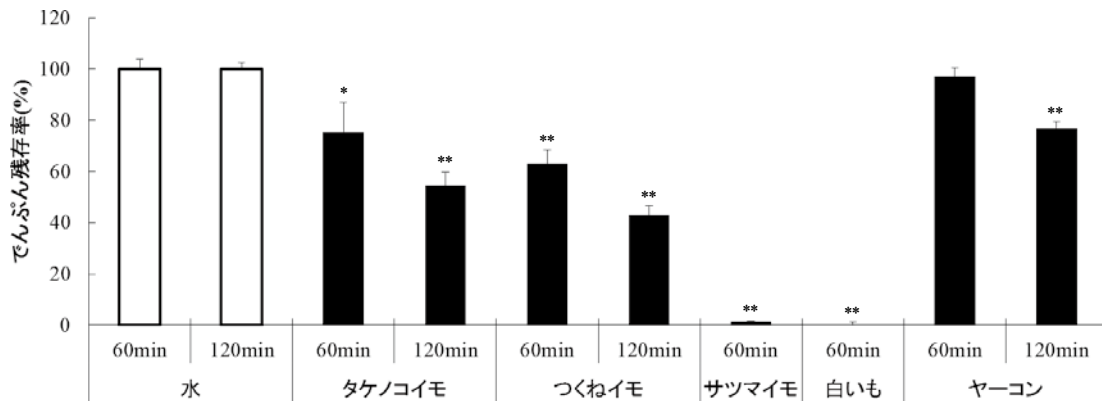


図3 イモ類添加後のでんぷん残存率

n=3, 図中の数値は平均値±標準偏差で示した。

*: p<0.05, **: p<0.01 同時間における水群と比較して有意差あり。

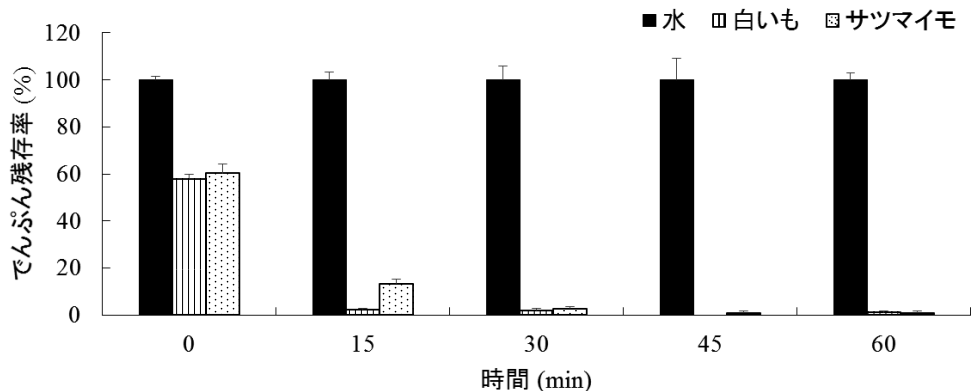


図4 白いも及びサツマイモ添加後のでんぷん残存率の経時変化

n=3-6, 図中の数値は平均値±標準偏差で示した。

であった。つまり、それぞれのイモのでんぷんではなく、加熱して糊化させた溶性でんぷんが分解され、還元糖が生成されたことが示された (Data not shown)。サツマイモは β アミラーゼを含むことが報告されており¹⁻⁴⁾、還元糖の存在が確認できたこの結果と一致する。また、サツマイモやヤマイモの β アミラーゼは生でんぷんには作用しにくく、糊化でんぷんに作用するという報告もある⁴⁾。白いもはサツマイモの一種であり、サツマイモと同様に β アミラーゼを持ち、でんぷんを分解している可能性がある。今後はアミラーゼの存在確認や反応により生成された還元糖の定量を進めることでより正確な情報を得たい。

今実験ではヨウ素でんぷん反応を用いているが、妨害物質の存在も報告されている⁶⁾。食品中に含まれるアスコルビン酸 (ビタミンC) は還元作用が高く、ヨウ素と反応しデヒドロアスコルビン酸と無色のヨウ化水素になる。このため、ビタミンCはヨウ素でんぷん反応の妨害物質となりうる。サツマイモのビタミンC量は $29 \text{ mg}/100 \text{ g}^{10)}$ であり、図4に示されたサツマイモ添加直後のでんぷん残存率の低さはビタミンCの影響を受けている可能性がある。今実験ではビタミンCの影響については考慮していないため、今後検討する必要がある。

以上から、今回使用した伊豆半島産農産物では、アオダイコン、ダイコン、ニンジン、タケノコイモ、つくねイモ、サツマイモ及び白いものでんぷん分解作用が確認されたがヤーコンでは弱い作用しか確認できなかった。特に白いもは β アミラーゼを含むサツマイモと同様、高いでんぷん分解作用がみられ、還元糖の存在も確認できた。今後は、白いもにおけるビタミンCなどの妨害物質の検討やアミラーゼの存在確認などを検討していきたい。また、他の根菜類以外の伊豆半島産農産物についても同様にアミラーゼ様効果の検討を行いたい。

謝辞

本研究の一連の実験は静岡県立下田高等学校 生物研究部顧問 山田智子教諭及び、生物研究部部长 相原文緒さんの協力により行われました。多大なご協力に感謝いたします。

引用文献

- 1) 福田晴美, 大田美紀, 大野信子「イモ類細胞内の加水分解酵素とデンプン顆粒」, 『和洋女子大学紀要 家政系編』39, (1999), pp. 1-6.
- 2) 平戸八千代, 稲田瑞穂, 辰田和佳子, 小倉長雄「野菜類の β -アミラーゼについて: 1) いちよういもの β -アミラーゼの性質」, 『山協学園短期大学紀要』34, (1996), pp. 39-45.
- 3) 大野信子「タケノコイモの β -アミラーゼの分離とその性質」, 『和洋女子大学紀要. 第2分冊 家政系編』26, (1986), pp. 23-35.
- 4) Kanefumi K. "Study on Organ-specific Starch Properties of Sweet potato." J. Appl. Glycosci., 52, (2005), pp. 45-50.
- 5) Fumiko M. Shizuko H. & Yoko O., "Studies on the Cooking of Sweet-potato by Electronic Range." J. Home Econ. Japan, (1965), 16, pp. 284-287.
- 6) 加藤陽治, 照井誉子, 羽賀敏雄, 小山セイ, 日景 弥生, 盛玲子「生食野菜類のアミラーゼ活性」, 『弘前大学教育学部教科教育研究紀要』17, (1993), pp. 49-57.
- 7) 団野源一「ヤマノイモを生で食することができる理由は生でんぷんの消化性によるものではない」, 『大阪青山大学紀要』2, (2009), pp. 29-31.
- 8) 西村敬子, 榊原洋子「大根中の遊離アミノ酸量及びアミラーゼ活性について一部位, 品種による相違一」, 『愛知教育大学研究報告, 芸術・保健体育・家政・技術科学・創作編』, 50, (2001), pp. 67-71.

- 9) 独立行政法人 国立健康・栄養研究所ホームページ『健康食品の安全性・有効性情報データベース』
<https://hfnet.nih.go.jp/contents/indiv.html>
(2014. 09. 24)
- 10) 香川芳子監修『新しい「日本食品標準成分表 2010」による食品成分表（改定最新版）本表編』,
女子栄養大学出版部, (2011), pp. 22-23.