冷凍サヤインゲンの解凍に関する研究

(第2報) 解凍による組織学的形態変化

今中鏡子*・川上いつゑ**

Studies on changes by thawing of frozen string beans

(*Phaseolus vulgaris* L.,)

Part II. Histological changes

Kyōko IMANAKA*, and Itsue KWAKAMI**

Summary

Following the previous investigation concerning the change by thawing in L-ascorbic acid content of frozen string beans, studies on histological changes are reported in the present paper.

1) Among four methods of thawing, i. e., thawing in a refrigerator, at room temperature, in microwave oven, and in running water, the least histological damage was observed in the material thawed in refrigerator. There was no appreciable difference in the extent of damage among other three methods.

2) The tissues being susceptible to the damage by thawing are endocarp, outer layer of exocarp and parenchyma around vascular bundle.

3) After thawing the residual L-ascorbic acid was found in spermoderm, and outer part of cotyledon. The result that the damage was slight in the materials thawed in refrigerator coincides with larger amount of residual L-ascorbic acid as shown in the previous chemical study.

緒 言

前報において冷凍サヤインゲンを用いた解凍実験を行い L-アスコルビン酸残存量を測定し、統計処理によって解凍方法の良否について検討を加えた。その結果最終解凍温度10℃の場合「冷蔵庫解凍」されたサヤインゲン

の L-アスコルビン酸残存量が最も多く、ついで「電子レンジ解凍」・「自然解凍」であり、「水かけ解凍」が最も少ない値であった。L-アスコルビン酸は水溶性であり酸化されやすいビタミンであることから、解凍による組織や細胞の破壊とも関係があることを予想し、前報同様4種の解凍方法により組織学的な形態を観察した。

実験材料および方法

1. 材 料

サヤインゲン (インゲンマメ *Phaseolus vulgaris* L.,

* 広島文化女子短期大学

** 筑紫女学園短期大学

* Women's Junior College of Hiroshimabunka

** Women's Junior College of Chikushiyogakuen

の子房)を用いた¹⁾。品種は、わい性種の新江戸川(高知県産ハウス栽培)²⁾。

2. 前処理, 凍結, 貯蔵

すべて第1報に準じ, ブランチングのため1分間ボイル, 10℃で冷水冷却し, -42℃で凍結その後-20℃で5ヵ月間貯蔵した。凍結時の最大氷結晶生成温度帯は, 平均-2.5℃~-3.2℃であり, 温度帯通過時間は6~9分間であった。

3. 解凍方法

最終解凍温度は10℃に一定とし, 第1報同様次の4種の解凍方法を行った。いずれの方法も日常一般的に用いられている方法である。

(1) 電子レンジ解凍: マイクロ波15秒間照射後15秒間放置, その後再びマイクロ波15秒間照射

(2) 水かけ解凍: 15秒間蒸留水をかけ, 15秒間休む。これを3回繰り返した後室内放置3~4分間

(3) 自然解凍: 室内(27℃)に13~16分間放置

(4) 冷蔵庫解凍: 3℃の庫内に40~120分間置き, その後室内放置10℃になった段階で観察資料とした。

4. 切片作成

カルノア氏液で固定。常法によりパラフィン切片を作成した。切片の厚さは観察倍率に応じて5~10μにした。

5. 染色

サフラニンとライトグリーンの二重染色³⁾。

6. L-アスコルビン酸の検出

硝酸銀処理を行う⁴⁾。

7. 検 鏡

光学顕微鏡(生物顕微鏡 Nikon SF-Ke)

結果および考察

1. サヤインゲンの横断面

食用としているサヤインゲンは, インゲンマメの子房である。サヤインゲンの基部から先端に至る中心軸に対し, 図1のごとく子葉部分を通して垂直に切る。図2はその横断面で直径約1cmの円形の中に多種類の組織や細胞が存在している。今回の観察はすべてこの横断面について観察を行った。

図2のようにサヤインゲンは莢(果皮), 珠柄, 臍, 種子に大別される。莢は外果皮, 中果皮, 内果皮から構成され, 中果皮には管束がほぼ等間隔に通っている⁵⁾。また中果皮の背側部には管束群が存在している。珠柄は左右の莢から交互に派生しているので日常我々が莢を縦に割ったとき, 種子が左右の莢へ交互に着生しているのを見かける。このように種子は着生した側の莢の管束群から栄養分を補給される⁵⁾。種子は種皮と子葉とからなり子葉に養分を貯える。インゲンマメは, 胚乳の発達が見られず無胚乳種子である^{3), 6)}。

2. 莢(果皮)

写真1は生の莢の断面である。外果皮(EC), 中果

図2 サヤインゲンの断面図

写真説明 (サヤインゲン横断面)

1. 生の莢 (果皮・×100), 2. 外果皮の細胞 (×400), 3. (左上): 外果皮細胞内の核と葉緑体 (×400), (右下): 中果皮細胞内の核と同化デンプン (×1000), 4. 沸騰水1分間ボイルした莢 (×100), 5. 「電子レンジ解凍」の莢 (×100), 6. 「自然解凍」の莢 (×100), 7. 「冷蔵庫解凍」の莢 (×100), 8. 生の腹側部管束群 (×100), 9. 沸騰水1分間ボイルをした腹側部管束群 (×100), 10. 「冷蔵庫解凍」の腹側部管束群 (×100), 11. 生の種子 (種子上部と子葉・×40), 12. 生の種皮の上皮組織 (×400), 13. 「電子レンジ解凍」の種皮の上皮組織 (×400), 14. 「冷蔵庫解凍」の種皮の上皮組織 (×400), 15. 生の種皮の海绵状組織 (×1000), 16. 解凍後の種皮の海绵状組織 (×1000), 17. 「電子レンジ解凍」の子葉 (×100), 18. 「冷蔵庫解凍」の子葉 (×40), 19. 生の子葉細胞 (核の貯蔵デンプン・×1000), 20. 「冷蔵庫解凍」の子葉 (×1000)

記 号 説 明

EC: 外果皮 (epicarp), MC: 中果皮 (mesocarp), EnC: 内果皮 (endocarp), VB: 管束 (vascular bundle), ST: 気孔 (stoma), N: 核 (nucleus), Ch: 葉緑体 (chloroplast), S: デンプン (starch), Ag: 銀 (化学記号), H: 毛 (hair), C: さけめ (crack), Sp: ラセン紋導管 (spiral tracher), Co: 子葉 (cotyledon), T: トックリ状組織

皮 (MC), 内果皮 (EnC) があり, 中果皮には管束 (VB) が観察される。外果皮や中果皮を高倍率で観察すると写真2のように細胞物質が多数みられる。写真3左上の核 (N) と周辺に葉緑体 (Ch) がみられ, 写真3右下ではその葉緑体の層状構造 (グラナ) において光合成されたデンプン (S) を観察することができる^{3), 7), 8)}。

また硝酸銀処理によってL-アスコルビン酸の存在も確認できる。写真3右下の核周辺に銀 (Ag) で黒く染められた顆粒がみられ, L-アスコルビン酸の存在を証明している。

内果皮は他の果皮に比べ薄膜柔細胞 (EnC) で細胞は大きく細胞物質は少ない (写真1)。同画面の外果皮最外層に気孔 (ST) がみられる。これは葉の裏面にあるものと相同の器官であって莢の表面に無数に存在している⁹⁾。すなわち莢葉が進化して表面に (主葉脈にそって) 種子をつけ, 内側に包み込んだ形を示している。

写真4は沸騰水1分間ボイルをした莢の断面である。生のものに比べてほとんど変化していない。しかし生の細胞のような張りはなく, 細胞壁の弛緩がみられ組織全体の変形もある。外果皮の最外層は, このボイル段階で部分的に剝離する。同画面の剝離した最外層に毛 (H) が観察される。この毛も気孔と同じく莢の表面に無数に存在している⁹⁾。

写真5は電子レンジ解凍した莢の断面である。外果皮最外層剝離がすすみ内果皮の破壊も大きい。隣接した多数の細胞が破壊されて穴 (さけめ) が形成されている (C)。外果皮 (EC) にもところどころ同じようなさけめ (C) がみられる。外果皮, 内果皮のさけめの形態の差は細胞の配列構造によるものであろう。その他高倍率で観察すると細胞内物質に変化がみられ, 形のある核は

観察できない。また同化デンプン特有の形態も失われている還元された単体銀が解凍後の莢にもみられ, L-アスコルビン酸の残存を証明している。中果皮 (MC) の組織破壊はほとんど観察されない。その他「水かけ解凍」, 「自然解凍」 (写真6) も同じ形態であった。

写真7は「冷蔵庫解凍」した莢で, 外果皮最外層剝離, 内果皮破壊以外には組織や細胞の破壊はほとんど認められず, 4種の解凍方法のうちでは最も良い結果であった。

解凍後の莢 (果皮) に共通して内果皮 (EnC) 部分が破壊され易いことが判明した。この原因として水分含有量に差があると仮定し, 赤外線水分計により水分測定を行った。その結果外果皮・中果皮部分の水分量は90.9%, 内果皮部分では95.4%であった。その差は4.5%とわずかである。しかしこれを水分外固形分として計算した場合は, 外果皮・中果皮部分で9.1%, 内果皮では4.6%となり内果皮を構成している固形分は外果皮・中果皮の固形分の約1/2量である。このため内果皮部分は, 凍結・解凍によって水分の物理的変化の影響を受けやすく, ぜい弱であることが推測される。

3. 腹側部管束群

莢を横断すると背側部と腹側部に管束群がある。背側部の断面の管束群は背腹軸を中心に両側にそれぞれ1個ずつあり, 楕円形に近い扇形をしている⁹⁾。腹側部の管束群は写真8のような扇形である。角のある太い導管がV字形に並び, このV字形が10個前後集合して扇形を形成している。この導管はラセン紋導管 (SP) であり, サフラニン好染で赤く染まる。その周辺に師管や伴細胞などがあり, L-アスコルビン酸に富む⁹⁾。

写真9は沸騰水1分間ボイルした腹側部の管束群であ

る。組織や細胞の破壊はほとんどないが、細胞内物質は変性してサフラニンやライトグリーンに染色されていない。

解凍後の腹側部管束群は、いずれも同じ形態が観察され、解凍方法による差は認められない。写真10は「冷蔵庫解凍」したものである。管束群と外果皮との接触部の間隙、ラセン紋導管周辺柔組織の破壊がみられる。しかしこれらの組織破壊にもかかわらず高倍率では銀反応が観察され、L-アスコルビン酸の残存が明らかである。

4. 種皮上部の上皮組織

莢の横断綿においては、珠柄を経て種子が莢の背側部へ着生している。種子は子葉と種皮とからなり、種皮上部は複雑で種々の組織が存在している。写真11は生の種子の横断上部域である。外側第一層の上皮組織は柱状細胞が並び、その内側に海綿状組織および柔組織などがある。写真11の左には珠柄につづく臍とトックリ状組織(T)がみられる。種皮全般にL-アスコルビン酸が豊富である⁵⁾。右下に子葉(Co)がある。

写真12は上皮組織の柱状細胞である。細長い細胞(10×70μ)が規則正しく配列し、それぞれの細胞にはその形態に応じた細長い核物質が存在している。銀粒(Ag)のみられる部分は、L-アスコルビン酸の存在を示し約0.1μの単体銀または単体銀の集合体として観察される⁵⁾。

写真13は「電子レンジ解凍」したもので上皮組織の柱状細胞分離がみられる。分離のしかたは、柱状細胞の中心部分に分離が生じ、核物質が露出している。細胞膜間は強力に密着している。「水かけ解凍」・「自然解凍」も同じ組織破壊がみられた。「冷蔵庫解凍」の上皮組織の柱状細胞は写真14のように組織破壊は少なく良い結果であった。いずれの解凍方法においてもL-アスコルビン酸が観察された。

5. 種皮上部の海綿状組織

上皮組織の柱状細胞に接して海綿状組織がある。生のものは写真15(写真11の一部拡大)にみるように球状に近い大小さまざまな細胞であり、サフラニン好染の大きな核(N)がある。細胞質に富み銀(Ag)で染められた顆粒が存在し、L-アスコルビン酸に富んでいる。

写真16は解凍後の海綿状組織である。生のものに比べ、ブランチング時に受けた細胞壁の弛緩がみられるが細胞膜破壊はほとんどみとめられない。しかし核は破壊され細胞内に分散している。L-アスコルビン酸も単体銀

として認められる。海綿状組織では解凍方法による差は判定できない。

6. 子 葉

子葉は左右一対二葉からなる貯蔵器官である。最外層は一層の小さい表皮細胞でおおわれる。子葉内部の細胞に貯蔵物質デンプンやたん白質などを貯える。前記のようにインゲンは無胚乳種子^{3),6)}である(写真11右下が子葉)。

解凍後の子葉では変形や萎縮が起こる場合が多い。時には写真17「電子レンジ解凍」のように多数の細胞を破壊したさけめが無数に生じスポンジ状になる。これらは特定の解凍方法に起因するものではなく、いずれの解凍方法によっても生じる現象である。

解凍時の温度や間時管理が適当であれば写真18「冷蔵庫解凍の子葉」のように組織や細胞にほとんど破壊を生じない。細胞内物質は後述するように変性している。またいずれの解凍方法によっても子葉が種皮に接する部分にL-アスコルビン酸が残存する。

子葉細胞内における変性について観察すると写真19の生の子葉細胞中には貯蔵デンプン粒がみられる。これはアミロプラスト中で合成されたデンプン粒(S)であり、果皮葉緑体内で光合成された同化デンプン粒(写真3右下)と形態が異っている^{5),7),8)}。球形の核(N)周辺に貯蔵デンプン粒(S)や細胞内物質が多く、L-アスコルビン酸も豊富である(Ag部分)。

写真20は写真18「冷蔵庫解凍」の子葉を一部拡大したものである。細胞膜物質の変性が生じ、生の子葉に観察された球形の核や貯蔵デンプン粒などは認められない。

結 論

第一報につづいて冷凍サヤインゲンを材料として解凍実験を行い、組織学的形態を観察した。解凍方法は、①電子レンジ解凍、②水かけ解凍、③自然解凍、④冷蔵庫解凍の4方法であり第1報の解凍条件と同様である。4方法とも最終解凍温度を10℃とした。

1. 4方法のうち組織や細胞の損傷が最も少ない解凍方法は「冷蔵庫解凍」であった。「電子レンジ解凍」・「水かけ解凍」・「自然解凍」の3方法について解凍による組織形態的損傷に差は認められなかった。

2. 「冷蔵庫解凍」において組織や細胞に損傷が少ないという結果は、第1報におけるL-アスコルビン酸残存量の測定結果と一致している。組織や細胞の損傷が少

ない「冷蔵庫解凍」では、L-アスコルビン酸残存率も高い結果を得た。

3. 解凍後、損傷を受け易い組織は、外果皮最外層剝離、内果皮破壊、背腹部両管束群のラセン紋導管周辺柔組織破壊であり、ついで種皮上部域の上皮組織（柱状細胞）の間隙、外果皮の部分的損傷、子葉の萎縮、変形、スポンジ状破壊などであった。

4. 解凍後L-アスコルビン酸の残存が期待できる部分は、種皮、子葉外側部、海綿状組織、背腹両管束群であった。

引用文献

- 1) 山田晴美：園芸植物学名辞典，農業図書，東京，pp.246～247，1978.
- 2) 清水 茂：野菜の生態と作型，誠文堂新光社，東京，pp. 357～366，1975.
- 3) 猪野俊平：植物組織学，内田老鶴圃新社，東京，pp. 587～604，1970.
- 4) L, リゾン著・今泉正訳：組織化学および細胞学，白水社，東京，pp. 720，1970.
- 5) 今中鏡子・川上いつゑ：サヤインゲンの形態学的研究（第1報），広島文化女子短期大学紀要第13号，広島，pp. 69～83，1980
- 6) 濱 健夫：植物形態学，コロナ社，東京，pp. 295～298，1975
- 7) 川上いつゑ：デンプンの形態，医歯薬出版，東京 pp. 196
- 8) Kawakami, I. and Tamura, S.: Studies on the rice starch grain, Bull of Hiroshima Univ Vol 20, pp. 19～27, 1971

☆ 省カスープ ☆

人手と経費をはぶいた高級がらスープ。
一流ホテル・レストランで作るのと全く
同じ純天然、純製法です。

豚肉・豚骨・鶏骨・野菜の「ダシ」をそのまま濃縮して缶に詰めた天然スープです。

- 使用法 → 水で60倍（標準）にして使用。
（2号缶1本で約54ℓ＝3斗にのびます）
- 応用料理 → 中華料理の素汁、カレー、シチュー、ハヤシ、スープ、冷凍食品などに。

エバラ がらスープ
〔骨肉湯〕

《荷姿》2号缶 860g×12 / 1号缶3.2kg×6

★★★★★
姉妹品
★★★★★
エバラ
チキン

がらスープ

鶏肉・鶏骨を主原料にした高品質の濃縮スープです。

- 使用法 → 水で40倍（標準）にうすめて使用。2号缶1本で約35ℓにのびます。
- 応用料理 → コンソメ、ポタージュ、カレー、ハヤシ、シチューなどのベース・スープストックに…※洋食の素汁に…

《荷姿》2号缶 860g×12

エバラ食品工業株式会社
横浜市神奈川区沢渡2-2 TEL 045(314)0111