

穂先タケノコの有効利用

Improved Dietary Utilization of 'Hosaki-takenoko' Bamboo Sprouts through Freeze Drying

森 悦子*¹ 尾形 壽子*¹ 江越 和夫*¹
 (Etsuko Mori) (Hisako Ogata) (Kazuo Egoshi)
 岡 輝美*¹ 野中 重之*²
 (Terumi Oka) (Shigeyuki Nonaka)

Bamboo sprouts provide desirable dietary fiber that adsorbs heterocyclic amines which could otherwise induce mutagenicity and liver cancer. We investigated the efficacy of freeze-drying the top 30-50 cm of two-meter high bamboo sprouts (Hosaki-takenoko) to improve their utilization for health-conscious dietary use. Two kinds of food were prepared from these bamboo sprouts: one in stick and the other in powdered form. The stick form was prepared by finely slicing 5-cm sections into sticks, then into fine strips, boiling in soya seasoning, and finally freeze-drying. Each form of bamboo sprout food was tested and found to absorb much more heterocyclic amine than could burdock and cabbage. Both these food forms would be a healthy constituent in a variety of dishes.

キーワード：たけのこ bamboo sprout；食物繊維 dietary fiber；穂先タケノコ Hosaki-takenoko：the top 30-50 cm of two-meter high bamboo sprouts；ヘテロサイクリックアミン heterocyclic amine；健康食品 healthy food；ダイエット食品 diet food

タケノコ（竹 *Phyllostachys spp.* の若い茎）の芽は9月頃に形成され、深さ20～30cmの土中から200日位かけて徐々に大きくなり、気温が12～13℃となる3月下旬頃から地表面に出てくる。日本においては、春先に先端が地表に現れる頃掘り出して食べる。

国内で食用とされているタケノコの品種は12～13種あり、最も多く食べられているのはモウソウチク（孟宗竹：*Phyllostachys heterocycla* Mitf.）で、タケノコ全体の約70～80%を占める¹⁾。モウソウチクタケノコの生産量は福岡県が現在日本一である²⁾。

タケノコは地上に出てからは、40～50日で14～15mの高さとなる。タケノコの成長速度が速いのは、60～70

の節ごとに成長点がありそれぞれの節がいっせいに成長すること、そしてカイネチンやジベレリンなどの植物ホルモンが深く関わっていること、幹の中が空洞であること³⁾、親竹からの同化作用による有機養分の補給などが総合的に作用して成長する点にある。チロシンは、成長を早めるほか、竹の稈を硬く丈夫にする成分リグニンをつくるはたらきをする。葉や稈の表面に多く含まれている珪酸は、葉の光合成を助け稈の成長促進や強度を高めるのに役立っている⁴⁾。

タケノコの栄養的特徴としては、100g当たり26キロカロリーと比較的低エネルギーで、食物繊維（水溶性0.3g、不溶性2.5g）を多く含む。たんばく質含量は3.6g、そのほぼ1/3量は非たんばく態のアミノ酸（チロシン、グルタミン酸、アスパラギン酸、リジン、アラニン、メチオニン、フェニルアラニンなど）やベタイン、コリンなどであり、旨味のある成分も存在する。そのうえ、タケノコの食物繊維は、ほうれん草やこん

*¹ 久留米信愛女学院短期大学 食物栄養学科
 (Department of Food and Nutritional Sciences, Kurume Shin-Ai Women's College, Kurume-shi 839-8508)

*² 福岡県森林林業技術センター 資源開発課
 (Fukuoka Pref. Forest Res. & Exten. Center, Forest Product Section)

にやくなどの食物繊維に比べ、ヘテロサイクリックアミン類 (3-amino-1, 4-dimethyl-5 *H*-pyrido[4, 3-*b*]indole (Trp-P-1), 3-amino-1-methyl-5 *H*-pyrido[4, 3-*b*]indole (Trp-P-2) 及び 2-amino-3-methylimidazo[4, 5-*h*]quinoline (IQ)) の試験管内での吸着性が高い⁵⁾。ヘテロサイクリックアミン類は *S. typhimurium* TA 98 に対し強い変異原性並びにマウス肝臓ガンの誘発が確認されている⁶⁾ ので、タケノコ食物繊維の摂取は、大腸ガンなどの予防に役立つ可能性がある。

タケノコの調理性としては、ホモゲンチジン酸や塩基性の成分であるアルカロイド類、タンニン類、シュウ酸などによる特有のえぐみ (アク) を除くために茹でる操作を行った後、煮物や和え物など広範囲に利用されている⁷⁾。掘ってから時間の経過したものや、地上に出て日数が経ったものは硬くてえぐみが強くなるとされている。ワカメとともに炊き合わせる「若竹煮」や、それをすまし汁仕立てにする「若竹汁」、木の芽味噌で和える「木の芽和え」など春先の献立として伝承されている。

近年竹林の異常繁殖が社会問題となっている。日光を浴びて品質の低下した黒皮のたけのこは、そのまま放置され、竹林荒廃の一因になっている。それ故、竹やタケノコの有効利用が模索され、竹を原料として、竹炭や竹酢液などとしての利用法⁸⁾ も進んでいる。

そこで我々は森林環境問題を念頭に、貴重な食資源の利用拡大を図るため、地中から掘り起こした従来のタケノコではなく、タケノコの頭部がすでに地上 2m 位に伸びた仮称「穂先タケノコ」を、新規加工・調理素材として研究開発することにした。

実験方法

1. 試料

実験に用いた穂先タケノコは、福岡八女農業協同組合から提供された。福岡県八女郡立花町の竹林で平成 13 年 5 月に収穫され、水煮後皮を取り除き、可食部のみ缶詰にした「穂先タケノコ」孟宗竹水煮 (固形量 11 kg, 内容総量 18 kg) を試料として用いた (漬汁は pH 4.8 以下に調製) (写真 1)。

2. 試料の調製と実験方法

1) スティック状穂先タケノコ

上記「穂先タケノコ」は煮崩れしやすいため、先端部分 5cm を取り除き、上部から繊維の垂直方向に 10 cm 毎にカットし、実験に用いた穂先タケノコは先端側から 1・2・3 とした (写真 2)。今回使用した穂先タ

ケノコの全長は 28~32 cm であり、4 分画目に相当する穂先タケノコ画分はなかった。1~3 の部分をさらに半分 (5 cm) の輪切りにし、長さ 5 cm 厚さ 3 mm で繊維方向に千切りにした。幅は穂先タケノコの厚みとし (穂先部分なので内部は空洞状)、穂先タケノコ内部の節は付いたまま用いた (写真 3)。調理加熱器具は、ガスコンロ (PA-10 H LP ガス用, 0.238 kg/h, パロマ製) を用いた。なるべく一定の火力に保つために、コックは常に全開状態で使用した。加熱用の鍋は、直径 18 cm, 表面アルマイト加工のアルミニウム片手鍋 (底の厚さ 2 mm, 容量 2.3 l) を使用した。

アルミ鍋に、水を穂先タケノコ重量の 50% と、醤油 (ニビシうまぐち上級: こいくち醤油, 塩分 15%) を穂先タケノコ重量に対する塩分濃度換算で、0%, 0.5%, 1%, 2% になるように加え、鍋蓋をし、ガスコンロを点火した。煮汁が沸騰直後、下処理した穂先タケノコ 110~250 g を一度に加えた。再沸騰後、鍋蓋を外し、穂先タケノコ全体にむらなく調味液が浸透するように、菜箸でかき混ぜ、煮汁がなくなった時点を加熱終了とした。加熱時間は 2~5 分間であった。室温に下がるまで鍋をそのまま放置し、さらに汁気を切るためにステンレスザルに 30 分間放置後、-80°C で 30 分間以上予備冷却し、凍結乾燥した。フラスコ多岐管またはドライチャンバーを取り付けた凍結乾燥機 (東京理化機械 (株) 製 FDU-540 型) を使用した。乾燥後、吸湿を避けるため凍結乾燥試料をデシケーターに入れ、暗室にて保存した。

熱風乾燥は、ADVANTEC モデル SP-650 を用いた。食物繊維の吸着実験において、凍結乾燥試料との比較の意味で、厳しい乾燥条件として今回は 100°C の温度条件で 20 時間乾燥した。乾燥後、吸湿を避けるため、調製した試料はデシケーターに入れ、暗室にて保存した。

2) 粉末穂先タケノコ

上記 1) の 3 部位の穂先タケノコの節部分を、1 cm 角の 5 mm 厚さの色紙切りにし、-80°C で 30 分予冷却後、凍結乾燥し、ボールミル粉碎機 (三商 NS-3) に 36 g 入れ、20 時間製粉した。

3) 実験測定機器

高速液体クロマトグラフィは日立製の L-6000 型のポンプに日立製の L-4200 型 UV 検出器を接続し、データ処理は日立製の D-2500 Chromato-Integrator を用いて行った。遠心分離機は日立製の HIMAC CR 5 B 2 型を、超音波洗浄器はシャープ製の UT-304 型を用いた。

穂先タケノコの有効利用



写真1. 試料タケノコ（水煮缶）

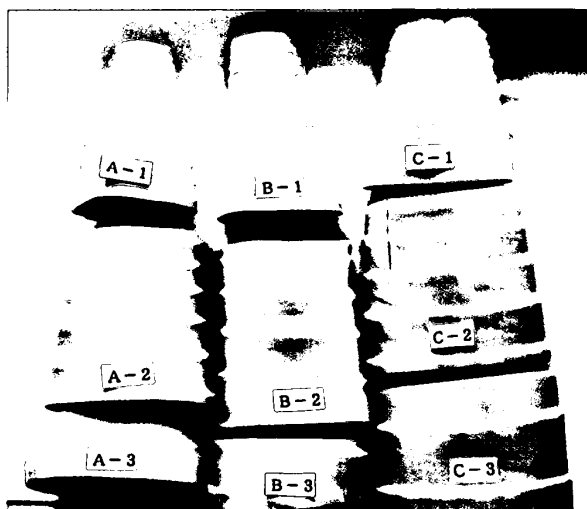


写真2. 水煮タケノコの断面



写真3. 千切りタケノコ

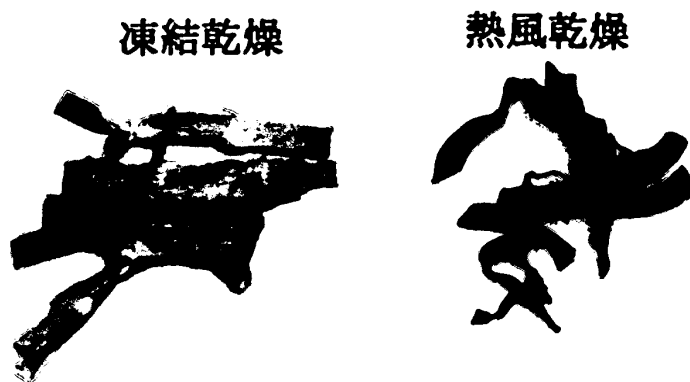


写真4. 熱風乾燥品と凍結乾燥品の外観



左：熱風乾燥 右：凍結乾燥 倍率：×5
写真5. 熱風乾燥品と凍結乾燥品の顕微鏡写真



左：熱風乾燥 右：凍結乾燥 倍率：×12
写真6. 熱風乾燥品と凍結乾燥品の断面の顕微鏡写真

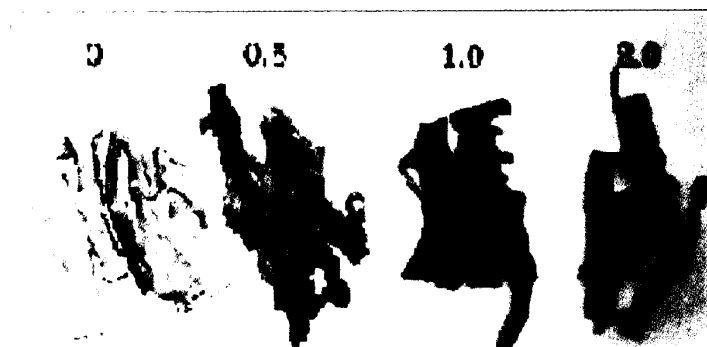


写真 7. スティック状タケノコの調味 (醤油味)

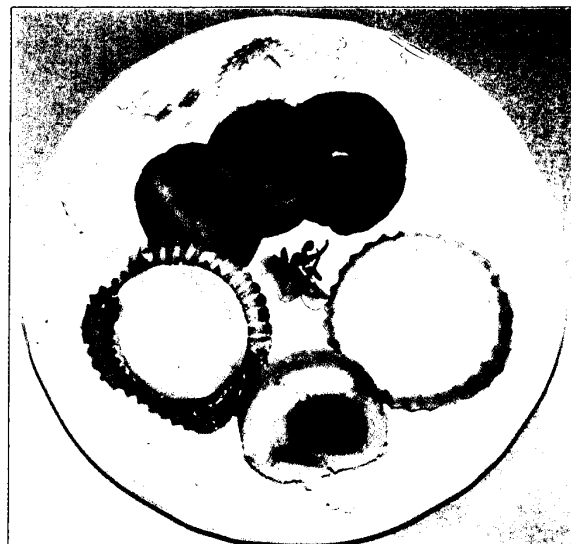


写真 10. タケノコ粉末入り「クッキー, 蒸しパン, 柚子の香タルト, マドレーヌ」

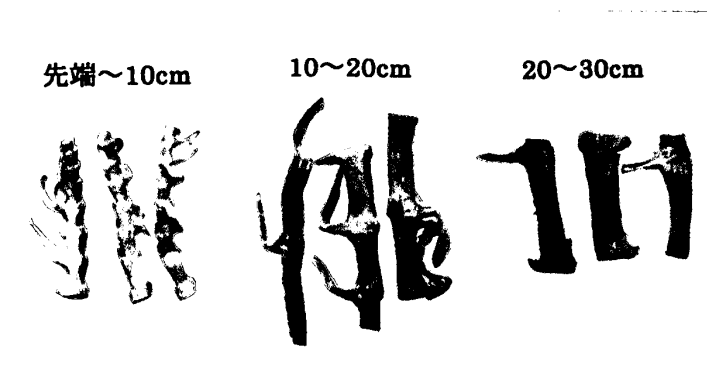


写真 8. スティック状タケノコ (部位別)



写真 11. タケノコ粉末入り卵焼き



写真 9. スティック状タケノコの吸い物

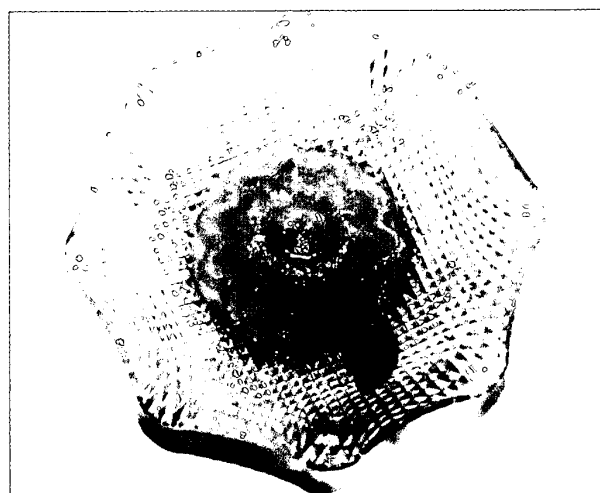


写真 12. タケノコ粉末入りオレンジゼリー

穂先タケノコの有効利用

4) HPLCによるヘテロサイクリックアミンの定量分析

前報⁵⁾を一部改変した測定条件で行った。HPLC測定条件は、カラムはTSKgel ODS 80 TM, 4.6mmφ×15cmを、検出は紫外部, 269nm, 流速1.1ml/min, 温度, 40°C, 移動相, 10mM 磷酸緩衝液 pH7.2: メタノール=1:1とした。この条件で Trp-P-1 及び Trp-P-2 を分析すると、保持時間 10.4 分に Trp-P-2, 14.7 分に Trp-P-1 のピークが検出された(図1)。それぞれのピーク面積から検量線を作成し、検液中の各ヘテロサイクリックアミン含量を求めた。調味したスティック状穂先タケノコ由来の水に抽出される成分は、保持時間 10 分までに全て溶出し、その後 Trp-P-2, Trp-P-1 の順にピークが認められた。本試験では移動相のメタノール濃度を 50% として行った。

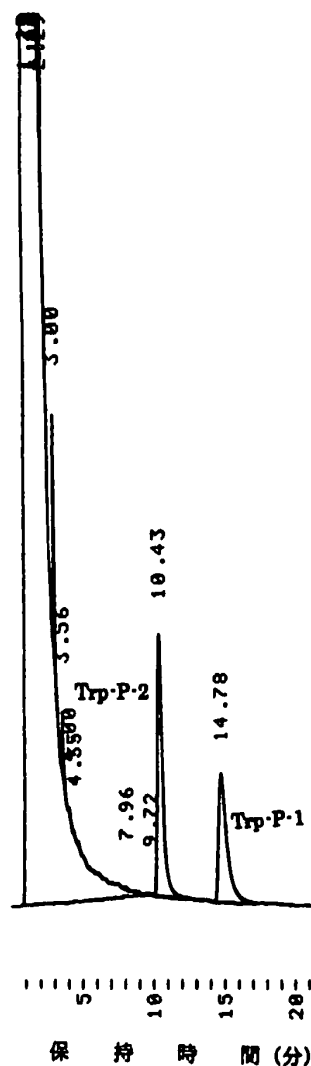


図1. 吸着反応液の HPLC
クロマトグラム

5) 吸着試験

10ml 容遠沈管に試料を 100mg とり、これに Trp-P-1 及び Trp-P-2 を共に 98 µg 含む水溶液を 2ml 加え超音波洗浄器で 60 秒間処理した後 37°C で 30 分間水平往復振とうし反応させた。反応液を 3,000rpm で 20 分間遠心分離し、上澄み液をポリフッ化ビニリデン製の 0.22 µm フィルターで濾過し、濾液中のヘテロサイクリックアミン量を HPLC で測定し、結果は吸着率(=吸着量÷添加量×100)で示した。

結果及び考察

1. 穂先タケノコ加工品の組織的性状

1) スティック状穂先タケノコの特徴

写真4の左側は凍結乾燥品, 右側は 100°C で 20 時間熱風乾燥した試料である。乾燥法の違いで、外観・形態・色・量などかなり異なる製品となった。試食したところ、熱風乾燥品は、パリパリとした食感はあったが、醤油の焦げた臭いがし、乾燥温度や時間など適当な熱風乾燥条件を検討する必要があると考えられた。凍結乾燥品は、歯脆く、スナック菓子様の製品に仕上がった。タケノコの風味が残り、柔らかいので、お茶うけ・おつまみ・子どもやお年寄りのおやつ・ダイエット食・食物繊維の補給に适当と考えられた。

さらに、スティック状の穂先タケノコを顕微鏡で観察した。写真5は全体を、写真6に断面写真を示した。いずれも左側は熱風乾燥、右側は凍結乾燥した試料の顕微鏡写真である。色・組織・大きさとも異なるのが分かる。凍結乾燥した試料は、熱風乾燥試料に比べ、全長の収縮率が少なく、孔が網目状に発達していた(写真6)。

2) 粉末穂先タケノコの特徴

そのままでは硬く、利用し難い穂先タケノコの硬い節部分を有効利用するため、粉末化した。片栗粉様の白いきめこまかい粉末が調製できた。粉末の粒子サイズを、顕微鏡で観察したところ、10~300 µm とかなりのバラツキがあった。

2. スティック状穂先タケノコの調味

スティック状穂先タケノコの味付けについて検討した。旨味と色を付与するため、醤油で調味した。醤油は、塩分濃度換算で 1.0% を基準とし、その 1/2 と 2 倍の塩分濃度、醤油抜き、4 種類の製品を試作した(写真7)。10 名で試食をしたところ、1 番好まれたのは 0.5% 塩分濃度(7 名)であり、つづいて 1.0% 塩分濃度(2 名)、2.0% 塩分濃度(1 名)であった。おつまみとして少量食べる場合は 1.0%、2.0% が塩味は強いが、

旨味があるとの評価であった。塩分摂取量を控えるためには 0.5% 濃度が適当と考えられる。外観はイカの「するめ」に似ている。

3. 穂先タケノコの部位と硬さ

穂先タケノコは、先端から基底部に近いほど硬く、食品としての価値は減少する。先端から基底部方向にどの部位まで、スティック状穂先タケノコに利用できるか検討した。ただし、今回は上部から 30cm までの試料しかなかったため、先端～10cm, 10～20cm, 20～30cm の 3 部位について比較検討した。写真 8 のように、太さ・外観などは多少異なる程度であったが、試食したところ、部位により硬さに違いがあった。先端ほど柔らかく、根元に近いほど筋っぽく硬かったが、上部から少なくとも 30cm までは、スティック状穂先タケノコに利用できることが分かった。

小机は⁸⁾ タケノコの部位別に食物繊維の含有量について、長さ 30cm のタケノコを先端部から基底部までを 4 等分して定量したところ、NDF (Neutral detergent fiber)・ADF (Acid detergent fiber)・Cellulose は基底部程多かったと報告している。

4. ヘテロサイクリックアミン吸着試験

タケノコは食物繊維は、変異原性・マウス肝臓ガンの誘発作用のあるヘテロサイクリックアミン類の試験管内での吸着性が高い⁵⁾。HPLC を用い、スティック状穂先タケノコと粉末穂先タケノコで、ヘテロサイクリックアミンの吸着力に差があるか否か検討した。併せて、ゴボウやキャベツとヘテロサイクリックアミンの吸着力についても検討した (表 1)。

Trp-P-1 及び Trp-P-2 に対する穂先タケノコ凍結乾燥粉末、凍結乾燥スティック状穂先タケノコ、熱風乾燥スティック状穂先タケノコ並びにゴボウ及びキャベツの凍結乾燥粉末の吸着能を調べ、表 1 に吸着率を示した。試験は 3 回実施し、平均値及び標準偏差で示した。

穂先タケノコ粉末では、Trp-P-1 及び Trp-P-2 の

表 1. 各種試料へのヘテロサイクリックアミンの吸着率

試料	吸着率 (%) 平均値±(S.D)	
	Trp-P-1	Trp-P-2
穂先タケノコ		
粉末	85.6±0.5	85.5±0.5
凍結乾燥スティック状	78.7±1.2	76.8±2.0
熱風乾燥スティック状	39.8±10.2	39.1±12.9
ゴボウ粉末	79.0±1.2	81.2±1.1
キャベツ粉末	78.0±2.1	78.1±2.1

n=3

吸着率はそれぞれ 85.6±0.5% 及び 85.5±0.5% で、調味したスティック状の穂先タケノコ (凍結乾燥) では吸着率はそれぞれ 78.7±1.2% 及び 76.8±2.0% となり、粉末より調味したスティック状の穂先タケノコ (凍結乾燥) の吸着率の方が小さかった。この吸着率の違いの原因は、粉末状とスティック状の構造の違いか、あるいはスティック状穂先タケノコに調味した成分の影響などが考えられるが、現時点では不明である。さらに、熱風乾燥したスティック状穂先タケノコの吸着率は、Trp-P-1 で 39.8±10.2%, Trp-P-2 で 39.1±12.9% で、凍結乾燥スティック状穂先タケノコの吸着率の半分程度になった。写真 6 のスティック状穂先タケノコの断面において、凍結乾燥したものでは氷のあとが空隙となった多孔質の組織が認められるが、熱風乾燥したものでは内部の構造が収縮・密着していることから、両者のヘテロサイクリックアミン吸着の差はタケノコ内部構造の違いに起因するのが明らかである。

一方、穂先タケノコ、ゴボウ及びキャベツの凍結乾燥粉末に対するヘテロサイクリックアミンの吸着を比較すると、穂先タケノコが最も高い吸着率 85.6±0.5% で有意差 ($p<0.01$) が認められた。穂先タケノコ、ゴボウ及びキャベツから調製した ADF に対する Trp-P-1 の *in vitro* での吸着率 (穂先タケノコ: 97%, ゴボウ: 96%, キャベツ: 89%)⁵⁾ と比較すると、本試験で用いたこれらの凍結乾燥粉末では 12～17% 程度低い吸着率を示した。一般に、酸性下洗剤処理により得られる ADFの方が、凍結乾燥粉末よりもヘテロサイクリックアミン吸着能が幾分高いのかもしれない。

本試験は穂先タケノコの有効利用を目指して行っている。特に、調味後凍結乾燥を行ったスティック状の穂先タケノコでは、添加した Trp-P-1 及び Trp-P-2 を 80% 近く吸着することが確認された。*in vitro* でヘテロサイクリックアミン吸着能を有することは腸管内においても同様な作用を示す可能性があり、本加工品の摂取による大腸ガン発生の予防が期待される。

5. 穂先タケノコ加工品の調理への応用

1) 汁物への応用

碗にスティック状穂先タケノコと、調味した紅葉人参を入れ、調味した熱い出し汁を注ぐ。スティック状穂先タケノコはすぐに吸水膨潤し、写真 9 のように簡単に穂先タケノコの吸い物が出来る。旬のタケノコに比べ、風味・テクスチャーは若干劣るが、味覚的には美味であると好評であった。

穂先タケノコの有効利用

2) 小麦粉調理への応用 (写真 10)

クッキー：泡立てたバターに砂糖を入れよく攪拌する。卵を加え、さらによく泡立てた後、薄力粉、ベーキングパウダー、穂先タケノコ粉末を加え、練らないようにサックリ混ぜる。この生地を絞り出し袋に入れ、絞り出し 160℃ のオーブンで 12～13 分間焼く。

蒸しパン・マドレーヌ：卵と砂糖をよく泡立てる。薄力粉、ベーキングパウダー、穂先タケノコ粉末を加え軽く混ぜ合わせる。型に入れ、蒸しパンは 12～13 分間蒸し、マドレーヌはオーブンで焼く。

柚子の香タルト：卵・砂糖をよく泡立て、白あんと水を加えよく混ぜ合わせる。薄力粉、ベーキングパウダー、穂先タケノコ粉末を加えサックリ混ぜる。ザラ紙に甘納豆をおき、生地を延ばして 3 分間蒸す。紙を剥がし、棒状にまとめた黒あんに芯に巻く。2cm 幅に切り分ける。

いずれの小麦粉調理でも、主材料の 2% 程度の穂先タケノコ粉末混入では、調理操作上も調理済み製品の香味にもまったく影響はなかった。ただ、焼成製品を室温に放置しておくとき吸湿性のためか、表面がしっとりする傾向があった。

3) 卵料理への応用 (写真 11)

卵液に調味料と穂先タケノコ粉末(卵液の 2%)を加え、卵焼き器で焼く。穂先タケノコ粉末を卵液へ混入する際、ダマを作り易いが、卵の風味に影響を与えなかった。

4)ゼリーへの応用 (写真 12)

ゼラチンを水に漬ける。熱湯に砂糖を溶かし、膨潤したゼラチンを加え、穂先タケノコ粉末、オレンジジュース、リキュールを加え、ゼリー型に流し入れ、冷やし固める。穂先タケノコ粉末は、ダマを作り易いので砂糖と混ぜた後溶かすとよい。ゼリーは舌の上での滑らかさが大事であるが、穂先タケノコ粉末を混入した場合は、ザラツキ感があった。

以上のように 2m 前後の穂先タケノコの先端 30～50cm の部分は食用に加工できたが、基底部の有効利用は今後の課題として残った。

要 約

環境保全と食資源の開発の観点から、現代の食生活で不足しやすい食物繊維を多く含むが従来はほとんど食品として利用されていなかった「穂先タケノコ」を有効利用する方法を検討した。

硬い組織を柔らかく食するため、茹でた穂先タケノコを 5cm 長さの千切りした後調味(醤油煮)し、凍結乾燥させたスティック状穂先タケノコと、茹でた穂先タケノコを凍結乾燥後、粉にした粉末穂先タケノコを調製した。

両穂先タケノコ加工品の特徴は、変異原性や肝臓ガンの誘発作用があるヘテロサイクリックアミンの吸着性がゴボウやキャベツよりも優れていた。

スティック状穂先タケノコは、食物繊維を多く含む保健食・噛むおやつ・汁物の浮き身として適当である。粉末穂先タケノコは、小麦粉調理・卵料理・ゼリーなどの各種デザートなどに幅広く利用できる。

文 献

- 1) 野中重之(1983), たけのこの消費動向と早出し, 日本の竹を守る会だより, 19, 24-26
- 2) 平成 11 年竹材生産量・栽培面積, 竹皮生産量, タケノコ生産量・栽培面積, 竹炭生産量・生産者数 (2001), Bamboo Journal, 18, 92
- 3) 上田弘一郎 (1976), 竹の観賞と栽培, 北隆館, 東京, 23
- 4) 岸本定吉, 池嶋庸元 (1999), 竹炭・竹酢液のつくり方と使い方, 農文協, 東京, 10-17
- 5) 江越和夫, 岡輝美, 安保康治 (1996), 不溶性食物繊維によるヘテロサイクリックアミンの吸着, 食衛誌, 37, 114-118
- 6) 藤原喜久夫, 栗飯原景昭監修 (1992), 食品衛生ハンドブック, 南江堂, 東京, 380
- 7) 高宮和彦編 (1993), 野菜の科学, 朝倉書店, 東京, 184-185
- 8) 小机あつこ (1983), タケノコの部位別の食物繊維(ダイエタリーファイバー)の含有量について, 賢明女学院短大紀, 18, 85-88

(2001 年 11 月 12 日受理)