

無機分析によるショウガの原産国判別法の開発

門倉雅史、有山薫

Masashi KADOKURA, Kaoru ARIYAMA

要 約

ショウガ (*Zingiber officinale*) を開放系にて酸分解し、試料溶液を調製した後、誘導結合プラズマ発光分析法(ICP-AES)により 10元素(Na, Mg, P, K, Ca, Mn, Fe, Zn, Sr 及び Ba)、また、誘導結合プラズマ質量分析法(ICP-MS)により 17元素(Li, Al, V, Co, Ni, Cu, Rb, Y, Mo, Cd, Cs, La, Nd, Sm, Gd, W 及び Tl)を定量した。

国産品 45試料、中国産品 29試料の定量値を用いて線型判別分析を行うことで構築した原産国を判別する関数は、国産試料 3試料を除く 71試料を正しく分類した。判別関数の精度をクロスバリデーションにより確認した結果、92%の的中率となり、ショウガの原産国表示の信憑性を無機分析により検証する手法が確立できた。

1 はじめに

JAS法により生鮮農産物には原産地表示が義務付けられているが、輸入品を国産と表示する偽装が後を絶たない。原産地表示の信頼性を高め、消費者の商品選択に資するために、科学的に農産物等の原産地を判別する技術の開発が求められている。そこで、国産品に対する輸入品の割合が高く、手法開発の要望の高いショウガ (*Zingiber officinale*) の原産国を無機分析により判別する技術の開発を目的とした。前報¹⁾では Li, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Ag, Cs, Ba, Tl, Pb 及び Th の 15元素を定量した結果、Li と Co が国産 - 中国産間で含有量に差があり、無機分析により原産国を判別できる可能性が示された。本研究では、精度の高い判別、その判別手法のマニュアル化を目指し、試料数、測定元素数を増やし、線型判別分析により判別関数を構築した。

2 実験方法

2.1 装置

試料の粉碎にはセラミック刃のミキサー (B-400: 日本ビュッヒ製) を用い、乾燥には恒温乾燥機(FC-610: アドバンテック製)を用いた。誘導結合プラズマ発光分析法(ICP-AES)による測定には Thermo Fisher Scientific 製 IRIS/DUO Advantage を用い、誘導結合プラズマ質量分析法 (ICP-MS) による測定には Agilent Technologies 製 Agilent4500 を用いた。

(独) 農林水産消費安全技術センター本部

2.2 試薬

試料の分解には、61%高純度電子工業用硝酸（関東化学製）、61%原子吸光分析用過塩素酸（関東化学製）、50%半導体用フッ化水素酸（ダイキン工業製）を使用した。ICP-AESによる定量に用いた検量線用標準溶液には、単元素標準溶液（Na、Mg、P、K、Ca、Mn、Fe、Zn、Sr、Ba 各1000mg/L：関東化学製）、ICP-MSによる定量に用いた検量線用標準溶液には、混合標準溶液（XSTC-1、XSTC-331：SPEX製）、単元素標準溶液（Al、Ni、Cu、Rb、Mo、W 各1000mg/L：関東化学製）を適宜希釈して調製した。また、Inの単元素標準溶液（1000mg/L：関東化学製）を内標準元素として希釈調製し、検量線用標準溶液及び試料溶液に添加した。水は超純水製造装置（Milli-Q Element A10：日本ミリポア製）により製造した超純水（ $> 18\text{M}\ \Omega\cdot\text{cm}$ ）を用いた。

2.3 試料

国産ショウガ試料として、都道府県の収穫量（農林水産省統計、平成16年産）を参考にできるだけシェアを反映させて、平成17年5月～18年11月にJA、JA直売所等から購入した45件を用いた（表1）。中国産ショウガの総輸入量に対する割合は98%以上（財務省貿易統計、平成17年度）であるため、収集する外国産試料は中国産品とした。中国産ショウガ試料として、市場に流通している商品を18年1月～18年12月の間に小売店にて購入した29件を用いた（表2）。

また、(独)農林水産消費技術センター(現(独)農林水産消費安全技術センター)・本部及び7地方センターにおいて、平成17年3月～6月に国産表示品23件と中国産表示品26件を小売店から購入し、本調査研究担当者以外の者が各場所で酸分解して調製した試料溶液を、やはり本調査研究担当者以外の者が本部と神戸センターにて機器測定した試料も、構築した判別関数に適用した。

認証標準物質として、National Institute of Standard & TechnologyのSpinach Leaves(SRM1570a)とApple Leaves(SRM1515)を用いた。

2.4 試料の調製

1件あたり10個体を抽出し調製、均質化した。抽出した個体は水道水で土を洗い落とし、続いて、パウダーフリー手袋をはめ、超純水で洗浄した。セラミック刃包丁と樹脂製まな板を用い、販売時より切断してある個体は、その切断面を除去部位として切り取り、残りを分析対象部位とした。10個体から同量ずつを任意に切り取り、ミキサーにて粉碎し、分解及び水分測定用試料とした。

2.5 試料溶液の調製及び水分測定

分解用試料2gをテフロン製ヒータブルビーカーに量り取り、精秤した。酸分解は、基本的にネギ²⁾及びタマネギ^{3),4)}の方法に則って行った。61%硝酸10mLを添加し、時計皿を被せ、ホットプレート上で穏やかに加熱した。褐色ガスが収まった後に61%過塩素酸2.5mL添加し、200℃まで加熱した。分解液が淡黄色になった後、ホットプレートから降ろし、50%フッ化水素酸を2mL加え約40分間加熱した。その後、時計皿を外し、分解液を乾固させた。乾固試料を1%硝酸にて溶解し、あらかじめICP-MS用内標準としてInを

5µg/L になるように添加しておいた 50mL 容ポリプロピレン製全量フラスコに移して定容し、試料溶液とした。分解は全て 3 点併行で行い、試料を加えないで同様の操作をする空試験も分解毎に 3 点併行で行った。

水分測定では、水分測定用試料約 5g を常圧 70 で、重量がほぼ一定となる 28 時間乾燥する操作を、2 点併行で行った。

表1 日本産ショウガ試料の詳細

| No. | 受領日 (年.月.日) | 原産地 | その他原産地情報 |
|-----|--------------------------|----------|---------------|
| 1 | 2005.05.30 | 高知県 | JA 土佐香美管内 |
| 2 | 2005.05.30 | 高知県 | JA 高知市管内朝倉支所 |
| 3 | 2005.05.30 | 高知県 | JA 伊野町管内 |
| 4 | 2005.05.30 | 高知県 | JA 土佐市管内 |
| 5 | 2005.05.30 | 高知県 | JA 土佐くろしお管内 |
| 6 | 2005.05.30 | 高知県 | JA 四万十管内 |
| 7 | 2005.05.30 | 高知県 | JA コスモス管内 |
| 8 | 2005.05.30 | 高知県 | JA コスモス管内 |
| 9 | 2005.06.06 | 熊本県宇城市 | JA 熊本うき管内 |
| 10 | 2005.06.24 | 和歌山県 | JA わかやま管内河西地区 |
| 11 | 2005.06.24 | 和歌山県 | JA わかやま管内河西地区 |
| 12 | 2005.08.02 | 和歌山県 | JA わかやま管内名草地区 |
| 13 | 2005.08.02 | 和歌山県 | JA わかやま管内名草地区 |
| 14 | 2005.09.27 | 和歌山県 | JA わかやま管内北区地区 |
| 15 | 2005.10.28 | 高知県 | JA 土佐市管内 |
| 16 | 2005.10.28 | 高知県 | JA コスモス管内 |
| 17 | 2005.10.28 | 高知県 | JA 高知市管内朝倉支所 |
| 18 | 2005.10.28 | 高知県 | JA 土佐香美管内 |
| 19 | 2005.10.28 | 高知県 | JA 四万十管内 |
| 20 | 2005.10.28 | 高知県 | JA 伊野町管内 |
| 21 | 2005.10.28 | 高知県 | JA 土佐くろしお管内 |
| 22 | 2005.11.04 | 長崎県 | JA 長崎西彼管内 |
| 23 | 2005.11.04 | 千葉県 | JA いんば管内 |
| 24 | 2005.11.04 | 千葉県 | JA いんば管内 |
| 25 | 2005.11.04 | 千葉県 | JA いんば管内 |
| 26 | 2005.11.04 | 千葉県 | JA いんば管内 |
| 27 | 2005.11.04 | 千葉県 | JA いんば管内 |
| 28 | 2005.11.04 | 千葉県 | JA いんば管内 |
| 29 | 2005.11.04 | 千葉県 | JA いんば管内 |
| 30 | 2005.11.04 | 千葉県 | JA いんば管内 |
| 31 | 2005.11.04 | 千葉県 | JA いんば管内 |
| 32 | 2005.11.04 | 千葉県 | JA いんば管内 |
| 33 | 2005.11.04 | 千葉県 | JA いんば管内 |
| 34 | 2005.11.04 | 千葉県 | JA いんば管内 |
| 35 | 2005.11.09 | 長崎県 | JA 長崎島原雲仙管内 |
| 36 | 2005.11.24 | 長崎県 | JA 長崎飯盛管内 |
| 37 | 2005.11.24 | 宮崎県 | JA 都城管内 |
| 38 | 2005.11.24 | 宮崎県 | JA 都城管内 |
| 39 | 2005.11.24 | 宮崎県 | JA 都城管内 |
| 40 | 2006.01.13 | 熊本県 | JA 熊本八代管内 |
| 41 | 2006.06.27 及び 2006.07.05 | 茨城県 | |
| 42 | 2006.08.21 | 埼玉県さいたま市 | JA さいたま管内 |
| 43 | 2006.09.20 | 岡山県美作市 | |
| 44 | 2006.10.04 | 群馬県藤岡市 | |
| 45 | 2006.10.06 | 茨城県つくば市 | |

表2 中国産ショウガ試料の詳細

| No. | 受領日 (年.月.日) | 原産地 | 買上店の場所 |
|-----|----------------|----------|-------------|
| 1 | 060123 | 中国 | 埼玉県さいたま市 |
| 2 | 060123 | 中国 | 埼玉県さいたま市大宮区 |
| 3 | 060123 | 中国山東省 | 東京都新宿区 |
| 4 | 060123 | 中国 | 東京都 |
| 5 | 060421 | 中国 | 埼玉県さいたま市浦和区 |
| 6 | 060421 | 中国 | 埼玉県さいたま市浦和区 |
| 7 | 060720 | 中国 | 愛知県名古屋市中村区 |
| 8 | 060724 | 中国 | 北海道札幌市中央区 |
| 9 | 060726 | 中国 | 兵庫県神戸市中央区 |
| 10 | 060726 | 中国 | 宮城県仙台市太白区 |
| 11 | 060727 | 中国 | 神奈川県横浜市 |
| 12 | 060728 | 中国山東省安丘市 | 香川県坂出市 |
| 13 | 0607.29 | 中国 | 埼玉県さいたま市浦和区 |
| 14 | 0607.31 | 中国 | 福岡県北九州市 |
| 15 | 060909 | 中国 | 埼玉県さいたま市大宮区 |
| 16 | 060919 | 中国山東省 | 宮城県仙台市青葉区 |
| 17 | 060920 | 中国 | 岡山県津山市 |
| 18 | 060921 | 中国 | 北海道札幌市西区 |
| 19 | 060919 | 中国 | 愛知県名古屋市中村区 |
| 20 | 060927 | 中国 | 千葉県市原市 |
| 21 | 060928 | 中国山東省安丘市 | 兵庫県神戸市東灘区 |
| 22 | 060929 | 中国 | 福岡県北九州市 |
| 23 | 061116 | 中国 | 神奈川県横浜市 |
| 24 | 061120 | 中国山東省安丘市 | 福井県鯖江市 |
| 25 | 061120 | 中国 | 福岡県北九州市 |
| 26 | 061120 | 中国 | 岡山県津山市 |
| 27 | 061118 | 中国 | 埼玉県さいたま市大宮区 |
| 28 | 061122 | 中国 | 北海道札幌市西区 |
| 29 | 061129 | 中国山東省安丘市 | 兵庫県西宮市 |

2.6 ICP-AES及びICP-MSによる測定

試料溶液はICP-AESによる検量線法でNa、Mg、P、K、Ca、Mn、Fe、Zn、Sr及びBaの10元素を、ICP-MSによる内標準法でLi、Al、V、Co、Ni、Cu、Rb、Y、Mo、Cd、Cs、La、Nd、Sm、Gd、W及びTlの17元素を測定した。検量線用混合標準溶液として、各元素の試料溶液濃度を挟むように、高濃度、その1/10濃度及びゼロ濃度の3点を調製した。測定時には、これら混合標準を用いて検量線を作成し、相関係数が0.998以上あり、直線性が良好であることを確認してから、試料の測定を行った。ICP-AESとICP-MSの測定条件及び元素の検出限界をそれぞれ表3と表4に示す。なお、検出限界は空試験値10点の標準偏差の3倍とし、乾燥試料中濃度の検出限界に換算して表記した。

2.7 統計処理

統計処理及び線型判別分析にはSTATISTICA Pro 06J(スタットソフトジャパン製)を用いた。有意差を判定するための検定は、Welchのt検定(両側)により行った。線型判別分析ではステップワイズ法により、できるだけ少ない元素数で判別精度が高くなるように元素を絞り込み、判別関数を構築した。

表3 ICP-AESでの測定条件と元素の検出限界

| プラズマ条件 | | |
|-----------|---------|--------------------------|
| RF パワー | | 1.15 kW |
| 補助ガス | | 0.5 L/min |
| ネブライザガス | | 1.973 kg/cm ² |
| プラズマガス | | 14 L/min |
| ペリポンプ回転速度 | | 130 rpm |
| 元素 | 波長(nm) | 検出限界(µg/g) |
| Na | 589.592 | 10 |
| Mg | 279.553 | 1.8 |
| P | 213.618 | 6 |
| K | 766.490 | 48 |
| Ca | 184.006 | 5 |
| Mn | 257.610 | 0.13 |
| Fe | 238.204 | 4 |
| Zn | 213.856 | 0.32 |
| Sr | 407.771 | 0.10 |
| Ba | 455.403 | 0.16 |

検出限界は空試験値 10点の標準偏差の3倍とし、乾燥試料中濃度に換算した。

表4 ICP-MSでの測定条件と元素の検出限界

| プラズマ条件 | | |
|-----------|-----|--------------|
| RF パワー | | 1.3 kW |
| 補助ガス | | 1.00 L/min |
| キャリアガス | | 1.20 L/min |
| プラズマガス | | 14.80 L/min |
| ペリポンプ回転速度 | | 6 rpm |
| データ採取条件 | | |
| データポイント | | 3点/ピーク |
| 積分時間 | | 0.10 秒/点 |
| 繰り返し数 | | 3回 |
| 元素 | m/z | 検出限界(µg/g) |
| Li | 7 | 0.04 |
| Al | 27 | 1.2 |
| V | 51 | 0.21 |
| Co | 59 | 0.04 |
| Ni | 60 | 2.8 |
| Cu | 63 | 0.8 |
| Rb | 85 | 0.4 |
| Y | 89 | 0.028 |
| Mo | 98 | 0.04 |
| Cd | 111 | 0.030 |
| In (内標準) | 115 | |
| Cs | 133 | 0.028 |
| La | 139 | 0.012 |
| Nd | 146 | 0.014 |
| Sm | 147 | 0.013 |
| Gd | 157 | 0.011 |
| W | 182 | 0.017 |
| Tl | 205 | 0.028 |

検出限界は空試験値 10点の標準偏差の3倍とし、乾燥試料中濃度に換算した。

3 結果及び考察

定量の結果、V、Cs、Sm、Gd、W 及び Tl の 6元素濃度は両国産品において 1/3以上の試料で検出限界未満であった。Li、Co、Ni 及び Y については国産品のみ 1/3以上の試料で検出限界未満であった。両国の試料において 1/3以上の試料で検出限界未満であった元素を除く 21元素の内、Li、Mg、Al、K、Mn、Co、Ni、Cu、Rb、Sr、Y、Mo、Cd、La 及び Nd の 15元素は国産 - 中国産間で有意差が認められ (p 値 < 0.05、表 5)、これらの元素が原産国判別に有用であることが示唆された。前報では Li と Co が判別に有用な元素であると報告されていたが、本研究でも両元素が原産国判別に有用であることが示された。また、前報では Mn、Ni、Cu 及び Rb は有意差 (p 値 < 0.01) が認められなかったが、本研究では有意差が認められた。これは、試料数を増やしたためと考えられ、原産地判別に有用な元素が新たに示唆されたこととなった。

ニンニクの判別関数構築時と同様に、両国の試料において検出限界未満であった元素を除く 21元素を用いて線型判別分析を行った。その結果、10元素濃度を利用する判別関数が構築された。これら判別関数は各元素の濃度を独立変数とする一次関数であり、未知試料の

元素濃度を代入し、得られた判別関数のスコアが大きい産地を未知試料の産地と判定する。この判別関数により、国産試料 45件中 43件、中国産試料 29件中 28件が正しく分類された。この判別関数の判別精度を 10-fold cross validation (1/10の試料のデータを除いて新たに判別モデルを構築し、除いた試料について予測する操作を 10回行い、全試料を予測することで判別精度を得る)により確認した結果、国産試料で 40試料、中国産試料で 28試料を正しく予測し 92%の的中率であった。なお、平成17年3月～6月に国産表示品 23件、中国産表示品 26件を小売店から購入し、本調査研究担当者以外の者が分析して得た定量結果を 10元素の判別関数に適用し、原産国を予測したところ、国産表示品 23件中 2件、中国産表示品 26件中 13件を表示原産国と異なる原産国に判別した。国産品を中国産品と表示する可能性は低いことから、定量値に偏りがあったためと考えられた。頑健性の面で改善の余地のあることが明らかになった。

頑健性の高い判別関数を構築するため、両国間で大きな濃度差のある元素のみを判別関数に用いることとした。このため、両国の試料において 1/3以上の試料で検出限界未満であった元素を除いた 21元素の内、原産国間における元素濃度の相関比(全試料の偏差平方和(S)から国産試料の偏差平方和及び中国産試料の偏差平方和の和(S_w)を引き、全試料の偏差平方和(S)で除したもの、 $(S - S_w) / S$)が 0.25以上の元素(表 5)を用いる事として線型判別分析を行った。その結果、Li、K、Mn、Co、Rb、Mo 及び La の 7元素濃度から成る判別関数を構築した(表 6)。この判別関数により、国産試料 45件中 42件、中国産全試料が正しく分類され、国産試料において誤分類された試料は茨城県産 2件、岡山県産 1件であった。この判別関数の判別精度を 10-fold cross validation により確認した結果、国産試料で 40試料、中国産試料で 28試料を正しく予測し 92%の的中率であった。10元素濃度から成る判別関数と同等にモデル用試料を分類し、予測的中率においても同等である 7元素判別関数が構築できた。なお、平成17年3月～6月に小売店から購入した国産表示品 23件、中国産表示品 26件の定量結果を 7元素の判別関数に適用し、原産国を予測したところ、国産表示品 23件中 3件、中国産表示品 26件中 1件を表示原産国と異なる原産国に判別した。中国産表示品を表示と異なると判別する結果は著しく少なくなり、今回構築した 7元素濃度から成る判別関数を用いた手法がショウガの原産国判別法として、妥当であると考えられた。

本調査研究の酸分解では、一般の植物体中に普通に存在することが知られているケイ酸成分の影響を除去するためフッ化水素酸を使用して酸分解を行った。ケイ酸は一般的な酸への溶解度が低いため、ケイ酸成分が多く存在すると加熱中は溶解していても、酸分解後希酸で定容する際に溶解しきらない事がある。このような場合、Al や Fe などケイ酸と親和性が高い元素は酸分解中に取り込まれ、正確な定量値が得られないことになる。フッ化水素酸を用いれば、SiF₄ として揮散させることができる。しかし、フッ化水素酸は危険な試薬であるため使用には十分な注意が必要であると共に、フッ化水素酸を処理できるシステムを備えたドラフトチャンバー内で使用する必要がある。操作の簡便・迅速化のためにも、可能であればフッ化水素酸を使用しない判別法の開発が求められる。そこで、認証標準物質 Spinach Leaves と Apple Leaves 及び国産ショウガ 1件と中国産ショウガ 1件について、それぞれ 4 点併行でフッ化水素酸処理と未処理の比較を行った。判別関数を構成する Li、K、Mn、Co、Rb、Mo 及び La の 7 元素については、国産ショウガの Co でのみ 5%水

準で有意差が認められた (p 値 = 0.009、個別のデータは示していない)。しかし、国産シヨウガ中の Co濃度は検出限界付近であり、フッ化水素酸を使用した場合と使用しない場合の差も 0.01 μ g/g であった。国産シヨウガと中国産シヨウガ間の平均濃度の差 (0.17 μ g/g) と比較した場合、今回のフッ化水素酸の使用、未使用による Co の有意差は原産国の判別に影響を及ぼさないと考えられ、この判別法はフッ化水素酸処理無しでも適用可能であると考えられた。

表5 両国試料において検出限界未満であった元素を除く 21元素濃度 (μ g/g) の平均と Welch の t 検定の結果及び原産国間における元素濃度の相関比

| 元素 | 国産 (n=45) | 中国産 (n=29) | p 値 | 相関比 |
|----|-------------------|-------------------|-------|-------|
| Ba | 21.3 \pm 17.9 | 27.0 \pm 5.9 | 0.052 | 0.037 |
| Ca | 2260 \pm 520 | 2070 \pm 300 | 0.056 | 0.041 |
| Fe | 49 \pm 30 | 56 \pm 14 | 0.173 | 0.020 |
| K | 46300 \pm 13100 | 33600 \pm 4800 | 0.000 | 0.257 |
| Mg | 3490 \pm 910 | 4050 \pm 460 | 0.001 | 0.117 |
| Mn | 369 \pm 396 | 1023 \pm 246 | 0.000 | 0.467 |
| Na | 570 \pm 490 | 650 \pm 210 | 0.323 | 0.010 |
| P | 3250 \pm 740 | 3220 \pm 330 | 0.779 | 0.001 |
| Sr | 10.2 \pm 7.0 | 12.7 \pm 2.5 | 0.029 | 0.047 |
| Zn | 23.8 \pm 10.3 | 20.0 \pm 6.3 | 0.051 | 0.043 |
| Li | 0.04 \pm 0.11 | 0.16 \pm 0.04 | 0.000 | 0.291 |
| Al | 42 \pm 54 | 75 \pm 55 | 0.013 | 0.084 |
| Co | 0.05 \pm 0.08 | 0.22 \pm 0.10 | 0.000 | 0.467 |
| Ni | 1.2 \pm 2.1 | 3.1 \pm 1.4 | 0.000 | 0.210 |
| Cu | 5.3 \pm 1.3 | 6.3 \pm 0.8 | 0.000 | 0.160 |
| Rb | 12.6 \pm 8.1 | 2.5 \pm 0.9 | 0.000 | 0.384 |
| Y | 0.03 \pm 0.04 | 0.04 \pm 0.02 | 0.020 | 0.058 |
| Mo | 0.74 \pm 0.54 | 0.17 \pm 0.08 | 0.000 | 0.301 |
| Cd | 0.17 \pm 0.15 | 0.25 \pm 0.11 | 0.004 | 0.095 |
| La | 0.037 \pm 0.039 | 0.082 \pm 0.034 | 0.000 | 0.267 |
| Nd | 0.024 \pm 0.030 | 0.054 \pm 0.020 | 0.000 | 0.248 |

測定値は乾燥重量あたり、平均値 \pm 標準偏差で表示

表6 判別関数の係数と定数

| 元素 | 国産品 | 中国産品 |
|----|---------|----------|
| 係数 | | |
| Li | -32.83 | -16.44 |
| K | 0.00047 | 0.000311 |
| Mn | 0.00507 | 0.007752 |
| Co | 5.588 | 15.09 |
| Rb | 0.3618 | 0.2457 |
| Mo | 0.5565 | -1.018 |
| La | 25.18 | 9.973 |
| 定数 | | |
| | -14.87 | -10.86 |

4 まとめ

- 1) 国産試料 45件、中国産試料 29件中の 27元素を定量分析した結果、国産 - 中国産間で Li、Mg、Al、K、Mn、Co、Ni、Cu、Rb、Sr、Y、Mo、Cd、La 及び Nd の 15元素において有意差 (p 値 < 0.05) が認められた。
- 2) 線型判別分析を行なった結果、Li、K、Mn、Co、Rb、Mo 及び La の 7元素濃度から成る判別関数が構築できた。この判別関数により、国産試料 45件中 42件、中国産全試料が正しく分類され、国産試料において誤分類された試料は茨城県産 2件、岡山県産 1件であった。判別精度を 10-fold cross validation により確認した結果、国産試料で 40試料、中国産試料で 28試料を正しく予測し 92%の的中率であった。
- 3) ショウガの原産国判別法として、7元素濃度から成る判別関数を用いた手法が確立できた。

5 文献

- 1) 法邑雄司：農林水産消費技術センター調査研究報告、No.27、37 (2004)
- 2) 有山薫、堀田博、安井明美：分析化学、52、969-978 (2003)
- 3) Ariyama, K., Nishida, T., Noda, T., Kadokura, M., Yasui, A., *J. Agric. Food Chem.*, **54**, 3341-3350 (2006).
- 4) Ariyama, K., Aoyama, Y., Mochizuki, T., Homura, Y., Kadokura, M., Yasui, A., *J. Agric. Food Chem.*, **55**, 347-3540 (2007).