

## 食品廃棄物中の PIXE 分析

千葉啓子、阿部真樹、川野有里子、堀 瑠衣子、松橋佳子

山内咲乃、世良耕一郎\*

岩手県立大学盛岡短期大学部生活科学科  
020-0193 岩手県岩手郡滝沢村滝沢字菓子 152-52

\*岩手医科大学サイクロトロンセンター  
020-0173 岩手県岩手郡滝沢村滝沢字留が森 348-58

### 1 はじめに

我々の日常生活が環境負荷を大きくしている現在、メディアでは「エコ」という言葉が頻繁に取り上げられ、マイバック運動の推進など、エコ活動は私たちの身近なものになりつつある。一人一人がエコライフ（節約、もったいない）を実践することが大切になっている。他方、日本では食品自給率が40%と低いにもかかわらず、食品ロスが増加している現状にある。これらのことを踏まえ、我々のごみ減量を考え、環境に配慮したエコな栄養士になることを目指している。日常生活に欠かせない「食」と「エコ」を関連させた「エコクッキング」は一人一人が環境のことを考えながら「買い物」、「料理」、「片付け」をすることである<sup>1-4)</sup>。今回は、このエコクッキングについて、食品の廃棄部分を食材として活用する方法を考案するとともに、廃棄部分の無機質成分を PIXE 分析し、それらの含有量について検討したので報告する。

### 2 対象と方法

一般によく用いる食材の中から、廃棄率の高い食材を数種類選び、廃棄物の利用方法を検討した。エコクッキングに用いた食材の無機質成分値の測定は、(社)日本アイソトープ協会仁科記念サイクロトロンセンターで行った。まず、食材の廃棄部分を凍結乾燥機により水分を除去したのち、粉碎し、粉末状の試料とした。PIXE を用いた分析の前処理及び測定は世良の方法<sup>5-7)</sup>によった。一定量の粉末試料を硝酸灰化して測定試料とし、内部標準元素として原子吸光用 In 標準液を 10 ppm となるよう添加して十分攪拌した。この試料 20  $\mu$ l をマイラーフィルムに滴下し、乾燥させたものを PIXE 測定試料とした。小型サイクロトロンからの 2.9 MeV の陽子ビーム (6 mm $\phi$ ) を真空チャンバー内で照射試料に照射し、これにより発生した特性 X 線を低エネルギー

一用と高エネルギー用の2台のSi(Li)検出器で同時に測定してX線スペクトルを得た。スペクトルから検出元素のピーク面積を解析するには解析プログラム”SAPIX”を用い、さらにピーク面積から定量値を求めるには内部標準法によった。

食品廃棄物中の水分含有量は、裁断した試料を105℃で3時間乾燥させて測定した。

### 3 結果と考察

#### 3.1 エコクッキング実践効果

普段の調理で必ず出る生ごみを少しでも減らし、有効利用できないかを考え、今回は野菜類及び果実類の中から廃棄率が多い数種の食材を選び、これらの廃棄部分を用いてエコクッキングを実践し、合わせて廃棄物中の無機質成分の測定を行なった。

##### ①とうもろこしの芯チップス

とうもろこしはよく食材として用いられるが、芯の部分は大量に廃棄される。そこで、とうもろこしの芯をチップスに加工することを試み、廃棄率を0%にすることができた。しかしながら、試食評価としては、「やや好ましい」が1名、「好ましくない」4名という結果を得た。評価理由として、硬い・味が無い・パサパサとしていて食べづらい・焦げ臭いが挙げられた。

改善策として、とうもろこしの芯を、数日間乾燥させた後に油で揚げたが、硬さは変わらず食べられるものとしての改良には至らなかった。芯の外側部分と中央部分では火の通る速さに大きな差があるため、全体の水分が抜けるまでに焦げてしまう。火の通り具合に差があることから、さらにとうもろこしの芯を粉末状にして、小麦粉やもち粉などと合わせ利用ができないか実験をした。一般家庭でも調理可能なエコが前提であるため、粉末状にする手法はすり鉢でする、または、フードプロセッサーにかける2つの方法を選んだ。しかし、どちらの方法も他の粉と混ぜられる細かさにまで至らなかった。

##### ②大根の皮と人参の皮を使ったペペロンチーノ

大根の皮と人参の皮を使うことで10%の廃棄率を削減することができた。試食評価は、全員が「好ましい」と感じ、スパゲティの麺と野菜の皮の食感が丁度よい・人参の皮が入ることで彩りもよかったという評価であった。野菜の皮は千切りにすることによってスパゲティの麺とよく合い、違和感なく食べることもできた。野菜の皮の独特な臭いが生じた場合、にんにくで炒めることにより抑えることができる。家庭で出る一食分の野菜の廃棄量では廃棄物そのものだけで料理を作るのは難しいが、スパゲティや飯などに混ぜると、廃棄物の利用が比較的簡単にできると考えられる。

##### ③ピーマンの種の味噌炒め

ピーマンの種を利用することによって15%の廃棄率を削減することができた。試食評価は全員が「好ましい」であった。評価理由は、ご飯にあう・ピーマンの種にクセが感じられないであった。種やワタを味噌で炒めたので、それ自体の味を強く感じなかった。そのため、全員が「好ましい」という評価になったと考えられる。

##### ④ごぼうのサラダ（皮含み）

ごぼうの皮部分をよく洗うことで皮をそのまま使い、10%の廃棄率を削減することができた。全員が「好ましい」とし、皮ごと使用しても抵抗なく食べられる・皮を除いたものと変わらない・ごぼうの臭さを感じないと評価した。ごぼうを細切りにすることで、気にせず食べることもできた。

##### ⑤かぼちゃのケーキ

かぼちゃのケーキにかぼちゃの種を使うことによって、約9%の廃棄率を削減することができた。試食評価は全員「好ましい」と答え、種もおいしく食べることもできた・種をつかうことで見た目もよいと評価した。

試食の評価は好評であったが、かぼちゃの種は一番外側の殻を剥く工程が大変手間が掛かり、殻を剥いて保存しておくなどの工夫も必要である。

⑥ グレープフルーツの皮のピール

グレープフルーツの皮をピールに利用することで、50%の廃棄率を削減することができた。試食評価は全員「好ましい」で、オレンジピールと同じような仕上がりで抵抗なく食べられる。さらにチョコレートソースをかける工夫で独特な苦味が和らいだ。

3.2 廃棄率が多い食材に含まれる無機質成分値

PIXE 多元素分析法により測定した、食品廃棄物中のナトリウム (Na)、カリウム (K)、カルシウム (Ca)、マグネシウム (Mg)、リン (P)、鉄 (Fe)、亜鉛 (Zn)、銅 (Cu) 含有量を可食部分 (五訂増補日本食品標準成分表掲載値<sup>8)</sup>) と比較した。

① とうもろこしの芯チップス

とうもろこしの芯には可食部分に比較して Ca の含有が多く、100g 中 47mg と可食部の 10 倍以上含有していた。

	Na	K	Ca	Mg
とうもろこし(芯の中心)	<LOQ	2	47	2
スイートコーン・未熟種子・生	0	290	3	37
	P	Fe	Zn	Cu
とうもろこし(芯の中心)	9	0.1	0.2	0.01
スイートコーン・未熟種子・生	100	0.8	1.0	0.10

<LOQ: 検出限界以下

(単位 : mg/100g)

② 大根の皮と人参の皮をつかったペペロンチーノ

大根の皮に含有される無機質は、すべて、可食部に比較して多かった。人参の皮では皮むき生に比較して、Na と Mg 以外の無機質の含有量が多く、とくに K、Zn、Cu では可食部の約 2 倍の量含有していた。

	Na	K	Ca	Mg
大根の皮	21	740	79	15
大根・皮むき・生	17	230	23	10
	P	Fe	Zn	Cu
大根の皮	59	0.7	0.5	0.04
大根・皮むき・生	17	0.2	0.1	0.02

(単位 : mg/100g)

	Na	K	Ca	Mg
人参の皮	<LOQ	509	45	8
人参・皮むき・生	25	270	27	9
	P	Fe	Zn	Cu
人参の皮	30	0.3	0.4	0.09
人参・皮むき・生	24	0.2	0.2	0.04

<LOQ: 検出限界以下

(単位 : mg/100g)

③ ピーマンの種の味噌炒め

ピーマンの種には、Na 以外の無機質の含有量が可食部に比較して多く、2 倍を越すものもあった。

	Na	K	Ca	Mg
ピーマンの種	<LOQ	291	18	30
青ピーマン・生	1	190	11	11
	P	Fe	Zn	Cu
ピーマンの種	53	0.9	0.5	0.18
青ピーマン・生	22	0.4	0.2	0.06

<LOQ:検出限界以下

(単位: mg/100g)

④ ごぼうのサラダ

ごぼうの皮は可食部を上回る無機質は含まれていなかったが、繊維も多いことから積極的に利用し、廃棄率を減らすことができればよいと考える。ただし、アクの強い時期のものについてはその処理などを考慮する必要がある。

	Na	K	Ca	Mg
ごぼうの皮	<LOQ	96	10	4
ごぼう・根・生	18	320	46	54
	P	Fe	Zn	Cu
ごぼうの皮	3	0.1	<LOQ	0.02
ごぼう・根・生	62	0.7	0.8	0.21

<LOQ:検出限界以下

(単位: mg/100g)

⑤ かぼちゃのケーキ

かぼちゃの種では Cu の含有量が多く、皮では Fe と Cu の含有量が可食部よりやや多かった。

	Na	K	Ca	Mg
かぼちゃの種	1	9	1	2
かぼちゃ(西洋)・生	1	450	15	25
	P	Fe	Zn	Cu
かぼちゃの種	11	0.1	0.1	0.11
かぼちゃ(西洋)・生	43	0.5	0.3	0.07

(単位: mg/100g)

	Na	K	Ca	Mg
かぼちゃの皮	<LOQ	38	1	2
かぼちゃ(西洋)・生	1	450	15	25
	P	Fe	Zn	Cu
かぼちゃの皮	7	0.7	0.3	0.09
かぼちゃ(西洋)・生	43	0.5	0.3	0.07

<LOQ:検出限界以下

(単位: mg/100g)

⑥ グレープフルーツの皮のピール

グレープフルーツの皮ではCa、Feの含有量が可食部よりも多かった。ただし、かんきつ類には数種の防霉剤がポストハーベスト農薬として使用されていることから、食用とするにはこれらについて検討が必要である。

	Na	K	Ca	Mg
グレープフルーツの皮	<LOQ	69	63	2
グレープフルーツ	1	140	15	9
	P	Fe	Zn	Cu
グレープフルーツの皮	3	0.1	0.1	0.02
グレープフルーツ	17	0.0	0.1	0.04

<LOQ:検出限界以下

(単位: mg/100g)

一般の調理において、魚介類では頭、骨、皮、貝などの廃棄部分は全体の50%以上になることも多く、今回、実験に使用した皮付き野菜やかぼちゃなどでも皮や種を除いて利用されることが多く、それぞれから廃棄率は10%前後あった。これら廃棄されている部分、たとえば人参の皮には可食部よりビタミンAが多く含まれていることやかぼちゃの種にはゴマとほとんど変わらない栄養素が含まれており、タンパク質はゴマより豊富なことが知られている<sup>9)</sup>。今回の無機質の測定においても、われわれが普段廃棄している部分に、可食部に比べて無機質含有量が多いものや近似しているものがあることが証明され、これらを食材として活用することは廃棄率を減らすことだけでなく、栄養学的にも意義のあることが明らかになった。

4 まとめ

エコクッキングに関する調理実験を通して、普段捨てられてしまう部位も調理の工夫で美味しく食べられることが実証できた。また、栄養的価値の高いCaやFeなどを可食部より多く含有しているものもあり、食品廃棄物の利用価値は高いといえる。

ごみ減量・栄養価・経済的な面から、調理は身近な場面でのエコ活動であり、環境保護に大きな役割を果たしていることが理解された。個人が身近で実践できるエコクッキングを継続的に取り組んでいくべきであると考えている。

謝辞

本研究を進めるにあたり、PIXE分析にご協力いただきました日本アイソトープ協会仁科記念サイクロトロンセンターの後藤様に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) うちエコ入門, ペオ・エクベリ&聡子・エクベリ, 株式会社宝島社, 2007年5月26日発行
- 2) 東京ガスホームページ エコクッキング, <http://www.tokyo-gas.co.jp/ecocom/ecocooking/index.html>
- 3) COOKPAD, <http://cookpad.com/>
- 4) 地球にやさしいエコクッキング 藤沢良知ほか, 第一出版株式会社, p.58~60 2000年3月1日発行
- 5) S. Futatsugawa, S. Hatakeyama, S. Saitou and K. Sera, "Present status of NMCC and sample preparation method for bio-samples", Int. J. PIXE, 3, 319-328 (1993).
- 6) K. Sera, T. Yanagisawa, H. Tsunoda, S. Hutatukawa, Y. Saitoh, S. Suzuki, H. Orihara, "Bio-PIXE at the Takizawa facility (Bio-PIXE with a baby cyclotron)", Int. J. PIXE, 2, 325-330 (1992).

- 7) K. Sera and S. Futatsugawa, "Personal Computer Aided Data Handling and Analysis for PIXE." Nucl. Instr. and Meth., B109/110 99-104 (1996).
- 8) 文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会編, 五訂増補日本食品標準成分表, 国立印刷局, 東京 (2005)
- 9) 環境学生実践のエコロジー 東京農業大学, 株式会社誠文堂新光社, 2004年4月1日発行

## **PIXE analysis of mineral content in food waste samples**

Keiko Chiba, Maki Abe, Yuriko Kawano, Ruiko Hori  
Keiko Matsuhashi, Sakino Yamauchi and Kouichiro Sera\*

Science of Living Department, Morioka Junior College, Iwate Prefectural University  
152-52 Sugo, Takizawa, Iwate 020-0193, Japan

\*Cyclotron Research Center, Iwate Medical University  
348-58 Tamegamori, Takizawa, Iwate 020-0173, Japan

### **Abstract**

In this study, we demonstrated that food waste was possible to change the delicious food menu with devised cooking arrangements, therefore we can reduce food waste rate.

Mineral content of waste food samples were analyzed using PIXE at NMCC. Many inorganic elements were detected in waste food samples. The main components of mineral in waste samples were K, Ca, Mg, P, Fe and Cu. Those components were essential nutrients for human body. In some case, Ca and Fe showed higher value in waste parts of food than edible parts.

These results also suggested that eco-cooking is a near ecological action in daily life and play an important role of environmental protection.