加工時のゼオライト処理による梅漬け中の放射性セシウム含量の低減

関澤春仁*・丹治克男・吉岡邦雄

福島県農業総合センター 963-0531 福島県郡山市日和田町高倉字下中道

Reduction of Radioactive Cesium Content of Pickled Plum by Zeolite Treatment during Processing

Haruhito Sekizawa*, Katsuo Tanji and Kunio Yoshioka

Fukushima Agricultural Technology Centre, Simonakamichi, Takakura, Hiwada, Koriyama, Fukushima 963-0531

Abstract

Zeolite, a designated food additive, is known to absorb radioactive cesium via its cation exchange ability. In this study, we investigated the effects of zeolite treatment on the removal of radioactive cesium from flesh of the pickled plum during the production process, and found that the concentration of radioactive cesium in the flesh was reduced by the addition of zeolite. Taking the concentration of radioactive cesium in the pickled plum in the absence of zeolite as 100%, that in the presence of 10% zeolite was 55%, and that in the presence of 20% zeolite was 54%. On the other hand, the concentration of radioactive cesium was 74% when 10% granulated zeolite was added. Furthermore, when processed with brine, the radioactive cesium concentration was reduced to 31% by adding 10% zeolite.

Key Words : processing of plum, radioactive material

キーワード : 放射性物質, 梅漬け

緒 言

2011年3月の東日本大震災に伴って発生した東京電力福島第一原子力発電所の事故に対し、福島県をはじめとする各自治体では農林水産物のモニタリング検査や加工食品などの放射性物質検査を実施して国の定める放射性物質の基準値を超える食品の流通を防ぐ対策が取られている。

福島県における果実のモニタリング調査結果によると、2011年度は、検査総数1426点のうち暫定規制値を超えたものが全体の1.8%であり、その後設定された一般の食品の基準値を適用した場合は全体の12.6%が基準値を超える値であった。しかし、2012年度では検査総数1463点のうち一般の食品の基準値を超えたものは4点のみであり、検査総数の0.27%と大きく減少した（厚生労働省, 2013）。

果実が放射性セシウムによって汚染される経路は、放射性降下物による直接汚染のほか、汚染された樹皮や葉からの転流、汚染された土壌からの経根吸収があり、その詳細についても明らかにされてきている（高田ら, 2012; 高田ら, 2013）。これらの報告や、今までの農産物のモニタリング検査の結果から、今後果実の放射性セシウムはさらに

減少すると考えられるが、人工核種である放射性セシウムの存在は基準値内であっても消費者の関心が高く、食品中の放射性セシウムをできる限り少なくすることが求められている。

放射性物質と食品加工に関する研究は、1986年に発生したチェルノブイリ原子力発電所事故の後に多く報告されている（財団法人原子力環境整備センター, 1994）が、福島第一原子力発電所の事故に関しても既に様々な報告がされている（Gotoら, 2014; 八戸ら, 2013; 八戸ら, 2014; Kimuraら, 2012; 鍋師ら, 2013; 関澤ら, 2013; Tagamiら, 2013; 等々力ら, 2013）。農産物に含まれる放射性セシウムは加工によって消失することはないが、乾燥による濃縮、水煮などによる流出、浸漬による滲出や滲入など、農産物の内外へは容易に移動する。そこで我々は、より積極的に放射性セシウムを低減するため、「ゼオライト」の加工利用に着目した。

ゼオライトは多孔質の骨格を持つ鉱物の一種で、陽イオン交換作用や吸湿、吸着作用などの特徴を持っており、農地の土壌改良や家畜の飼料添加物、工場の排水処理などに幅広く用いられ、放射性物質による汚染水や土壌の放射性セシウムの吸着などにも利用されている。

一方、食品への利用に関しては厚生労働省の既存添加物名簿に製造用剤として記載されており（厚生省, 1996）、一般食品に対し最大残存量が0.5%以下で、かつ食品製造

2014年4月11日 受付. 2014年9月11日 受理.

* Corresponding author. E-mail: sekizawa_haruhito_01@pref.fukushima.lg.jp

または加工上必要不可欠な場合に限り利用が可能とされている（厚生省，1959）。

ゼオライトを用いて食品の放射性セシウムを低減する場合，ゼオライトを食品に接触させる必要があるため，対象となる食品は液体である必要がある。我々は既にリンゴジュースのゼオライト処理について検討を行い，放射性セシウムを低減できることを明らかにしている（関澤ら，2013）。一方，梅漬けの加工においては，果汁が漬け汁として滲出するため，加工中のゼオライト処理が可能であると考えられる。また，ウメは農産物のモニタリング検査で検出される放射性セシウム濃度が他の果実よりも総じて高い傾向があり，自家加工も多い果実である。そこで本研究では，簡易に放射性セシウムを低減する方法として梅漬け加工時のゼオライト添加処理について検討を行ったので報告する。

材料および方法

1. 材料

1) 果実原料

原料には2013年6月に福島県内の空間線量が比較的高い地域で収穫された小梅（品種不明，平均1果重3.13 g）を用いた。

2) 供試資材

実験には山形県米沢市板谷地区から産出されたゼオライト（ジークライト（株））を用いた。このゼオライトはクリノプチロライトに少量のモルデナイトを含んでおり，セシウムイオンの吸着能力についても確認されている（日本原子力学会バックエンド部会，2011）。

ゼオライトを粒径1～3 mm程度に破碎・焼成したものを「ゼオライト」，ゼオライトを粉末化した後に粒径3～5 mmに造粒・焼成したものを「造粒ゼオライト」として用いた。なお，余分な粉末や不純物等を除去するため，実験に使用する前に1 kg当たり約5 Lの蒸留水で洗浄し，これを20回繰り返した。その後，105℃に設定した乾燥機で18時間乾燥させて実験に用いた。

2. 加工方法

梅漬け加工は，プラスチック製の漬物樽に，よく洗浄したウメ1000 gと食塩200 gを入れ，2000 gの重しを乗せて1か月間15℃で加工した。ゼオライトを添加しない区を「ス

タンダード」とし，ゼオライト添加区においては，不織布の袋に入れたゼオライトをウメ重量の10%，20%または造粒ゼオライトを10%，それぞれ加工時に一緒に漬け込んだものを「ゼオライト10%区」「ゼオライト20%区」「造粒ゼオライト10%区」とした。さらに，加工時に食塩20%濃度の塩水をウメと等重量加えて浸漬した区を「ゼオライト10%塩水区」とした。

加工はそれぞれ3反復行った。

3. 放射性物質の測定方法

原料と加工後の果肉および種はミキサーで破碎し，加工後の漬け汁はそのままU8型のプラスチック製のねじ口容器に充填した。また，加工後のゼオライトは乾燥機で乾燥させた後にU-8容器に充填し，ゲルマニウム半導体検出器を用いたガンマ線スペクトロメータ（GC3020-7500SL-2002CSL，キャンベラジャパン）を用いて ^{134}Cs と ^{137}Cs の濃度を測定し，それらの合計値を放射性セシウム濃度とした。測定時間は3600秒で行い，濃度が $20\text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ 以下のサンプルについては36000秒で再測定を行った。

4. 統計解析

加工前後の重量と放射性セシウム濃度については3反復の平均値を求めた。有意差検定は統計ソフトJSTATを用いてTukey法で行い，有意水準は危険率5%未満とした。

結 果

1. 重量の変化

加工後の果実重量と果肉重量をスタンダード区と比較すると，ゼオライト10%区，ゼオライト20%区，造粒ゼオライト10%区ではいずれも有意に減少した（第1表）。一方，ゼオライト10%塩水区においては加工後も原料とほぼ同じ重量であった。種においては，ゼオライト20%区だけがスタンダード区よりも有意に重量が大きかったが，その差は大きいものではなかった。漬け汁においては，加工条件が異なるゼオライト10%塩水区を除くと，スタンダード区のみがその他のゼオライトを添加した区よりも有意に少なかった。

2. 果肉の放射性セシウム濃度の変化

果肉の放射性セシウム濃度は，原料果肉では $70.6\text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ であったが，スタンダード区では $55.6\text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ となり，通常の梅漬け加工によって放射性セシウム濃度は減少した

第1表 加工前後の重量変化

試験区	果実全体 ^z (g)	果肉 ^z (g)	種 ^z (g)	漬け汁 ^z (g)
原料ウメ	1000 ± 0	776 ± 2	224 ± 2	—
スタンダード	775 ± 7 b	545 ± 4 b	230 ± 4 c	425 ± 7 c
ゼオライト10%	708 ± 10 c	461 ± 11 c	247 ± 3 ac	474 ± 11 b
ゼオライト20%	684 ± 9 c	432 ± 9 c	252 ± 1 ab	480 ± 9 b
造粒ゼオライト10%	704 ± 5 c	457 ± 6 c	247 ± 4 bc	484 ± 5 b
ゼオライト10%塩水	998 ± 7 a	760 ± 4 a	239 ± 5 bc	996 ± 7 a

^z 平均 ± 標準誤差 (n=3)，異符号間にはTukeyの方法 (P<0.05, n=3) で有意差あり

(第2表). また, スタンダード区と比較した場合, ゼオライトを添加した区においてはすべての区で放射性セシウム濃度が有意に低くなっていた. ゼオライト 10%区は $30.5 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$, ゼオライト 20%区では $30.2 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ となり, ゼオライトの添加量が異なっても放射性セシウム濃度に有意差はなかった. また, 造粒ゼオライト 10%区では $41.2 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ となり, ゼオライト 10%区よりも放射性セシウム濃度は有意に高く, ゼオライトの形状によって差があることが確認された. 一方, ゼオライト 10%塩水区では $17.2 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ となり, 試験したすべての区で最も低い値を示した.

また, スタンダード区の放射性セシウム濃度を 100%とした場合の各試験区の放射性セシウム濃度比を計算すると, ゼオライト 10%区では 55%, ゼオライト 20%区では 54%, 造粒ゼオライト 10%区では 74%, ゼオライト 10%塩水区では 31%となった.

3. 種の放射性セシウム濃度

種に含まれる放射性セシウム濃度は, スタンダード区では $35.1 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ となり, 原料ウメの $35.0 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ とほぼ同じ濃度であった (第3表). また, スタンダード区と比較した場合, ゼオライトを添加した区においてはすべての区で放射性セシウム濃度が有意に減少していた. ゼオライト 10%区では $24.2 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$, ゼオライト 20%区では $19.7 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ となったが, この2区間に有意差はなかった. また, 造粒ゼオライト 10%区では $27.5 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ となり, ゼオライト 10%区と有意差はなく, ゼオライトの形状による差は確認されなかった. 一方, ゼオライト 10%塩水区では $12.7 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ となり, 試験区の中で最も低い値を示した.

また, スタンダード区の放射性セシウム濃度を 100%とした場合の各試験区の放射性セシウム濃度比を計算すると, ゼオライト 10%区では 69%, ゼオライト 20%区では

第2表 梅漬け (果肉) の放射性セシウム濃度

試験区	^{134}Cs 濃度 ($\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$)	^{137}Cs 濃度 ($\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$)	放射性セシウム濃度 ^z ($\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$)	放射性セシウム濃度比 ^x (%)
原料ウメ	22.8 ± 1.5	47.8 ± 5.7	70.6 ± 5.9	—
スタンダード	18.1 ± 1.1	37.5 ± 1.7	$55.6 \pm 2.0 \text{ a}$	100
ゼオライト 10%	9.7 ± 0.2	20.8 ± 0.3	$30.5 \pm 0.3 \text{ c}$	55
ゼオライト 20%	10.3 ± 0.6	19.9 ± 1.3	$30.2 \pm 1.5 \text{ c}$	54
造粒ゼオライト 10%	13.6 ± 0.4	27.6 ± 1.3	$41.2 \pm 1.4 \text{ b}$	74
ゼオライト 10%塩水	5.8 ± 0.1	11.4 ± 0.1	$17.2 \pm 0.2 \text{ d}$	31

^z ^{134}Cs 濃度と ^{137}Cs 濃度の合計を放射性セシウム濃度とした

^y 平均 $\pm$ 標準誤差 (n=3), 異符号間には Tukey の方法 ($P < 0.05$, n=3) で有意差あり

^x スタンダード区を 100 とした場合の濃度比

第3表 梅漬け (種) の放射性セシウム濃度

試験区	^{134}Cs 濃度 ($\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$)	^{137}Cs 濃度 ($\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$)	放射性セシウム濃度 ^z ($\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$)	放射性セシウム濃度比 ^y (%)
原料ウメ	9.6 ± 1.1	25.4 ± 1.3	35.0 ± 1.8	—
スタンダード	10.9 ± 0.5	24.2 ± 1.6	$35.1 \pm 1.7 \text{ a}$	100
ゼオライト 10%	8.0 ± 0.9	16.2 ± 0.9	$24.2 \pm 1.3 \text{ bc}$	69
ゼオライト 20%	6.3 ± 0.5	13.3 ± 0.4	$19.7 \pm 0.6 \text{ c}$	56
造粒ゼオライト 10%	9.3 ± 0.5	18.2 ± 0.3	$27.5 \pm 0.6 \text{ b}$	78
ゼオライト 10%塩水	4.0 ± 0.3	8.7 ± 0.2	$12.7 \pm 0.4 \text{ d}$	36

^z 平均 $\pm$ 標準誤差 (n=3), 異符号間には Tukey の方法 ($P < 0.05$, n=3) で有意差あり

^y スタンダード区を 100 とした場合の濃度比

第4表 漬け汁の放射性セシウム濃度

試験区	^{134}Cs 濃度 ($\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$)	^{137}Cs 濃度 ($\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$)	放射性セシウム濃度 ^z ($\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$)	放射性セシウム濃度比 ^y (%)
スタンダード	19.8 ± 1.8	40.3 ± 2.6	$60.1 \pm 3.2 \text{ a}$	100
ゼオライト 10%	12.2 ± 1.4	21.0 ± 1.1	$33.2 \pm 1.8 \text{ bc}$	55
ゼオライト 20%	9.2 ± 0.4	17.5 ± 0.7	$26.7 \pm 0.8 \text{ c}$	48
造粒ゼオライト 10%	12.2 ± 0.8	26.1 ± 2.7	$38.3 \pm 2.8 \text{ b}$	64
ゼオライト 10%塩水	5.5 ± 0.3	11.5 ± 0.3	$17.0 \pm 0.4 \text{ d}$	28

^z 平均 $\pm$ 標準誤差 (n=3), 異符号間には Tukey の方法 ($P < 0.05$, n=3) で有意差あり

^y スタンダード区を 100 とした場合の濃度比

第5表 ゼオライトの放射性セシウム濃度

試験区	^{134}Cs 濃度 ($\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$)	^{137}Cs 濃度 ($\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$)	放射性セシウム濃度 ² ($\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$)
処理前のゼオライト	5.5 ± 0.2	6.8 ± 0.2	12.3 ± 0.3
処理前の造粒ゼオライト	2.8 ± 0.1	1.0 ± 0.0	3.8 ± 0.1
ゼオライト 10%	84.1 ± 3.4	188.0 ± 4.8	$272.1 \pm 5.9 \text{ b}$
ゼオライト 20%	57.5 ± 1.1	118.0 ± 3.2	$175.5 \pm 3.4 \text{ c}$
造粒ゼオライト 10%	65.4 ± 5.0	128.0 ± 2.9	$193.4 \pm 5.8 \text{ c}$
ゼオライト 10%塩水	95.9 ± 1.0	205.0 ± 7.6	$300.9 \pm 7.7 \text{ a}$

² 平均 $\pm$ 標準誤差 (n=3), 異符号間には Tukey の方法 ($P < 0.05$, n=3) で有意差あり

56%, 造粒ゼオライト 10%区では 78%, ゼオライト 10%塩水区では 36%となった。

4. 漬け汁の放射性セシウム濃度

梅漬け加工後の漬け汁に含まれる放射性セシウム濃度は, スタンダード区では $60.1 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ であったが, ゼオライトを添加した区ではすべての区でスタンダード区よりも放射性セシウム濃度が有意に低くなっていた (第4表)。ゼオライト 10%区では $33.2 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$, ゼオライト 20%区では $26.7 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ となり, ゼオライトの添加量による有意差はなかった。また, 造粒ゼオライト 10%区では $38.3 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ となり, ゼオライト 10%区と有意差はなく, ゼオライトの形状による差は確認されなかった。一方, ゼオライト 10%塩水区では $17.0 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ となり, 試験区の中で最も低い値であった。加工後の漬け汁の放射性セシウム濃度は総じて果肉や種と同じ傾向があり, 濃度も果肉に近い値を示した。

また, スタンダード区の放射性セシウム濃度を 100%とした場合の各試験区の放射性セシウム濃度比を計算すると, ゼオライト 10%区では 55%, ゼオライト 20%区では 48%, 造粒ゼオライト 10%区では 64%, ゼオライト 10%塩水区では 28%となった。

5. ゼオライトの放射性セシウム濃度

本研究で用いた処理前のゼオライトの放射性セシウムを測定したところ, 破碎したゼオライトでは $12.3 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$, 造粒ゼオライトでは $3.8 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ の放射性セシウムが検出された (第5表)。この放射性セシウムに関しては, 元から含まれていたものか, 事故後に吸着したものかは明らかではないが, 原料ウメよりも低い濃度であり, 実験に影響を及ぼす濃度ではないと判断した。

梅漬け加工後のゼオライトの放射性セシウム濃度はいずれの区も大幅に高くなっていた。ゼオライトの添加量を比較した場合, ゼオライト 10%区が $272.1 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$, ゼオライト 20%区が $175.5 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ となり, 添加量が多い場合の放射性セシウム濃度は有意に低かった。また, 造粒ゼオライト 10%区は $193.4 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ となり, 放射性セシウム濃度はゼオライト 10%区よりも有意に低いことが示された。一方, ゼオライト 10%塩水区では $300.9 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ となり, ゼオライト 10%区よりも有意に高かった。

第1図 加工後の放射性セシウムの分布割合

6. 加工後の放射性セシウムの分布割合

加工後の果肉, 種, 漬け汁, ゼオライトについて, それぞれの重量と放射性セシウム濃度から放射性セシウム含量を算出し, 放射性セシウムの分布割合を第1図に示した。原料果実では放射性セシウムの87%が果肉に含まれていたが, 加工後の果肉に含まれる放射性セシウムは減少し, スタンダード区では47%であった。ゼオライトを添加した区ではさらに減少し, ゼオライト 10%区では21%, ゼオライト 20%区では19%, 造粒ゼオライト 10%区では29%, ゼオライト 10%塩水区では20%となった。

考 察

加工後の果実重量を比較したところ, ゼオライト 10%区, ゼオライト 20%区, 造粒ゼオライト 10%区ではスタンダード区よりも10%前後減少していた。一方, ゼオライト 10%塩水区では原料の重量と変わらなかった。ゼオライト 10%区, ゼオライト 20%区, 造粒ゼオライト 10%区では加工時のゼオライトは乾燥した状態であり, 加工初期に滲出してきた果汁をゼオライトが吸収したことが大きく影響していると考えられる。一方, 塩水で加工した場合は, ゼオライトが浸出した果汁を吸収することはないため, 果肉の重量減少が起らなかったと推察される。また, 加工後のゼオライトの放射性セシウム濃度についてはゼオラ

イト 10%塩水区が最も高いことから、ゼオライトは濡れた状態で加工に利用しても放射性セシウムの吸着能力を発揮すると考えられる。このことから、加工時に用いるゼオライトは事前に水や塩水を吸収させておくことにより果実の過度な縮小を防ぎながら放射性セシウムを吸収することができると考えられる。

放射性セシウム濃度については、ゼオライトの添加量によって差が出ることを想定していたが、実際にはゼオライト 10%区とゼオライト 20%区の果肉や漬け汁の放射性セシウム濃度にほとんど差はなく、ゼオライトによる放射性セシウムの除去には限度がある可能性が示された。この要因については本研究のみでは明らかにできないが、梅漬けでは大量の食塩を使用しており、また、塩水を用いた加工ではゼオライト添加量が同じであっても放射性セシウム濃度はさらに低減していることから、ゼオライトが吸着する放射性セシウムの量は、漬け汁中の陽イオンの種類や濃度などが影響している可能性が考えられる。

また、破碎したゼオライトと造粒したゼオライトで比較した場合、破碎したゼオライトの方が放射性セシウムの吸着量が多かった。ゼオライトによる陽イオンの交換は表面の細孔に接触することによって起こるため、液体が接触する面積が大きいほうが放射性セシウムの吸着量も多くなると考えられる。よって、造粒ゼオライトよりも粒径の小さい、破碎したゼオライトのほうが重量当たりの表面積が大きくなり、放射性セシウムの吸着効果も大きかったと考えられる。

一方、ゼオライト 10%塩水区では果肉の放射性セシウム濃度が最も低くなったが、これはゼオライトへの吸着量が多かったこと以外にも、加工後の果肉の重量変化がなかったこと、さらに加工中に塩水へ放射性セシウムが流出したことが大きく影響している。ただし、ゼオライト 10%塩水区では、果肉の放射性セシウム濃度は低い、可食部である果肉の重量は減少していない。そのため、梅漬け 1 個当たりの果肉に含まれる放射性セシウム量を算出すると、10%添加区や 20%添加区とほぼ同じ量になった。

梅漬け加工においては、添加する食塩の量や浸漬期間、調味液などの使用の有無など、実際には条件が異なってくるが、本研究の結果から、加工時にゼオライトを添加することによって加工中にゼオライトが放射性セシウムを吸着し、加工後の梅漬けの放射性セシウムを低減することができると明らかとなった。

摘 要

食品添加物として指定されるゼオライトは陽イオン交換能を有し、放射性セシウムを吸着することが知られている。本研究で梅漬け加工時のゼオライト処理による放射性セシウムの低減効果を調べた結果、梅漬けの果肉中の放射性セシウムはゼオライトを添加することにより低減した。ゼオライトを添加しなかった場合の梅漬けの果肉の放射性セシウム濃度を 100%とすると、ゼオライトを 10%添加した場

合の放射性セシウム濃度は 55%になり、ゼオライトを 20%添加した場合は 54%になった。一方、造粒ゼオライトを 10%添加した場合は放射性セシウムが 74%になった。さらに、塩水を用いて加工した場合、10%のゼオライトを添加することにより放射性セシウム濃度は 31%に低減した。

謝 辞 本研究は、公益財団法人日本食品化学研究振興財団の助成を受けて実施しました。また、本研究の遂行にあたり、ゼオライトを提供して頂いたジークライト株式会社に深謝いたします。

引用文献

- Goto-Yamamoto, N., K. Koyama, K. H. Tsukamoto, H. Kamigakiuchi, M. Sumihiro, M. Okuda, T. Hashiguchi, K. Matsumaru, H. Sekizawa and H. Shimoi. 2014. Transfer of Cesium and Potassium from Grapes to Wine, *Am. J. Enol. Vitic.* 65: 143–147.
- 八戸真弓・内藤成弘・明石 肇・等々力節子・松倉 潮・川本伸一・濱松潮香. 2014. うどん調理における放射性セシウムの動態解析, *日本食品科学工学会誌*. 61: 34–38.
- 八戸真弓・内藤成弘・佐々木朋子・明石 肇・等々力節子・松倉 潮・川本伸一・濱松潮香. 2013. 中華麺の調理行程における放射性セシウムの動態解析, *日本食品科学工学会誌*. 60: 54–57.
- Kimura, K., H. Kameya, D. Nei, Y. Kakihara, S. Hagiwara, H. Okadome, K. Tanji, S. Todoriki, U. Matsukawa, and S. Kawamoto. 2012. Dynamics of Radioactive Cesium (^{134}Cs and ^{137}Cs) during the Milling of Contaminated Japanese Wheat Cultivars and during the Cooking of Udon Noodles Made from Wheat Flour, *Journal of Food Protection* 75: 1823–1828.
- 厚生省. 1959. 食品, 添加物等の規格基準 (昭和 34 年厚生省告示第 370 号).
- 厚生省. 1996. 食品衛生法及び栄養改善法の一部を改正する法律 (平成 7 年法律第 101 号) 附則第 2 条第 4 項に規定する既存添加物名簿 (平成 8 年 4 月 16 日厚生省告示第 120 号).
- 厚生労働省. 2013. 食品中の放射性物質の検査 http://www.mhlw.go.jp/shinsai_jouhou/shokuhin.html (平成 26 年 4 月 11 日確認).
- 鍋師裕美・堤 智昭・蜂須賀暁子・松田りえ子. 2013. 乾しいたけの水戻しおよび牛肉の加熱調理による放射性セシウム量の変化. *食品衛生学会雑誌*. 54: 65–70
- 日本原子力学会バックエンド部会. 2011. 福島第一原子力発電所内汚染水処理技術のための基礎データ.
- 関澤春仁・山下慎司・丹治克男・大越 聡・吉岡邦雄. 2013. リンゴジュースに含まれる放射性セシウムのゼオライトによる低減, *日本食品科学工学会誌*. 60: 212–217.

- 関澤春仁・山下慎司・丹治克男・吉岡邦雄. 2013. 果実の加工と放射性セシウムの動態, 日本食品科学工学会誌. 60: 718-722.
- Tagami, K. and Uchida, S. 2013. Comparison of food processing retention factors of ^{137}Cs and ^{40}K in vegetables. J. Radioanal. Nucl. Chem. 295: 1627-1634.
- 高田大輔・安永円理子・田野井慶太郎・中西友子・佐々木治人・大下 誠一. 2012. 放射性降下物に起因した果樹樹体内放射性核種の分布 (第2報) —モモ樹体内における放射性セシウム含量とその分布について—, RADIOISOTOPES. 61: 517-521.
- 高田大輔・安永円理子, 田野井慶太郎, 中西友子, 佐々木治人, 大下 誠一. 2013. 放射性降下物に起因した果樹樹体内放射性核種の分布 (第7報) —モモ側枝の放射性セシウム濃度の事故後2年間の経時変化—, RADIOISOTOPES. 62: 539-544.
- 等々力節子・亀谷宏美・内藤成弘・木村啓太郎・根井大介・萩原昌司・柿原芳輝・美濃部彩子・篠田有希・水野亮子・松倉 潮・川本伸一. 2013. 麦原料から麦茶浸出液への放射性セシウムの移行率, 日本食品科学工学会誌. 60: 19-22.
- 財団法人原子力環境整備センター. 1994. 環境パラメータシリーズ4 食品の調理加工による放射性核種の除去率.