

## 強酸性次亜塩素酸水による卵白アレルギー除去の検討

鋤柄悦子<sup>1</sup>、長谷川丈真<sup>2†</sup>、\*渡辺香織<sup>1</sup>、岩橋均<sup>3</sup>、高見澤一裕<sup>1,4</sup><sup>1</sup>愛知文教女子短期大学生活文化学科、<sup>2†</sup>岐阜大学大学院連合農学研究科  
<sup>3</sup>岐阜大学応用生物科学部、<sup>4</sup>岐阜大学名誉教授

(2023年1月31日受付、2023年4月3日受理)

**要旨：** 学校給食や保育所の調理室など調理施設における簡便な卵白アレルギー除去方法として強酸性次亜塩素酸水を用いた拭き取り、洗浄を行い、ポリクローナル抗体を用いたイムノクロマト法および ELISA 法を検出手段として使用してモデル実験を行った。すなわち、直径 3 cm のステンレス製の皿に塗り付けた 50  $\mu$ L の 10 倍希釈卵白溶液を 45 分間風乾後、強酸性次亜塩素酸水を 1 mL 添加して 20 秒処理したのち、強酸性次亜塩素酸水 2 mL 添加の滅菌ガーゼで直線同一方向に 5 回、円周方向に 4 回拭き取った。その結果、イムノクロマト法で検出限界 (25 ng/mL) 以下までの減少が認められた。したがって強酸性次亜塩素酸水による卵白アレルギー除去の可能性が示唆された。しかしながら ELISA 法では有効な効果は認められなかった。

**キーワード：** 強酸性次亜塩素酸水、食物アレルギー、卵、アレルギー測定キット、洗浄方法

## 1. 緒言

食物アレルギーをもつ人は、たとえ微量のアレルギーであっても混入 (コンタミネーション) で重篤なアナフィラキシー症状を引き起こす可能性があり、生命の危険にまで及ぶことがある。食物アレルギーに対応した調理施設においてコンタミネーションを防ぐためには、専用の調理器具や食器類を使用すること、専用室がない場合には作業区域は区分されたスペースを設置することが望ましい<sup>1)</sup>とされている。しかし、大量調理施設衛生管理マニュアルや調理場における洗浄・消毒マニュアルにも記載がなく、確立されたアレルギー除去方法がない。大量調理施設衛生管理マニュアル (厚生労働省) は同一メニューを 1 回 300 食又は 1 日 750 食以上を提供する調理施設に適用されるが、大量調理施設のみならず、中小規模調理施設等においても、マニュアルの趣旨を踏まえた衛生管理の徹底を図ることとしている。したがって、保育所などもこのマニュアルに沿って衛生管理をしていると仮定すると、調理台は残渣を取り除いた後、食品製造用水で 3 回水洗いし、スポンジに中性洗剤または弱アルカリ性をつけて洗浄し、再度食品製造用水でよく洗剤を洗い流し、乾燥させ、最後に 70% アルコール噴霧または次

亜塩素酸ナトリウムなどアルコールと同様の効果を有する方法で殺菌を行っている<sup>2)</sup>。これは食中毒防止のための HACCP の概念に基づいているが、アレルギー除去に関しても方法が確立されていない現状の中で、この洗浄方法で対応していると考えられる。一方、学校給食では調理場における洗浄・消毒マニュアル (文部科学省) がある。その内容は大量調理施設衛生管理マニュアルとほぼ同じであるが、以下の点で異なっている。調理台を洗剤洗浄し流水ですすいだ後、衛生的な水切りワイパーで水気をかきとること、アルコール消毒は加熱調理後の食品および生食する食品に使用すること<sup>3)</sup>などである。このように発行元が異なると衛生管理手順にも違いがみられる。なお、調理施設は細菌の繁殖防止および床からの跳ね水による食品の汚染防止をするため、床に水が落ちないように使用するドライシステムまたはウェットシステムのドライ運用が求められている。そのため洗剤を洗い流す作業は床に水が落ちないように注意を払う必要があり、調理施設の洗浄は毎回大変な作業を行っている。本研究を始めにあたり、現場の衛生管理を行う栄養士にヒアリングを行ったところ、ステンレス製調理台の洗浄については施設ごとに様々で、次亜塩素酸水を使用し

\* 連絡先: watanabe@abc.ai-bunkyo.ac.jp

<sup>2†</sup> 現所属: 産業技術総合研究所物質計測標準研究部門バイオメディカル標準研究グループ

ている施設もある一方、水で濡らしたダスターやアルコールを吹きかけて拭くのみという施設もあり、マニュアルを徹底することの困難さが窺える。したがって、アレルゲン除去においても煩雑な手順ではなく、作業や操作の簡便なアレルゲン除去が望まれていると予想される。

保育所調理場における卵アレルゲンの拭き取り検査の調査では、調理器具のみならず調理場の作業台や園児が喫食する机からも卵アレルゲンが検出されたことから、机等の清掃方法について検討する必要性を述べている<sup>4)</sup>。筆者らはすでに前報で調理設備における卵白アレルゲンの洗浄方法として洗剤・消毒剤、スチーム洗浄について検討した結果、スチーム洗浄が最も効果的であったことを報告した<sup>5)</sup>。

2019年12月初旬に中国で初めて感染者の報告がされてから、新型コロナウイルス感染症は世界的な大流行となった。電解水による殺菌・ウイルス不活性化効果にも注目が集まっており、次亜塩素酸水による新型コロナウイルスの不活化に対する有効性も報告されている<sup>6,7)</sup>。次亜塩素酸水は食品添加物殺菌料に認可指定されており<sup>8)</sup>、食品分野で大いに活用されている。従来、調理施設では調理器具、調理機器、生食する野菜や果物の洗浄に次亜塩素酸ナトリウム溶液が使用されてきた。次亜塩素酸ナトリウム溶液は、次亜塩素酸水と同様の殺菌・ウイルス不活化を示すが、次亜塩素酸水に比べて使用濃度が高くアルカリ性であり、皮膚や粘膜を傷つけるため手指消毒には適しておらず、食材殺菌に使用すると大量の水による食材の洗浄が必要となる。また、発がん性物質であるトリハロメタンの含有が高く、次亜塩素酸イオン(OCl<sup>-</sup>)を多く含むため環境への負荷も大きい<sup>9)</sup>。一方、次亜塩素酸水は殺菌活性が高く、トリハロメタン生成もほとんどなく(水道水レベル)、環境への負荷も小さく、調理場における洗浄・消毒マニュアル<sup>2,3)</sup>に記載されている。

我々は前報<sup>5)</sup>においてスチーム洗浄器を用いた卵白アレルゲン除去について報告したが、本研究では、学校給食や保育所の調理室など調理施設における簡便な卵白アレルゲン除去方法として、これまでアレルゲン除去についての報告がない強酸性次亜塩素酸水(食品添加物殺菌料)を用いた拭き取り、洗浄除去についてモデル実験を行い、イムノクロマト法とELISA法による評価を行った結果を報告する。

## 2. 実験方法

アレルゲンには卵白を用いた。鶏卵(しんせんたまご、株式会社クレスト大草GPセンター)1個分の卵白と蒸留水300mLをミルミキサー(Home cooking、山善株式会社)に入れ、3秒攪拌と7秒休止を6回繰り返した。薬さじでメレンゲ画分を50mL遠沈管2本に移し、6000rpmにて2分、4°Cで遠心分離した。溶液画分を回収し、ミルミキサー中の溶液と合わせたものを卵白溶液とした。実験に応じ、蒸留水にて希釈した。

アレルゲンの検出方法はポリクローナル抗体を用いたイムノクロマト法とELISA法の2種類を適用し、強酸性次亜塩素酸水を用いた卵白との反応性および拭き取りについてモデル実験を行った。

電解水は、ホシザキ株式会社(ホシザキWOX-40A)から提供された強酸性次亜塩素酸水およびアルカリ性電解水を用いた。

pHと残留塩素は各々実験開始時に測定した。強酸性次亜塩素酸水のpHは2.7、残留塩素は簡易水質検査器(パックテスト遊離残留塩素、パックテスト総残留塩素、株式会社共立理化学研究所)で測定し45mg/Lであった。アルカリ性電解水のpHは11.5であった。

### 2.1. イムノクロマト法を用いた次亜塩素酸水による卵白アレルゲン除去の評価

イムノクロマト法による卵白アレルゲンの検出はアレルゲン測定キット(FASTKIT スリム卵、日本ハム株式会社中央研究所)を使用した。キットの検出感度は25ng/mLである。試験操作は取扱説明書に従い、テストストリップはアルミ包装のまま室温に戻し、使用直前にアルミ包装から取り出し、水平な台の上に静置し、試料滴下部に試料溶液100μLを滴下した。試験開始15分後にテストライン出現位置およびコントロールライン出現位置に赤紫色のラインの有無を目視で確認し結果を判定した。テストラインの赤紫色の濃さがコントロールラインと同程度の濃いバンドを++、コントロールラインの濃さよりも薄いバンドを+、極薄いバンドを(-)、テストラインが目視で確認できないものを-と判定した。

#### 1) 強酸性次亜塩素酸水と卵白の反応性

拭き取り実験に先立ち、卵白溶液を直接、強酸性次亜塩素酸水、アルカリ性電解水、蒸留水に加え、どの程度アレルゲンが除去・不活化されるのかを実

験した。1、10、100、1000、10000 倍に希釈した卵白溶液 50 $\mu$ L をそれぞれ蒸留水、強酸性次亜塩素酸水、アルカリ性電解水 950 $\mu$ L に混合し、5 秒間ボルテックスミキサーにて攪拌した。さらに、この溶液 100 $\mu$ L を希釈用緩衝液 (FASTKIT スリム卵) 900 $\mu$ L に混合し、5 秒間ボルテックスミキサーにて攪拌した。この溶液 100 $\mu$ L について、イムノクロマト法にて卵白アレルゲンの有無を調べた。

## 2) 卵白の除去操作と分析サンプルの調製

卵白溶液を直径 3cm のステンレス皿 (サンダイヤ検査用丸皿、清水アキラ株式会社) に人為的に塗布し、風乾後、各試験水によって拭き取りを行った。なお、拭き取りは、様々な予備実験を行った結果、ステンレス皿の中心と端を満遍なく拭き取れる下記の方法を設定した。

卵白溶液 (原液および希釈液) 50 $\mu$ L をステンレス皿の中心に滴下し、クリーンベンチ内でファンを付け 45 分間風乾した。塗布半径は約 8mm となった。そのステンレス皿に試験水 (蒸留水、強酸性次亜塩素酸水、アルカリ性電解水、水道水) をそれぞれ 1mL 添加し、30 秒静置した。続いて、各試験水 2mL を添加した 4 つ折りの滅菌ガーゼ (ベスケア滅菌折りガーゼ、アズワン株式会社) を用いて、人差し指をステンレス皿の中心部を同一方向に 5 回同一ガーゼで拭き取った。また、ステンレス皿の周囲部分は 4 回、円を描くように拭き取った。拭き取り処理の終わったステンレス皿全体を、リン酸緩衝生理食塩水 (PBS) が添加された綿棒 (フキトレール、関東化学株式会社) で 10 周円を描くように拭き取った。この綿棒を 15mL 容遠沈管に分注した 1mL の希釈用緩衝液の中に 10 秒間、遠沈管の壁面に押し付けるようにして残留卵白アレルゲンを移動させ、イムノクロマト法による分析に供した。

## 2.2. ELISA 法を用いた強酸性次亜塩素酸水による卵白アレルゲン除去の評価

ELISA 法による卵白アレルゲンの検出は、アレルゲン測定キット (FASPEK エライザ II 卵、モリナガ) を使用した。キットの検出感度はイムノクロマト法の約 32 倍高い 0.78ng/mL である。分析機器 (マイクロプレートリーダー「GENIOS」、TECAN Japan 株式会社) を用い、主波長 450nm、副波長 620nm の吸収を計測した。分析操作はプロトコールに準拠した。

### 1) 強酸性次亜塩素酸水と卵白の反応性

イムノクロマト法による試験と同様、拭き取り実験に先立ち、卵白を直接、強酸性次亜塩素酸水、アルカリ性電解水、蒸留水に加えてどの程度アレルゲンが除去・不活化されるのかを ELISA 法により測定した。10、100、1000 倍に希釈した卵白溶液 50 $\mu$ L をそれぞれ蒸留水、強酸性次亜塩素酸水、アルカリ性電解水 950 $\mu$ L に混合し、5 秒間ボルテックスミキサーにて攪拌後、室温で 30 分放置した (試料 1)。その後の操作は FASPEK エライザ II 卵の添付プロトコールに従った。

試料 1 の溶液 20 $\mu$ L を試料抽出液 380 $\mu$ L に混合し (試料 2)、試料 2 の溶液 20 $\mu$ L を試料希釈液 I 380 $\mu$ L に混合した。なお、10 倍希釈卵白溶液を用いた試料 2 に関しては、卵白アルブミン濃度が高濃度であることが予測できたため、さらに試料希釈液 II で 10 倍希釈して測定した。検量線作成のための標準溶液と試料 2 を ELISA のプレートのウェル上にそれぞれ 3 か所滴下し、プロトコールに従って測定した。

## 2) 卵白アレルゲンの除去操作と分析サンプルの調製

2.1 の 2) に記述の方法で卵白溶液を付着したステンレス皿を処理し、拭き取った綿棒を 1mL の検体希釈液 II に移し、これを拭き取りサンプル溶液として ELISA 分析に供した。また、10、100 倍希釈卵白溶液を塗布したステンレス皿について、50mL の水道水に 75 $\mu$ L の台所用合成洗剤 (CO・OPK ソフト、日本生活協同組合連合会) を混合した溶液を用いて同様の拭き取りを行い、水道水で洗剤を流した後、PBS が添加された綿棒を用いて同様に拭き取り、試料希釈液 II に移した。この溶液を洗剤拭き取りサンプル溶液とした。拭き取りサンプル溶液と洗剤拭き取りサンプル溶液 100 $\mu$ L を ELISA のプレートのウェル 3 か所に滴下し、プロトコールに従って測定した。

## 3. 結果および考察

### 3.1. イムノクロマト法を用いた強酸性次亜塩素酸水による卵白アレルゲン拭き取り除去の評価

#### 1) 卵白アレルゲンと試験水の反応性

卵白溶液と蒸留水、強酸性次亜塩素酸水およびアルカリ性電解水を混合した各溶液による卵白アレルゲン除去の結果を表 1 に示す。100 倍希釈卵白溶液を蒸留水またはアルカリ性電解水に混合しても、イムノクロマト法の結果は両者同程度の陽性 ++ であった。一方、強酸性次亜塩素酸水に混合した場

表 1. 強酸性次亜塩素酸水およびアルカリ性電解水と卵白アレルギーの反応\*

試験水の種類	卵白溶液の希釈率				
	1	10	100	1000	10000
蒸留水			++	+	-
強酸性次亜塩素酸水	++	+	(-)		
アルカリ性電解水	++		++	+	-

++:コントロールラインと同程度の濃いバンド、+:コントロールラインより薄いバンド

(-):極薄いバンド、-:バンドなし、空白:測定せず

\*イムノクロマト法

合、結果は陰性(-)となり、明らかな除去効果が認められた。

蒸留水とアルカリ性電解水の結果では、1000倍希釈で陽性となったことから試験に用いた卵白中のアレルギー量は以下のように推定できる。イムノクロマト法 (FASTKIT スリムキット卵) の検出限界は 25ng/mL なので試験に供した卵白アレルギーは少なくともその 1000 倍の 25μg/mL ということになる。したがって、100 倍で陰性となった強酸性次亜塩素酸水は 0.25μg/mL の卵白アレルギーと反応し不活化したと考えられる。

一般的に卵白に含まれるタンパク質は 100g 当たり 10.1g である<sup>10)</sup>。卵 1 個分の卵白を 40g とすると、4.0g のタンパク質が含まれており、そのうち卵白タンパク質の 54% を占める卵白アルブミンは約 2.2g 含まれる。実験で使用した卵 1 個の卵白は 30mL であり、卵白溶液は蒸留水 300mL を加え、さらに 100 倍希釈しているため推定卵白アルブミンは約 67μg/mL となる。この卵白溶液 50μL に試験水を 950μL 加えているので 20 倍希釈となり、推定

卵白アルブミンは約 3.4μg/mL となる。このことを基にすると、本実験で用いた卵白アレルギーは想定値よりかなり高い濃度であったと考えられる。

また、希釈濃度が変わっても、アルカリ性電解水および蒸留水に混合した場合は 1000 倍まで陽性となった。10000 倍ではすべての条件で陰性となった。

## 2) 卵白アレルギーふき取り除去

各試験水を用いたふき取りによる卵白アルブミンの除去の結果を表 2 に示す。10 倍希釈卵白溶液を塗布したステンレス皿において、蒸留水、アルカリ性電解水、水道水で拭き取りを行っても陽性反応となり、卵白アレルギーは除去できなかった。これに対して強酸性次亜塩素酸水を用いた場合、陰性となり除去することができた。

10 倍希釈卵白溶液中の推定卵白アルブミン量は約 670μg/mL である。この溶液 50μL をステンレス皿に塗布するので、ステンレス皿上の卵白アルブミン量は約 33.5μg である。フキトレールによる卵白アルブミンの回収率を 100% と仮定すると、強酸性次亜塩素酸水を用いた拭き取り操作によって、ステンレス皿上に残る卵白アルブミン量を FASTKIT スリムキット卵の検出限界である 25ng/mL 以下となった。

表 2. 強酸性次亜塩素酸水およびアルカリ性電解水による卵白アレルギーの除去\*

拭き取り試験水	卵白溶液の希釈率		
	1	10	1000
蒸留水	+	++	(-)
強酸性次亜塩素酸水	++	(-)	-
アルカリ性電解水		++	
水道水		++	

++:コントロールラインと同程度の濃いバンド

+:コントロールラインより薄いバンド、-:バンドなし、

(-):極薄いバンド、空白:測定せず

\*イムノクロマト法

## 3.2. ELISA 法を用いた強酸性次亜塩素酸水による卵白アレルギー拭き取り除去の評価

卵白溶液と蒸留水、強酸性次亜塩素酸水およびアルカリ性電解水を混合した各溶液による卵白アレルギー除去の結果を表 3 に示す。ELISA 法においては、強酸性次亜塩素酸水、アルカリ性電解水、蒸留水のいずれでも加えられた卵白アルブミン量の有為な変化は認められなかった。

強酸性次亜塩素酸水を用いた拭き取りによる卵

表 3. 強酸性次亜塩素酸水およびアルカリ性電解水と卵白アレルゲンの反応\*\*

卵白溶液の希釈倍率	混合した試験水	実験1	実験2	実験3	平均	標準偏差
10	蒸留水	80.4	71.1	71.5	74.4	5.3
	強酸性次亜塩素酸水	70.7	71.2	67.6	69.9	2.0
	アルカリ性電解水	91.7	87.1	88.3	89.0	2.4
100	蒸留水	6.6	6.2	5.9	6.2	0.4
	強酸性次亜塩素酸水	6.5	6.8	6.4	6.6	0.2
	アルカリ性電解水	9.3	9.2	8.1	8.9	0.7
1000	蒸留水	0.3	0.3	0.3	0.3	0.02
	強酸性次亜塩素酸水	0.8	1.1	0.5	0.8	0.3
	アルカリ性電解水	0.7	0.7	0.7	0.7	0.04

数値の単位は全て ng/ml

\*\* : ELISA法

白アルブミンの除去の結果を表 4 に示す。どの試験水を用いてもサンプル溶液中の卵白アルブミン量に変化は見られなかった。

洗剤を用いた場合、卵白アルブミン量は大幅に減少した。調理施設ではアレルゲン除去方法として中性洗剤や弱アルカリ性洗剤といった合成洗剤とその後の水洗いでクリーンアップしている。大量の水を使用するという問題はあるが、洗剤洗浄の妥当性が示された結果と考えられる。

### 3.3. イムノクロマト法と ELISA 法による実験結果の比較

イムノクロマト法と ELISA 法では異なる結果が得られた。この原因には様々な理由が考えられる。次亜塩素酸 (HClO) は次亜塩素酸水の主成分であり、人の生体内でも合成されている<sup>11)</sup>。好中球に多く存在する酵素であるミエロペルオキシダーゼ (MPO) によって作り出される HClO は病原菌に対して攻撃し生体防御している。MPO から HClO が生産されると、側鎖の酸化、側鎖の塩素化、架橋による凝集、

表 4. 強酸性次亜塩素酸水、アルカリ性電解水および合成洗剤による卵白アレルゲンの除去\*\*

卵白溶液の希釈倍率	拭き取りに用いた試験水	実験1	実験2	実験3	平均	標準偏差
*10	水道水	156.1*	156.0*	159.8*	157.3	2.2
	強酸性次亜塩素酸水	125.4*	142.5*	143.9*	137.3	10.3
	アルカリ性電解水	150.9*	157.6*	151.7*	153.4	3.6
100	蒸留水	13.5	25.9	43.9	27.8	15.3
	強酸性次亜塩素酸水	34.6	32.8	23.9	30.4	5.8
	アルカリ性電解水	24.9	82.7	53.0	53.5	28.9
1000	蒸留水	1.8	4.9	6.4	4.4	2.3
	強酸性次亜塩素酸水	3.8	3.6	5.1	4.1	0.8
	アルカリ性電解水	検出限界 以下	0.2	3.5	1.0	2.2
10	合成洗剤	1.0	0.9	0.7	1.2	0.6
100	合成洗剤	検出限界 以下	検出限界 以下	測定せず	検出限界 以下	検出限界 以下

数値の単位は全て ng/mL、空白 : 測定せず、検出限界は 0.78ng/mL

\*10倍希釈卵白溶液を用いた実験結果は、検量線の範囲を逸脱したため推定値

\*\* : ELISA法

断片化による構造と機能変化などタンパク質が変性すること、さらに、アミノ酸は HClO とたやすく反応して修飾されることが報告されている<sup>12)</sup>。食物アレルギーの原因物質（アレルゲン）もタンパク質であり、これらのことから次亜塩素酸水と卵白アルブミンが反応しないことは考えにくい。したがって、その変性の結果生じるアレルゲン反応性の低下はイムノクロマト法では検出できたが、ELISA 法では変性した卵白アルブミンも検出した可能性がある。

加えてイムノクロマト法と ELISA 法では、抗卵白アルブミン抗体の種類が異なると考えられる。また、イムノクロマト法は ELISA 法に比べて約 1/3 程度の精度であるが、イムノクロマト法で陰性となるということは検出限界 25ng/mL 以下ということであり、この値は総タンパク量が数 µg/mL 濃度又は数 µg/g 含有レベル未満であれば特定原材料量の表示の必要性はないとしている消費者庁のガイドライン<sup>13)</sup>を大きく下回るものである。

本研究で適用した 2 種類のアレルゲン検査法の特徴として、ELISA 法はマイクロプレートリーダーという高額精密機器が必要となり、その操作も複雑なため技術が必要である。それと比較してイムノクロマト法はコストも安く、操作も簡便でその場ですぐに結果が分かるため、手軽に行うことができる。本研究の目的は調理現場での比較的簡便なアレルゲン除去方法を開発することであり、評価方法も簡便な方法であることが必須である。その点においてイムノクロマト法を用いた評価は意義のあることである。

保育所の調理室における卵アレルゲンの実態調査および調理器具の洗浄方法についての調査によると、弱アルカリ性洗剤や次亜塩素酸ナトリウムを使用することが卵アレルゲン除去に対して有効であると報告する一方、次亜塩素酸ナトリウムは溶液調整に時間と労力を要し、食品への混入リスクがあると問題点も挙げている<sup>4)</sup>。その点、次亜塩素酸水は生成装置から生成されたものをそのまま使用できるため適正な希釈をする必要もなく、万一誤飲しても健康被害は生じない。そのため、調理室の設備だけではなく園児が直接接触れる喫食する机などにも安心して使用することができる。また、学校給食調理従事者研修マニュアルでは、次亜塩素酸水について調理器具などの洗浄のすすぎ水として使用できると明記している。メリットとして、次亜塩素酸水を使用すると、その後水分を除去しアルコールで

消毒するという方法を一部割愛できることも挙げられている<sup>14)</sup>。調理現場では上述したように洗浄・消毒に大変な作業を求められているため、調理器具などの洗浄のすすぎ水としてだけではなく、次亜塩素酸水を活用することで調理現場の負担軽減が期待される。

#### 4. 結論

鶏卵より調製した卵白（アレルゲン）溶液 50µL を試験水（蒸留水、強酸性次亜塩素酸水およびアルカリ性電解水）950µL と混合し反応性をイムノクロマト法で評価した。その結果、強酸性次亜塩素酸水が他の試験水より 100 倍高い濃度で検出限界（0.25 µg/mL）以下となり、最も高い反応性を示した。

卵白溶液（50µL）をステンレス皿（直径 3cm）に塗布・風乾（45 分）し、試験水を 1mL 加えてから 20 秒後、試験水 2mL 添加の滅菌ガーゼで直線同一方向に 5 回、円周方向に 4 回拭き取ってアレルゲン除去をイムノクロマト法でチェックした。その結果、強酸性次亜塩素酸水処理は他の試験水（蒸留水、アルカリ性電解水および水道水）処理よりも 100 倍高い卵白アレルゲンを検出限界以下に低下させた。

強酸性次亜塩素酸水の効果は前報<sup>5)</sup>で報告したスチーム洗浄に匹敵すると判断された。スチーム洗浄法と比較して、初期投資、電源確保、安全性の点で有利性が高いことから、次亜塩素酸水による洗浄の方が調理現場に向いていると考えられる。

なお、ELISA 法（検出限界 0.78ng/mL）でチェックを行うと試験水間の差は認められなかった。イムノクロマト法との結果の相違の原因として、ELISA 法は変性した卵白アルブミンも検出した可能性があると考えられる。

#### 5. 謝辞

本研究は一般財団法人機能水研究振興財団の令和 2 年度研究助成を受けて行った。

研究を行うにあたり、強酸性次亜塩素酸水をご提供いただきましたホシザキ株式会社に厚く御礼申し上げます。

#### 6. 利益相反

本研究に関して申告すべき利益相反はない。

#### 7. 参考文献

1) 文部科学省: 学校給食における食物アレルギー対

- 応指針. 2015. [https://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/detail/\\_icsFiles/afieldfile/2015/03/26/1355518\\_1.pdf](https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/detail/_icsFiles/afieldfile/2015/03/26/1355518_1.pdf) (2022年11月10日閲覧)
- 2) 厚生労働省: 大量調理施設衛生管理マニュアル. 1997.(最終改定2017年) <https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11130500-Shokuhin-anzenbu/0000139151.pdf> (2023年1月23日閲覧)
- 3) 文部科学省スポーツ・青少年局学校健康教育課: 調理場における洗浄・消毒マニュアル Part1. 2009. [https://www.mext.go.jp/a\\_menu/sports/syokuiku/1266268.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/sports/syokuiku/1266268.htm) (2023年1月23日閲覧)
- 4) 東京都保健福祉局保健政策部保健政策課: 学校と保育園給食のアレルギー対策～調理室のアレルゲンを見える化して対策支援～. 平成27年度課題別地域保健医療推進プラン報告集, pp37-41, [https://www.fukushihoken.metro.tokyo.lg.jp/iryoy/iryoy\\_hoken/plan/back/plan27.files/06.pdf](https://www.fukushihoken.metro.tokyo.lg.jp/iryoy/iryoy_hoken/plan/back/plan27.files/06.pdf) (2023年1月15日閲覧)
- 5) 鋤柄悦子、渡辺香織、有尾正子 ほか: 大量調理施設におけるアレルゲン除去方法の検討. *機能水研究*, **17**(1): 1-6, 2022.
- 6) 独立行政法人製品評価技術基盤機構 NITE、新型コロナウイルスに対する代替消毒方法の有効性評価に関する検討委員会: 新型コロナウイルスに対する代替消毒方法の有効性評価 (最終報告). 2020. <https://www.nite.go.jp/data/000111315.pdf> (2022年11月10日閲覧)
- 7) Youhei T, Masaru N, Dulamjav J *et al*: Virucidal activities of acidic electrolyzed water solutions with different pH values against multiple strains of SARS-CoV-2. *Applied and Environmental Microbiology*, 0: Ahead of Print, 2022. <https://journals.asm.org/doi/epub/10.1128/aem.01699-22> (2023年1月15日閲覧)
- 8) 次亜塩素酸水: 第9版食品添加物解説書(川西徹・穂山浩・河村葉子・佐藤恭子監修) D-981-990 (2019). 廣川書店.
- 9) 財団法人機能水研究振興財団: 次亜塩素酸水生成装置に関する指針第2版—追補. pp.3-10、2013.
- 10) 文部科学省: 日本食品標準成分表2020年版(八訂). *科学技術・学術審議会資源調査分科会報告書*, 2020.
- 11) 藤井浩: 15. 好中球における次亜塩素酸合成機構の解明. *上原記念生命科学財団研究報告集*, **32**: 1-4, 2018.
- 12) Clare LH: Hypochlorous acid-mediated modification of proteins and its consequences. *Essays Biochem*, **64**(1): 75-86, 2020.
- 13) 消費者庁: Q&A 別添アレルゲンを含む食品に関する表示. [https://www.caa.go.jp/policies/policy/food\\_labeling/food\\_labeling\\_act/pdf/food\\_labeling\\_cms101\\_200716\\_12.pdf](https://www.caa.go.jp/policies/policy/food_labeling/food_labeling_act/pdf/food_labeling_cms101_200716_12.pdf) (2023年3月10日閲覧)
- 14) 文部科学省スポーツ・青少年局学校健康教育課: 学校給食調理従事者研修マニュアル. 2012. [https://www.mext.go.jp/a\\_menu/sports/syokuiku/1321861.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/sports/syokuiku/1321861.htm) (2023年1月24日閲覧)

# Egg white albumin removal from food preparation equipment by strongly acidic hypochlorous acid water

Etsuko Sukigara<sup>1</sup>, Takema Hasegawa<sup>2†</sup>, Kaori Watanabe<sup>1</sup>, Hitoshi Iwahashi<sup>3</sup>,  
and Kazuhiro Takamizawa<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup> Department of Living and Culture Sciences, <sup>2</sup> The United Graduate School of Agricultural Science, Gifu University  
<sup>†</sup> Research Institute for Material and Chemical Measurement, National Metrology Institute of Japan (NMIJ), National  
Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST),

<sup>3</sup> Faculty of Applied Biological Sciences, Gifu University, <sup>4</sup> Professor Emeritus, Gifu University

Simple and convenient allergen removal method from food preparation equipment is required. We carried out a model experiment using strongly acidic hypochlorous acid water in order to examine its capability of removing egg white as a typical allergen from food preparation equipment. Circular stainless plates with 3cm diameter were spread with 50 $\mu$ L of 10 times diluted egg white preparation, air-dried for 45 min. and then added with 1 mL of strongly acidic hypochlorous acid water for 20 sec. Subsequently, the plate surface was wiped off five times in the linear direction followed by four times in the circumferential direction using a sterilized gauze supplemented with 2 mL of strongly acidic hypochlorous acid water. It turned out that allergen was markedly removed when evaluated by immunochromatography with 25ng/mL of sensitivity. However, no significant reduction was observed by ELISA.