

大量調理における調理操作の違いがホウレンソウのシュウ酸 および栄養成分に及ぼす影響

韓 順子¹⁾・三宅 義明¹⁾・藤井 仁²⁾・菅野 友美¹⁾

Effects of different cooking operations on the oxalic acid and the nutritional components of spinach resulting from mass cooking

Soonja HAN, Yoshiaki MIYAKE, Hitoshi FUJII and Tomomi
KANNO

大量調理施設ではスチームコンベンションオープン（スチコン）を用いた調理が行われ、利便性の高い冷凍野菜が活用されている。本研究は、生のホウレンソウを用いて2種類の加熱処理（回転釜とスチコン）と2種類の冷却処理（水さらしと真空冷却）の違いによるシュウ酸と栄養成分を比較検討した。また、業務用冷凍ホウレンソウを用いて同様の検討を行った。加熱・冷却処理によるホウレンソウ中の栄養成分の流出を抑制するには、スチコン加熱と真空冷却処理による調理操作の組み合わせが適切であることが認められた。また、アクの主成分であるシュウ酸はいずれの加熱・冷却処理においても、えぐ味感として差がないことがわかった。一方、業務用冷凍ホウレンソウはスチコン加熱と真空冷却処理によってシュウ酸含量が増加し、食味に影響することが示唆され、食材料や料理の内容に合った調理機器の選択、料理内容、味付けなどの工夫が必要であると思われた。

Keywords : 大量調理, ホウレンソウ, シュウ酸
Mass cooking, Spinach, Oxalic acid

1. 緒言

ホウレンソウは、ビタミン、ミネラル、食物繊維などの栄養素に富み、身体の機能を整える効果を持つ緑黄野菜である。また、主菜の付け合わせのほか、おひたし、あえもの、炒め物など多様な方法で調理することができ、副菜として食事バランスを向上させるために欠かせない食品である。（河村, 1986）。一方で、ホウレンソウは「アク」の主成分であるシュウ酸が多い野菜として知られており（和泉, 2005）、えぐ味など食味を悪くするだけでなく、カルシウムの吸収を妨げ、腎臓や膀胱内に生じる結石の原因にもなる（堀江ら, 2006）。そのため、ホウレンソウを生で食することは少なく、加熱後、水にさらすなどアク抜きをする場合が多い。ホウレンソウの品種、栽培時期などによるシュウ酸含量の違いや調理加工におけるシュウ酸含量の変化について多くの研究がある（和泉, 2004；和泉ら, 2005a；和泉ら, 2008；西川ら, 2014）。しかし、大量調理において、調

1) 愛知淑徳大学 健康医療学部 健康栄養学科

2) 目白大学 看護学部 看護学科

理機器と調理操作の違いによるハウレンソウのシュウ酸含量の変化について検討した研究は類を見ない。

近年、給食施設では、「ゆで調理」においても回転釜による従来の調理方法からスチームコンベクションオープン(スチコン)を活用した加熱調理が主流となっている。スチコンは、焼く、煮る、蒸す、茹でる、炊く、温めるなどの多岐にわたる加熱調理が可能であり、作業負担の軽減や作業時間の短縮、安全衛生の向上などの面からも優れた大量調理機器として調理の現場では欠かすことができない。しかし、ハウレンソウのようにシュウ酸を含有する野菜のゆで調理の場合は食味の低下が否めない。また、冷却処理についても、従来の水さらし冷却から真空冷却機を使用することで衛生管理上のリスクが改善されることから(森山ら, 2013)、幅広く導入されている(中山ら, 2018)。

給食施設では、年間を通して価格が安定しており、コスト管理や安定購入が容易である冷凍野菜を用いることが多い。下処理が要らないため、作業スペースの省力化と作業従事者の人件費が低減できる。さらに利便性に富み、季節を問わず調理に用いることができ、時短調理が可能であるなどの利点がある。先行研究で冷凍ハウレンソウの加工条件に伴う成分変化について検討している(石井ら, 2014)が、大量調理に用いた場合の成分変化については示されていない。

本研究ではハウレンソウを回転釜とスチコンで加熱処理後、水さらしと真空冷却で冷却処理を行い、調理操作の違いによる栄養成分を検討した。また、業務用冷凍ハウレンソウを用いた場合の栄養成分の比較も行った。

2. 方法

2.1. 供試試料

ハウレンソウは2019年2月で採れた福岡県産のハウレンソウ(筑紫次郎の贈り物)を12kg(1束約200g×60束)入手した。業務用冷凍ハウレンソウはエクアドル産を3kg購入した。試料に用いたハウレンソウの成分の測定値と冷凍ハウレンソウの成分の測定値について、日本食品標準成分表の値と比較したものを表1に示した。

表1 ハウレンソウ(生と冷凍)の測定値と食品成分表値

	ハウレンソウ(生)		ハウレンソウ(冷凍)	
	測定値	成分表値*	測定値	成分表値**
水分(g/100g)	90.8 ± 0.1	92.4	90.4 ± 0.1	92.2
鉄(mg/100g)	0.9 ± 0.0	2.0	0.8 ± 0.0	1.2
カルシウム(mg/100g)	40 ± 3	49	64 ± 1	100
βカロテン(μg/100g)	3706 ± 54	4200	4758 ± 290	5300
総ビタミンC(mg/100g)	44 ± 0	60	27 ± 0	19
葉酸(μg/100g)	181 ± 6	210	142 ± 2	120
シュウ酸(g/100g)	0.4 ± 0.0	-	0.6 ± 0.0	-

*:日本食品標準成分表2020(七訂)食品番号06356

** :日本食品標準成分表2020(七訂)食品番号06269

2.2. 下処理

ホウレンソウを 10~12 束ずつ 5 つに分け、根と傷んだ葉の部分を取り除き、4~5 cm にカットした後、1.9 kg になるよう計量した。これを 3 回洗浄した後、ザルに入れて水切りを行った。業務用冷凍ホウレンソウは解凍後、1.5 kg を 3 回洗浄し、ザルに入れて水切りを行った。残りの 1.5 kg は未処理とした。

2.3. 加熱処理

回転釜加熱は、回転釜（GHSX-26, HATTORI 製）を用い、20 倍量の沸騰水（95℃以上）中に下処理したホウレンソウ 1.9 kg を投入し、1 分 30 秒加熱した。スチコン（FSCCWE101, フジマック製）はスチームモード 100%・100℃に設定し、3 分加熱した。冷凍ホウレンソウ（1.5 kg）の場合は 2 分加熱した。

2.4. 冷却処理

水さらし冷却は、大ボールに水をはり、11~12℃になるまで約 4 分間流水でさらして冷却した。真空冷却は、穴あきパンに入れ、真空冷却器（CMJ-20QE, 三浦工業製）で 10℃になるまで 5~6 分間冷却した。冷却後は生重量の 98%になるよう、しぼった。業務用冷凍ホウレンソウは 75%になるようにしぼった。これは予備実験において検討した条件である。その後、300 g ずつサンプリングを行い、分析まで凍結保存した。

2.5. 成分分析

栄養成分（水分、鉄、カルシウム、βカロテン、総ビタミン C、葉酸）の分析は、日本食品標準成分表 2015 年版（七訂）分析マニュアル（文部科学省, 2016）に準じて分析を行った。すなわち、水分は減圧加熱乾燥法、鉄とカルシウムは ICP 発光分析法、葉酸は微生物定量法、βカロテン、ビタミン C は高速液体クロマトグラフィーで分析した。シュウ酸は過塩素酸で抽出後、高速液体クロマトグラフィーで分析した。なお、水分含量から下記の式により固形分 100 g 当たりの固形重量換算値を求めた。

$$\text{固形重量換算値（固形分 100 g 当たり）} = \text{成分値} \times (100 - \text{水分含量})$$

2.6. 統計処理

生のホウレンソウの成分と加熱・冷却処理したホウレンソウの成分は、t 検定により比較した。成分の固形重量換算値については、Tukey-Kramer の多重比較検討を行った。また、回転釜加熱とスチコン加熱、水さらし冷却と真空冷却で交互作用の有無を検討するため二元配置分散分析を行った。統計解析には IBM SPSS Statistics for Windows, Version 23 を用いた。

3. 結果および考察

ホウレンソウは、食生活に欠かせない緑黄色野菜であり、大量調理施設においては、副菜を中心に多様な料理の食材料として使用されている。大量調理では、回転釜を用いた従来の調理法から、スチコンによる加熱調理が主流となっているが、ホウレンソウはアクの主成分であるシュウ酸が多いため、ゆで調理後、水さらし工程が必要とされている。一般に大量調理施設では、水さらしに代わってブラストチラーや真空冷却機などの急速冷却機を用いることが多い。しかし、作業効率や安全性に優れている一方で、「えぐ味感」が残るといった食味上の課題もある。そこで、ホウレンソウのゆで調理に回転釜とスチコンを使用した加熱処理と水さらし冷却と真空冷却機を使用した

冷却処理を行い、調理操作の違いによるハウレンソウ中の栄養成分を比較した。

また、業務用の冷凍ハウレンソウは、価格が安定しており、下処理が不要などの利便性に富むため給食施設をはじめとする大量調理施設で利用されていることから、冷凍ハウレンソウについても検討した。本研究は大量調理の現場で行っている実際の調理操作と同等の手法で検討したものである。

3.1. ハウレンソウの加熱処理および冷却処理における成分値の変化

ハウレンソウの加熱処理および冷却処理における成分値の変化を表2に示した。回転釜加熱と水さらし冷却処理では、カルシウム以外の成分に有意な差が認められ、βカロテン以外の成分値が生より有意に減少した。回転釜加熱と真空冷却処理では、水分、鉄以外の成分に有意差がみられ、カルシウムとβカロテン以外の成分値が生より有意に減少した。回転釜加熱では、どちらの冷却処理においても水溶性成分（鉄、カルシウム、総ビタミンC、葉酸、シュウ酸）の値が生より有意に低値を示したことから、ゆで汁に流出されたことが示唆された。和泉ら（2005）はゆで水量が5~20倍と多くなるほどシュウ酸含量とカリウム含量が減少し、えぐ味が弱くなると報告しており、本研究と一致した。回転釜による大量調理では20倍のゆで水で調理することが多いことから、ゆで水に栄養成分が流出する反面、アクの主成分であるシュウ酸が減少し、えぐ味が抑制できると考えられる。

スチコン加熱では、冷却処理により成分値の増減が異なり、水さらし冷却では、鉄、カルシウム以外の成分に有意差がみられ、水分、βカロテン以外の成分値が生より有意に減少したが、真空冷却処理では、総ビタミンC、葉酸以外の成分に有意差がみられ、水分以外の成分値が生より有意に増加した。増加の原因は水分含量の変化などが考えられるが、ハウレンソウのゆで調理では、加熱・冷却処理による栄養成分の減少（流出）を抑制する観点から、スチコン加熱と真空冷却処理が適当であると思われる。一方で食味を悪くするシュウ酸も増加する。和泉（2004；2005b）は、ゆ

表2 ハウレンソウ（生）の加熱処理および冷却処理における成分値の変化

	生	回転釜加熱		スチコン加熱		加熱×冷却 交互作用		
		水さらし冷却	ttest	真空冷却	ttest		水さらし冷却	ttest
水分 (g/100g)	90.8±0.1	91.6±0.2	*	90.6±0.5	90.0±0.3	*	88.9±0.0	**
鉄 (mg/100g)	0.9±0.0	0.8±0.0	**	0.9±0.0	0.9±0.0		1.1±0.1	*
カルシウム (mg/100g)	40.4±3.2	42.5±3.8		52.0±2.8	50.3±2.5	*	58.9±0.5	**
βカロテン (mg/100g)	3.7±0.1	5.2±0.1	**	5.4±0.2	6.7±0.2	**	6.6±0.2	**
総ビタミンC (mg/100g)	44.3±0.1	27.1±0.4	**	34.5±0.2	41.3±0.6	*	45.0±0.6	**
葉酸 (μg/100g)	181.3±5.7	115.3±5.5	**	122.0±10.5	177.0±15.1		198.3±13.5	
シュウ酸 (mg/100g)	360.7±4.0	236.3±4.2	**	334.7±6.7	321.0±4.4	**	435.0±15.7	*

* 生のハウレンソウの値との間に有意差あり (*:p<0.05, **:p<0.01) n=3

でホウレンソウ中の遊離シュウ酸量の差が 260 mg%程度の場合にえぐ味の差が有意になると報告している。本研究のシュウ酸量の差は 10~200 mg/100g であることから、どの加熱・冷却処理においてもえぐ味感として差はないと考える。

脂溶性成分であるβカロテンは、いずれの加熱・冷却処理においても生より有意に増加した。これは脂溶性のため、ゆで汁への流出が少ないためと考えられ、βカロテン量は加熱・冷却処理に影響を受けないことがわかった。二元配置分散分析の結果から、総ビタミンCに有意な交互作用が認められたことから、総ビタミンC量は加熱処理や冷却処理に影響されることがわかった。

3.2. ホウレンソウの加熱処理および冷却処理における成分の固形重量換算値の変化

ホウレンソウの加熱処理および冷却処理における成分の変化を水分含量から固形分 100 g 当たりの固形重量換算値を算出して表 3 に示した。分析した栄養成分の固形分中の含量は、いずれもスチコン加熱と真空冷却処理による調理操作が他の処理よりも有意に増加した。その一方で、回転釜加熱と水さらし冷却処理では、どの成分も固形分中の含量が有意に減少した。生のホウレンソウの栄養分量を加熱処理工程において維持したい場合は、スチコン加熱と真空冷却処理の組み合わせが適していることがわかった。スチコンは大量調理の作業性に優れているとともに、加熱処理後の栄養成分含量の保持においても有効性がみられた。

二元配置分散分析の結果から、鉄とシュウ酸の固形分中の含量に有意な交互作用が認められた。ホウレンソウは、鉄含有量の多い野菜である（渡辺ら, 2004）ことから、献立を立てる際にホウレンソウの加熱・冷却方法についても考慮すべきであると考えられる。一方、シュウ酸はカルシウムと強く結合し、不溶性の塩を形成することでカルシウムの吸収を阻害するとされている（上西ら, 1998）。本研究における調理操作の違いによるシュウ酸量の差異は食味に影響することはなかったが、カルシウム吸収の観点から、ホウレンソウの処理方法を配慮すべきであると考えられる。大量調理施設の目的や食数規模、料理内容に応じて安全性を確保しつつ、調理機器の組み合わせを考えることも必要と思われる。

表 3 ホウレンソウ（生）の加熱処理および冷却処理における成分の固形重量換算値の変化

	回転釜加熱		スチコン加熱		加熱×冷却 交互作用
	水さらし冷却	真空冷却	水さらし冷却	真空冷却	
鉄 (mg/固形分 100g)	6.5±0.3 c	8.6±0.3 b	9.2±0.4 b	12.6±0.6 a	*
カルシウム (mg/固形分 100g)	355±32 c	488±27 b	503±25 b	657±6 a	
βカロテン (mg/固形分 100g)	43±1 d	51±2 c	67±2 b	74±2 a	
総ビタミンC (mg/固形分 100g)	226±3 d	324±2 c	413±6 b	501±6 a	
葉酸 (μg/固形分 100g)	964±46 c	1146±99 c	1770±151 b	2211±151 a	
シュウ酸 (mg/固形分 100g)	1975±35 c	3143±63 c	3210±44 b	4850±175 a	**

Tukey-Kramer 検定：アルファベットの異なる試料間で有意差有り (n=3) p<0.05

3.3. 業務用冷凍ホウレンソウのスチコン処理および真空冷却処理における成分変化

大量調理施設で活用されている業務用の冷凍ホウレンソウを用いて、スチコン加熱および真空冷却処理による残存栄養成分を検討した。その成分変化を表4に示した。葉酸以外のすべての項目で冷凍ホウレンソウと加熱・冷却後の成分値において有意差が認められた。特に不足しがちな栄養成分である鉄、カルシウム、βカロテンで加熱処理前に比べてスチコン加熱・真空冷却処理後のほうが有意に増加した ($p<0.01$) が、食味に影響するシュウ酸も同様に増加した ($p<0.01$)。生のホウレンソウをスチコン・真空冷却処理したシュウ酸値 (435 mg/100g) と比較すると 292 mg/100g の差があり、えぐ味が感じられる差である (和泉, 2004; 和泉, 2005b)。このことから業務用冷凍ホウレンソウは価格が安定しており、下処理が不要のため、利便性に富む反面、シュウ酸が多く食味に影響するため、処理工程、味付けなどの工夫が必要と思われた。

表4 ホウレンソウ (冷凍) のスチコン加熱・真空冷却処理における成分の変化

	成分測定値				
	冷凍		スチコン加熱・真空冷却処理		ttest
水分(g/100g)	90.4 ± 0.1		86.8 ± 0.3		**
鉄(mg/100g)	0.8 ± 0.0		1.0 ± 0.0		**
カルシウム(mg/100g)	64 ± 1		122 ± 1		**
βカロテン(mg/100g)	5 ± 0		8 ± 0		**
総ビタミンC(mg/100g)	27 ± 0		17 ± 0		**
葉酸(μg/100g)	142 ± 2		130 ± 8		
シュウ酸(mg/100g)	617 ± 8		727 ± 27		**

* ホウレンソウ (冷凍) の値との間に有意差あり (*: $p<0.05$, **: $p<0.01$) n=3

4. 結論

ホウレンソウの回転釜加熱では、いずれの冷却処理においても水溶性成分 (鉄、カルシウム、総ビタミンC、葉酸、シュウ酸) の値が生より有意に低値を示した。大量調理では多量ゆでで調理することからゆで汁に流出されることが示唆された。

ホウレンソウのスチコン加熱では、冷却処理により成分値の増減が異なり、水さらし冷却では、生より減少した成分が多く、真空冷却処理では、生より増加した成分が多かった。加熱・冷却処理による栄養成分の減少 (流出) を抑制する観点から、スチコン加熱と真空冷却処理の組み合わせが調理操作として適当であると思われる。一方で食味を悪くするシュウ酸も増加するが、えぐ味として感じる上で差はないと考える。

ホウレンソウの加熱処理および冷却処理における成分の変化を水分含量から固形分 100 g 当たりの固形重量換算値と比較したところ、鉄とシュウ酸の固形分中の含量に有意な交互作用が認められた。大量調理施設の目的や規模、料理内容に応じて安全性を確保しつつ、調理機器の組み合わせを考えることも視野に入れて検討する必要がある。

大量調理施設で活用されている業務用の冷凍ホウレンソウをスチコン処理および真空冷却処理した結果、鉄、カルシウム、βカロテンで加熱・冷却処理前よりもスチコン・真空冷却処理後のほうが有意に増加した ($p<0.01$) が、食味に影響するシュウ酸も同様に増加した ($p<0.01$)。これらの

結果から業務用冷凍ホウレンソウを使用する場合は価格が安定していること、下処理が不要のため利便性に富みコスト削減に寄与するなどのメリットを視野に入れつつ、シュウ酸を抑制するための調理機器の選択・料理内容・味付けなどについても考慮する必要があると思われる。

謝辞

本研究の大量調理処理にご協力頂いた名古屋文理栄養士専門学校の大橋かすみ先生に深謝いたします。また、本研究の成分分析にご協力頂いた食品分析センターに深謝いたします。本研究は愛知淑徳大学研究助成を受けたものである。

引用文献

- 堀江秀樹・伊藤秀和（2006）ホウレンソウのえぐ味はシュウ酸に由来するか，日本調理科学会誌，39, 357-361.
- 石井明子・福山明子・寺崎三季・柚木崎千鶴子（2012）冷凍ホウレンソウの加工条件に伴う成分変化の確認，宮崎県工業技術センター・宮崎県食品開発センター研究報告，57, 69-71.
- 和泉眞喜子（2004）ホウレンソウ中のシュウ酸およびカリウム含量の季節変動と調理による変化，日本調理科学会誌，37, 268-272.
- 和泉眞喜子（2005）食塩添加ゆでホウレンソウのえぐ味の感じ方とシュウ酸および無機成分含量との関連，日本家政学会誌，56, 15-21.
- 和泉眞喜子・高屋むつ子・長澤孝志（2005）ゆで水量の違いがホウレンソウの食味やシュウ酸ならびにカリウム含量に及ぼす影響，日本調理科学会誌，38, 343-349.
- 和泉眞喜子・高屋むつ子・堀江秀樹・木矢博之（2008）秋期ホウレンソウの品種，栽培条件，生育期間の違いによる有機酸や糖含量等の変動および茹で調理による変化，食味との関連，日本調理科学会誌，41, 126-133.
- 河村フジ子（1986）ほうれんそうをゆでる，調理科学，19, 190-192.
- 文部科学省科学技術・学術政策局政策課資源室（2016）日本食品標準成分表2015年版（七訂）分析マニュアル・解説，建帛社，東京，15-16, 87-89, 77-81, 117-123, 171-174, 160-163.
- 森山克子・下地美智子（2013）真空冷却機導入のための衛生に関する研究～一般細菌数検査と温度調査から～，琉球大学教育学部紀要，82, 267-275.
- 中山隆子・廣田美佐子・南井里美・日高佐緒里・林美帆子・松村陽子・猪田志奈・辰巳唯・金田雅代・饗場直美（2018）スチームコンベクションオーブンと真空冷却機の導入による献立内容の変化，栄養教諭食育研究会誌，2, 31-35.
- 西川和孝・川本実穂・田中章江（2014）ほうれんそうのゆで調理におけるシュウ酸含量の変化と中学生家庭科教材への活用，日本家政学会誌，65, 339-345.
- 上西一弘・江澤郁子・梶本雅俊・土屋文安（1998）日本人若年成人女性における牛乳，小魚（ワカサギ，イワシ），野菜（コマツナ，モロヘイヤ，オカヒジキ）のカルシウム吸収率，日本栄養・食糧学会誌，51, 259-266.
- 渡辺優子・清水英世（2004）ほうれん草・小松菜の鉄分含有量の調査（No.2），岐阜市立女子短期大学紀要，53, 141-144.

（2021年 1月 29日 受付）
（2021年 2月 1日 受理）