

昆布粉末の添加が食パンの物性、食味、栄養に及ぼす影響

Effect of addition of kelp powder on the physical characteristics, taste and nutrition of bread

舘 和彦 Kazuhiko Tachi
(家政学部管理栄養学科)

抄 録

食物繊維は、整腸作用だけでなく腸内細菌叢を介した自己免疫強化、腸内環境を整えることによる美容・メタボ予防、脳腸相関など様々な機能を持つ。近年は、腸内環境を整えることの大切さが多く人に伝わり、腸活への意識も高くなっている。しかし、腸の悩みを抱える人はいまだに多く、食物繊維を手軽に摂取できる製品の必要性は高い。そこで、食物繊維を多く含み、手軽においしく摂取できる食品の提案を目指した。本研究では、昆布粉末を利用し、その添加割合と加水量を変えて食パンを作成し、物性、食味、栄養に及ぼす影響を調べた。その結果、昆布粉末の添加を増やすと、品質や食味が低下するが、加水量を増やすことで、食パンの品質低下は抑えられ、添加量が10%までであれば、食味も総合的に好まれることが示された。また、昆布粉末は食物繊維やミネラルが豊富に含まれるため、これらの栄養強化が可能であることも示された。

キーワード

昆布粉末 : kelp powder 食パン : bread 物性 : physical characteristics 食味 : taste
栄養 : nutrition

目 次

- 1 背景と目的
- 2 研究方法
- 3 結果及び考察
- 4 結論

1 背景と目的

食物繊維は身体の調子を整えるために必要不可欠な素材である。食物繊維は、整腸作用だけでなく腸内細菌叢を介した自己免疫強化、腸内環境を整えることによる美容・メタボ予防、脳腸相関など様々な機能を持つ¹⁾。テレビ番組や雑誌等で腸内環境について取り上げられる機会が増え、腸内環境を整えることの大切さが多く人に伝わり、腸活への意識も高くなっている。

令和元年の国民健康・栄養調査(厚生労働省調査)では、成人の1日あたりの食物繊維摂取量が男性で19.9g、女性で18.0gである²⁾。前年となる平成30年の同調査では、男性15.3g、女性14.7gであった

ことを考えると、摂取量はかなり増えた³⁾。日本人の食事摂取基準(2020年版)における18~64歳の食物繊維の目標量は、男性21g以上、女性18g以上であることから、目標量に近づいたことになる⁴⁾。

しかし、腸の悩みを抱える人はいまだに多く、食物繊維を手軽に摂取できる製品の必要性は高い。腸内環境が悪くなりがちな高齢者やアスリート向けの製品には食物繊維を配合した製品は多く、一般食品分野においても食物繊維を強化した製品やプロバイオティクスと組み合わせた製品も見受けられる。だが、不規則な日常や食生活の乱れ、ストレスなど腸内環境が悪くなる要因が多いためか、子供、若い世代、働き盛りと、腸の悩みは年齢や環境を問わず増

え、深刻化している。

そこで本報では、毎日のように食卓にのぼる食パンに食物繊維を多く含む食材を添加し、手軽においしく摂取できることを目指して検討を行った。食物繊維を添加したパン製品に関する研究は、数多く報告されているが^{5)~9)}、これらの報告の繊維源は小麦、大麦、大豆、トウモロコシ等が主で、海藻を添加したものは少ない^{10)~11)}。筆者は野菜類に比べて多くの繊維質が含まれ、ミネラル類も豊富な昆布粉末の添加を試みた。この昆布粉末を食パンに添加することによる製パン性やパンの物性、食味に与える影響、さらには栄養成分の強化について検討したので、その結果を報告する。

2 研究方法

2.1 主原料

主原料の小麦粉は市販の強力粉(カメリア・日清製粉)、昆布粉末は、東和食品製の「北海道産真昆布焙煎粉末」を用い、他の材料と混合した。

2.2 パンの調製法

パンの基本的な材料配合は、強力粉 250g、ドライイースト 4g、上白糖 15g、食塩 4.5g、脱脂粉乳 7.5g、ショートニング 5g、蒸留水 200g(対粉 80%)とした。製パン方法は、自動ホームベーカリー(パナソニック製、SD-MB1)を用い、この基本材料配合で焼成されるパンを昆布粉末無添加パンとし、昆布粉末を小麦粉に置換して 12.5g(対粉 5%)、25g(対粉 10%)、37.5g(対粉 15%)を添加したものを、昆布粉末添加パンとした。その際、加水量は、それぞれ対粉 80~110%、90~120%、90~110%の蒸留水を加えた。パンはいずれも同じものを 2 個ずつ作成した。焼成後、パンは 1 時間放冷し、ジッパー付きポリエチレン袋に入れ、翌日各種試験に供した。物性の測定と食味評価を行う際は、スライサー(REMACOM 製)を用いて、パンを 1.6mm 幅で 6 枚にスライスした。

2.3 パンの栄養成分

主原料と材料の栄養成分を、日本食品標準成分表 2020(八訂)で調べ、パン 100g と 1 斤を 6 枚切りにした際の 1 枚あたりの栄養成分量(食物繊維、カルシウム、鉄、ヨウ素)を計算した¹²⁾。パンは食品番号 01025 の「こむぎ、山形食パン」、昆布粉末は

食品番号 09017 の「まこんぶ、素干し乾」を用いた。

2.4 パンの外観、体積、重量、比容積

パンの外観を、デジタルカメラを用いて撮影した。パンの体積は菜種置換法¹³⁾で測定した。パンの重量は焼成後翌日に重量を測定した。パンの比容積はパンの体積/パンの重量として算出した。

2.5 パンの内相、水分測定

パンの内相を、デジタルカメラを用いて撮影した。パン中心部分の細片試料 5g を赤外線水分計(糊ケツト科学 FD-610)で測定した。

2.6 パンの色調測定

パンの内相部を色差計(COLOR METER TES-135A)で L*値、a*値、b*値を測定した。

2.7 物性の測定

パンの中心部(クラム)から縦・横が 30×30 mm を切り出し、クリープメーター(山電糊製、RE-3305)を用いてテクスチャー測定(硬さ・凝集性)を行った。測定条件はプランジャー直径 30mm の円筒型を用い圧縮率 50%、スピード 1mm/s とした。

2.8 食味評価

パネルは管理栄養士専攻 4 年生 20 名とし、パンの中心部から縦・横が 30×30mm を切り出し、供した。昆布粉末無添加パンを基準とし、昆布粉末 5%、10%、15% を添加したパン 3 種類の色、軟らかさ、しっとり感、風味、総合評価の項目について、5 段階評価(+2: とてもよい、+1: よい、±0: 同じ、-1: よくない、-2: とてもよくない)で食味評価を行った。

2.9 統計解析

パンの体積、水分値、物性値は測定値の平均値で示し、食味評価は 5 段階評価による評点の平均値で示した。有意差検定は student's t 検定で行い、有意水準を 5% とした。

3 結果及び考察

3.1 パンの栄養成分

昆布粉末の栄養成分は、実測値ではなく、日本食品成分表 2020（八訂）の「まこんぶ、素干し乾」の成分値を用いた。この昆布粉末を小麦粉に対して 5%、10%、15% 置換して加えた際のパンの栄養成分を、パン 100g と 1 斤を 6 枚切りにした際の 1 枚あたりで計算し、表 1 に示した。昆布粉末の栄養成分の中で、特筆すべき点は、食物繊維（100g あたり 32.1g）、カルシウム（780mg）、鉄（3.2mg）、ヨウ素（200mg）が非常に豊富に含まれていることである。小麦粉を主原料とするパンには、食物繊維やカルシウム、鉄、ヨウ素が少ないため、昆布粉末の添加を多くすることで、これらの栄養素を強化できると考えられる。表 1 から、昆布粉末を 10% 加えた場合、食物繊維は無添加パンの約 2.7 倍、カルシウムは約 5 倍摂取でき、さらに無添加パンではほとんど含まれないヨウ素も多く摂取できることがわかった。

日本人の成人 1 日における食物繊維摂取量は現在、目標とされる 18~21g に近づいているが、目標に達していない人や腸に悩みのある人は、このパン 1 枚で約 3g もの食物繊維の摂取が期待できる。したがって、昆布粉末添加食パンの積極的な利用を推奨したい。

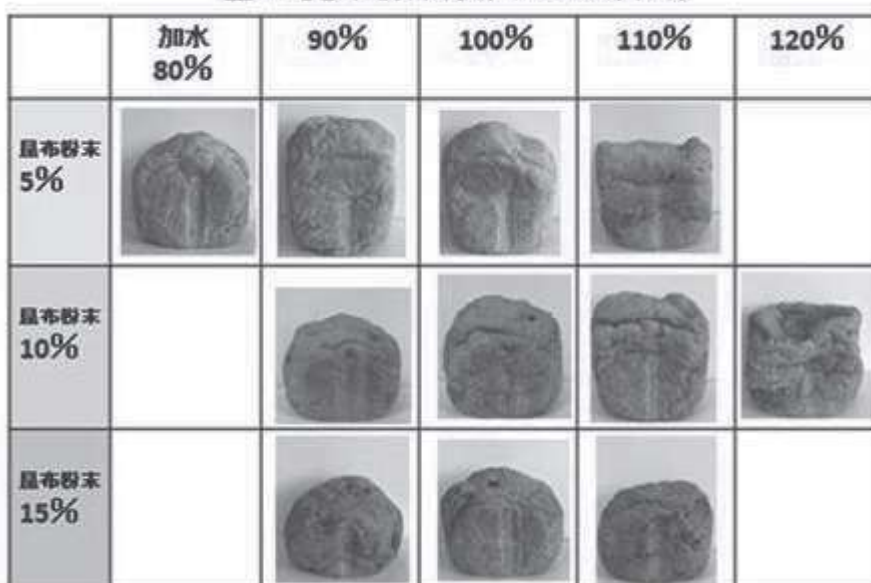
3.2 パンの外観と体積

パンの側面を撮影した外観写真を図 1 に示した。パンの体積、重量、比容積を表 2 に示した。パンの膨らみは、外観と体積測定の結果が示すように、昆布粉末の添加量が 5%、10%、15% と増加するにつれて小さくなった。これは、昆布粉末を添加した分、小麦粉の量が減っているためで、パンの膨らみに関わるグルテン量が少なくなったからである。一方、加水量の違いによって、パンの膨らみに大きな差がみられた。昆布粉末 5% 添加を例にとると、加水 80% でのパン体積は 1318 cm³、加水 90% が最も膨らみ

表1 昆布粉末添加食パン100 g 及び6枚切りに含まれる栄養成分

試料	食物繊維(g)		カルシウム(mg)		鉄(mg)		ヨウ素(mg)	
	100 g	6枚切り	100 g	6枚切り	100 g	6枚切り	100 g	6枚切り
無添加	1.8	1.2	18	12.0	0.6	0.4	1	0.7
昆布粉末5%	3.3	2.2	56	37.4	0.7	0.5	11	7.3
昆布粉末10%	4.8	3.2	94	62.8	0.9	0.6	21	13.9
昆布粉末15%	6.3	4.2	132	88.2	1.0	0.7	31	20.6

図1. 昆布粉末添加パンの外観



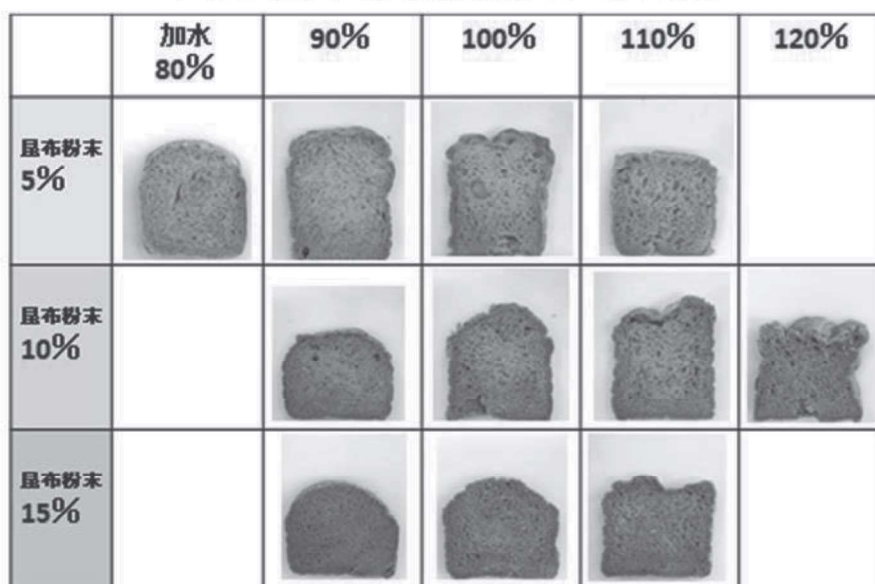
1650 cm³、加水 110%では 1023 cm³となっている。また、昆布粉末 10%添加では、加水 110%が 1323 cm³と最も大きく膨らみ、昆布粉末 15%添加では、加水量 100%の時であった。このことから、昆布粉末の添加量に応じて、適当な加水量を調整する必要があることがわかった。加水量が膨らみに影響を与える要因は、小麦粉と昆布粉末の吸水性の違いである。昆布粉末は食物繊維が多いため、吸水性が小麦粉よりも高い。そのため、加水量が不十分な場合は、生

地内が水分過小となり、グルテン形成が十分にできず膨らまない。逆に、加水量が多すぎると、余分な水分で生地が重くなり、グルテンが支えきれずに凹んでしまったと考えられる。これは 5%添加加水量 110%、10%添加加水量 120%の外観写真、体積からもわかる。

表2 昆布粉末添加パンの体積、重量、比容積

昆布粉末 添加割合(%)	加水量(%)	体積(cm ³)		重量(g)		比容積	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
0	80	1992	11	404	9	4.93	0.13
5	80	1318	15	420	7	3.14	0.08
	90	1650	18	439	8	3.76	0.10
	100	1520	10	451	6	3.37	0.04
	110	1023	23	484	8	2.11	0.01
10	90	850	11	438	5	1.94	0.04
	100	1200	27	460	6	2.61	0.03
	110	1323	11	485	5	2.73	0.01
	120	1050	24	507	6	2.07	0.03
15	90	833	18	454	6	1.83	0.01
	100	1040	10	475	3	2.19	0.03
	110	1025	12	491	7	2.09	0.05

図2. 昆布粉末添加パンの内相



3.3 パンの内相と生地状態

パンの内相写真を図2に示した。パンの生地水分、硬さ、凝集性を表3に示した。パンの生地水分は、加水量に比例して高くなった。しかし、同じ加水量でも昆布粉末の添加量が多いほど生地水分は高くなった。これは、昆布粉末の吸水性によるもので、パン焼成後も水分が保持されやすいと考えられる。

パンの硬さは、パン生地の厚さの50%を圧縮した際にかかる最大応力(N)を測定したものである。昆布粉末の添加量が5%、10%、15%と増加するにつれて応力は大きく、硬くなり、同じ添加量では加水量の違いで大きいものと小さいものがあった。これは、パンの膨らみと生地水分の両方が関係していると考えられる。全体の中で最も応力が小さく、軟らかいパンは、昆布粉末5%加水量90%のパンで、値は0.57(N)であった。このパンの体積は1650 cm³と昆布粉末添加パンの中も最も膨らんでいた。さらに、無添加パン80%加水のもの(体積1992 cm³)と比べても同程度の結果であったのは、生地水分が無添加パンよりも3%多かったことが要因だと推測した。

パンの凝集性は、2回圧縮したときにかかる応力の比を測定したものである。生地組織の強靭性や内部結合力をみる指標となる。昆布粉末の添加量が5%、10%、15%と増加するにつれて凝集性は小さ

くもろくなり、同じ添加量では加水量の違いで大きいものと小さいものがあった。この要因もパンの膨らみが関係していると考えられるが、膨らみがよいということはグルテン形成がしっかり行われ、内部結合力が高いということであり、体積が大きいパン程、凝集性が高くなったと推測した。

3.4 パンの色調

パンの色調は内相のL*値、a*値、b*値を測定し、結果を表4に示した。L*値はパン生地の明度を表し、昆布粉末の添加量が5%、10%、15%と増加するにつれて明度は小さくなった。同じ添加量において加水量の違いによる差はあまりなかった。全体の中では昆布粉末5%添加加水量90%のパンのL*値が65.0と最も高い値を示し、昆布粉末無添加パンの値64.1と同程度であった。a*値はプラスで赤色、マイナスで緑色の強さを表す。無添加パンと昆布粉末添加パンの値は予想に反して、差がない結果となった。b*値はプラスで黄色の強さを表す。昆布粉末の添加量が増加するほど、b*値は高くなった。昆布粉末は黄緑色に近い色のため、添加によってパンのa*値よりもb*値に影響したと考えられる。

表3 昆布粉末添加パンの生地水分、硬さ、凝集性

昆布粉末 添加割合(%)	加水量(%)	生地水分(%)		硬さ(N)		凝集性	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
0	80	49.0	0.3	0.61	0.04	0.82	0.0
5	80	49.5	0.4	1.71	0.16	0.76	0.02
	90	52.0	0.9	0.57	0.05	0.80	0.02
	100	54.0	0.4	0.66	0.06	0.78	0.04
	110	54.5	0.3	1.28	0.11	0.77	0.05
10	90	52.4	0.3	2.65	0.12	0.72	0.02
	100	54.2	0.5	1.16	0.09	0.76	0.03
	110	54.8	0.4	0.79	0.07	0.79	0.05
	120	56.1	0.6	2.02	0.13	0.71	0.02
15	90	52.5	0.3	4.69	0.19	0.53	0.04
	100	54.3	0.3	2.96	0.14	0.74	0.03
	110	56.2	0.8	1.66	0.15	0.72	0.03

3.5 食味評価

昆布粉末無添加パンと昆布粉末を5%、10%、15%添加した3種類のパンを、管理栄養士専攻4年生20名をパネルとして食味評価を行い、結果を表5に示した。昆布粉末を添加したパンは、それぞれの添加量において最も体積が大きくなった加水量のもの、5%添加では加水量90%、10%添加では加水量110%、15%では加水量100%のパンを使用した。評価法は無添加パンを基準とし、色、軟らかさ、しっとり感、風味、総合評価の項目について、5段階評価で食味評価を行った。

昆布粉末5%添加のパンは、「色」「硬さ」「しっと

り感」「風味」「総合評価」のどの項目においても、無添加パンと比べて、+1(よい)に近い評価で、有意に好まれた。昆布粉末10%添加のパンは、「色」「しっとり感」「総合評価」については、評価平均値が0.48~0.83の範囲で有意に好まれたが、「硬さ」「風味」については有意な差はなかった。昆布粉末15%添加のパンでは、「しっとり感」だけが有意に好まれたが、「風味」「総合評価」では、評価平均値が-0.43と-0.57で有意に好まれなかった。

以上の結果から、昆布粉末添加パンでは、添加量を5%とし、なおかつ加水量を90%に増加することで、無添加パン以上に好まれるパンになることがわ

表4 昆布粉末添加パンの色調 (L*値、a*値、b*値)

昆布粉末 添加割合(%)	加水量(%)	L*値		a*値		b*値	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
0	80	64.1	1.4	-2.4	0.5	6.5	0.6
5	80	63.9	2.0	-2.7	0.7	26.2	1.7
	90	65.0	0.6	-3.7	0.5	22.3	2.0
	100	62.8	0.9	-5.0	1.0	19.1	2.8
	110	60.3	0.6	-3.9	0.3	23.7	0.8
10	90	56.3	1.9	-2.1	0.3	28.1	1.7
	100	58.6	1.0	-3.3	0.5	27.6	1.0
	110	57.5	0.4	-2.5	0.4	25.7	0.6
	120	56.9	1.3	-2.5	0.7	29.5	1.3
15	90	54.9	0.9	-3.6	1.1	23.0	1.2
	100	54.3	0.5	-2.6	0.3	31.7	0.5
	110	55.3	1.9	-1.9	0.9	30.8	0.7

表5 昆布粉末添加パンの食味評価

評価項目	添加割合(%)	昆布粉末	昆布粉末	昆布粉末
		5%	10%	15%
色		1.13●	0.57●	-0.09
硬さ		0.83●	0.28	-0.04
しっとり感		0.91●	0.83●	0.52●
風味		0.78●	0.22	-0.43▲
総合評価		0.91●	0.48●	-0.57▲

・数値は、昆布粉末無添加パンを基準(0)とした5段階評価の平均値を示す
 ● : p < 0.05で有意に好まれる ▲ : p < 0.05で有意に好まれない

かった。また、10%添加で加水量を110%にしたパンは、「総合評価」で有意に好まれたが、15%添加では有意に好まれなかったことから、昆布粉末の添加量は、今回の研究から10%までがよいと推察された。

4 結論

昆布粉末の添加割合と加水量を変えて食パンを作成し、品質、食味に及ぼす影響を検討した。また、日本食品標準成分表2020（八訂）を用いて昆布粉末に豊富に含まれる栄養成分を調べ、小麦粉に対して5%、10%、15%を置換して加えたパンの栄養成分量を算出した。これらから、以下の結果が得られた。

1) 昆布粉末の特筆すべき栄養成分は、食物繊維(100gあたり32.1g)、カルシウム(780mg)、鉄(3.2mg)、ヨウ素(200mg)であり、昆布粉末をパンに多く添加することで、これらの栄養素を強化できると考えられる。昆布粉末を10%加えた場合、食物繊維は無添加パンの約2.5倍、カルシウムは約5倍摂取できることがわかった。

2) 昆布粉末を添加したパンの体積は、添加量を増加させると小さくなるが、適当な加水量に調節することで体積の減少は抑えられた。全体の中で最も膨らんだパンは、昆布粉末5%添加、加水量90%のパンで体積は1650 cm³であった。昆布粉末の吸水性が小麦粉よりも高いため、昆布粉末を添加する場合は加水量を増加させる必要がある。

3) パン生地の硬さと凝集性は、昆布粉末の添加量が5%、10%、15%と増加するにつれて硬くなり、凝集性は小さくなった。これらは、パンの膨らみと生地水分が関係していると推察した。全体の中で最も軟らかく、凝集性が大きかったのは、昆布粉末5%加水量90%のパンで、最大応力は0.57 (N)、凝集性は0.80であった。

4) パン生地の色は、昆布粉末の添加量が5%、10%、15%と増加するにつれて、L*値が低く、b*値が高くなったことから、暗く、黄色が強くなった。緑色の指標となるa*値との関連がみられなかったのは、昆布粉末が黄緑色に近い色であったからだと推察した。

5) 食味評価において、昆布粉末添加パンでは、添加量を5%とし、加水量を90%に増加することで、無添加パン以上に好まれるパンになることがわかった。また、10%添加で加水量を110%にしたパンは、「総合評価」で有意に好まれたが、15%添加では有

意に好まれなかったことから、昆布粉末の添加量は、今回の研究から10%までがよいと推察された。

6) 以上より、強力粉に昆布粉末を添加して食パンを作成する際に、加水量を増やすことで、パンの品質低下は抑えられ、食味も10%添加までであれば、総合的に好まれることが示された。また、昆布粉末は食物繊維やミネラルが豊富に含まれるため、食パンに添加することで、これらの栄養強化が可能であることが示された。

引用文献

- 1) 印南敏, 桐山修八編: 食物繊維, 第一出版株式会社, 1995年, 1-5
- 2) 国民健康・栄養研究所: 令和元年度栄養摂取状況調査
- 3) 国民健康・栄養研究所: 平成30年度栄養摂取状況調査
- 4) 厚生労働省: 2020年食事摂取基準の概要
- 5) 大羽和子, 中野淳子: 大豆素材の添加食パンの製パン性、物性および食味特性, 日本家政学会誌, 第47巻1号, 1996年, 21-27
- 6) 貝沼やす子, 新城知美: 焙煎による生おからの性状変化と製パン性の改善効果, 日本調理師科学学会誌, 第42巻5号, 2009年, 285-293
- 7) 館和彦: 加熱処理大豆粉を添加したパンの品質評価, 岐阜女子大学紀要, 第39号, 2010年, 67-72
- 8) 工藤貴子, 名倉秀子, 栗崎純一: 主食へのおからの有効利用—おからを添加した飯、パン、麺の特性と官能評価, 日本食生活学会誌, 第24巻3号, 2013年, 154-161
- 9) 館和彦: 小麦ふすま多量添加食パンの品質に及ぼす加水量の影響, 岐阜女子大学食文化研究, 第3号, 2016年, 9-15
- 10) 奥田弘枝: パンの物理的性状に及ぼす海藻添加の影響, 広島女学院大学論集, 第49巻, 1999年, 79-91
- 11) 山本淳子, 森山三千江: 機能性糖質が海藻パンに及ぼす物理的変化, 日本家政学会研究発表要旨集, 2014年
- 12) 文部科学省: 日本食品標準成分表（八訂）
- 13) 大羽和子, 川島晶子: 調理科学実験, 学建書院, 2003年, 12-13,

(原稿受理年月日: 2022年1月11日)