

へぎそばをはじめとする市販乾麺の抗酸化性の比較調査

Comparative study of antioxidant activity of commercial noodles such as
“Hegisoba”山口 智子^{1*}・金子 桂子¹・常谷 柚里¹・江口 智美²Tomoko YAMAGUCHI^{1*}, Keiko KANEKO¹, Yuri JOUTANI¹ and Satomi EGUCHI²

1. はじめに

米どころである新潟県は、又、そばの食文化も豊かなところである¹⁾。昔から、そば粉は山間部を中心に、ハレ食に日常食にと多彩に使われ、ハレの日には欠かせないごちそうにそば打ちをして、そば切り(そば)が作られていた²⁾。その際に用いられるつなぎとしては、小麦粉、フノリ、ヤマノイモ、オヤマボクチ(山ゴボウの葉)等があり、それらを組み合わせて用いたり、つなぎに何も使わない十割そばを打つなど、地域ごとに様々である^{1,2)}。そして、食べ方においても変化に富んでいる。東蒲原(現、阿賀町)の「高遠そば」は辛味大根のおろし汁に生醤油を入れたものをつけ汁にする、佐渡の「ぜんぞうぼう」はそばに茹でた千切り大根の胡麻和えを載せてだし汁をかけて食べる、山古志では醤油少々に味噌を煮立ててこしたすまし汁をつけて食べる、といったことが記録されている^{1,2)}。さらに、盛りそばの薬味については、全国的にはほとんどが和ワサビであるのに対して、魚沼のふのりそばには和辛子を添える。このように、新潟のそば文化は興味深いものであり、現在、新潟県の名産品としてもっとも知られているのが、ふのりそば(へぎそば)である。一般的なそばと異なり、独特の弾力と喉越しが広く好まれている。その歴史は、献上品ともなった麻織

物に起因している。

へぎそばは、魚沼地方発祥のフノリをつなぎに用いたそばである。小千谷や十日町など魚沼地方は、昔から小千谷縮や越後上布といった麻織物の産地であり、^{おろし}学績み(からむしを細く裂いて糸にする)後、糊付けをしてから織物が織られていた。その糊として用いられていたフノリが、いつ頃からか、そばのつなぎに用いられたのである。「へぎ」という幅30センチ、長さ50センチ程の大きなせいの様な器に盛られることから「へぎそば」と呼ぶ。また、ゆでたそばを手を振りながら水から揚げ、へぎに盛り付ける特有の動作から「手振りそば」とも呼ばれている^{3,4)}。

フノリは紅藻類フノリ科フノリ属の海藻であり、ビタミンやミネラル以外の栄養素はあまり含まない。しかし、豊富に含まれる粘質多糖類は、食物繊維としてコレステロール低下作用、血糖調節作用、抗有害物質作用、整腸作用、降血圧作用などの様々な健康に及ぼす機能が知られている⁵⁾。

現在、へぎそばをはじめとして、フノリを使用したうどんやそうめんも製品化され、多種、販売されている。しかし、フノリを使用した麺の抗酸化性は明らかではない。そこで本研究では、小千谷市を中心に市販されている14種の乾麺の色調、総ポリフェノール量、抗酸化性の比較調査を行ったので報告する。

2016.10.24 受理

¹新潟大学教育学部²山形県立米沢栄養大学健康栄養学部

*連絡先 新潟大学教育学部

2. 実験方法

(1) 試料

試料として用いた乾麺は、フノリを使用したそば8種類、うどん2種類、そうめん1種類を小千谷市内で購入した。また、比較対象として、フノリを使

用していないうどん2種類、そば1種類を小千谷市内および新潟市内で購入した。これら14種類の乾麺の原材料表示は表1に示す通りである。これらの乾麺をミルサー（IFM-800、岩谷産業（株））を用いて粉末化し、測定に供した。

表1 調査した乾麺の原材料表示

種類	試料	原材料名	原材料としての使用*				備考
			そば粉	小麦	米粉	海藻	
うどん	A	小麦粉,米粉,食塩	—	◎	○	—	米粉10%配合
	B	小麦粉,米粉,食塩,椿油,澱粉	—	◎	○	—	米粉10%配合、阿賀町産椿油使用
	C	小麦粉,でん粉,海藻,食塩,醸造酢	—	◎	—	○	
	D	小麦粉,でん粉,米粉,食塩,植物性たん白(小麦由来),海藻,醸造酢	—	◎	○	○	
そば	E	小麦粉,そば粉,海藻,植物性たん白(小麦由来),食塩,醸造酢	○	◎	—	○	
	F	小麦粉,そば粉,米粉,海藻,植物性たん白(小麦由来),食塩,醸造酢	○	◎	○	○	
	G	小麦粉,そば粉,海藻,食塩,着色料(クチナシ)	○	◎	—	○	魚沼産そば使用
	H	そば粉,小麦粉,小麦たん白,海藻,食塩	◎	○	—	○	
	I	そば粉,小麦粉,海藻(布のり),塩	◎	○	—	○	小千谷産そば粉、国産小麦粉使用
	J	小麦粉,そば粉,海藻,食塩,着色料(クチナシ)	○	◎	—	○	
	K	そば粉,小麦粉,海藻,食塩	◎	○	—	○	
	L	そば粉,小麦粉,食塩	◎	○	—	—	雪室貯蔵、魚沼産蕎麦八割使用
	M	そば粉,海藻,小麦粉,食塩	◎	○	—	○	雪室貯蔵、魚沼産蕎麦使用
そうめん	N	小麦粉,海藻,食塩	—	◎	—	○	

*◎:原材料表示の1番目に記載のもの、○:記載のあるもの、—:記載のないもの

(2) 試薬

1,1-ジフェニル-2-ピクリルヒドラジル (DPPH)、フェノール試液（タンパク質測定用）、Tris-HCl緩衝液（pH7.6）はナカライテスク(株)製を使用した。2,2'-アゾビス(2-アミノプロパン)二塩酸塩 (AAPH) および没食子酸は和光純薬工業(株)製を使用した。Fluorescein sodium salt (FL) および6-Hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid (Trolox) はSigma-Aldrich (USA) より購入した。その他の試薬は市販の特級試薬を用いた。

(3) 色調の測定

小型色彩白色度計（NW-11、日本電色工業(株)）を用いて色調（L*,a*,b*値）を測定した。

(4) 総ポリフェノール量の測定

粉末化した試料に90%メタノール溶液を加え、ボルテックスミキサーで1分間攪拌し、5℃で60分間静置した。その後、遠心分離（3000×g、15分）を行い、その上清をMillex-LH0.45μmフィルター（ミリポア（株））でろ過したものを試料溶液とした。

総ポリフェノール量の測定方法は、Folin-Ciocalteu法⁶⁾に準じて行った。試験管に試料溶液200μLと7.5%炭酸ナトリウム溶液800μLを入れ、さらにフェノール試液1mLを加えた。攪拌後、室温で30分間反応させ、分光光度計（UVmini-1240、島津製作所）で765nmの吸光度を測定した。結果は、乾麺100gあたりの総ポリフェノール量を没食子酸当量（μmol GA eq./100g）として算出した。

(5) 抗酸化性の測定

1) DPPHラジカル捕捉活性の測定

前項の総ポリフェノール量の測定と同様に、90%メタノール溶液を用いて試料を抽出したものを試料溶液とした。

DPPHラジカル捕捉活性の測定は、山口ら⁷⁾の方法を一部改変して行った。すなわち、100mM Tris-HCl緩衝液（pH7.6）800μLと試料溶液200μLを遮光した試験管に入れ、250μM DPPH溶液1mLを加えて攪拌した。そして、室温で20分間反応させた後、分光光度計で517nmの吸光度を測定した。結果は、吸光度の変化量より、乾麺100gあたりの

DPPHラジカル捕捉活性をTrolox当量 ($\mu\text{mol Trolox eq./100g}$)として算出した。

2) ペルオキシラジカル捕捉活性の測定^{8,9)}

粉末化した試料にAWA溶液 (アセトン:水:酢酸 = 70:29.5:0.5, v/v/v)を加え、ボルテックスミキサーで1分間攪拌し、5°Cで60分間静置した。その後、遠心分離 (3000 × g, 10分)を行い、その上清を75mMリン酸緩衝液 (pH7.4)で希釈したものを試料溶液とした。活性の低い試料に関しては、窒素ガスを用いて蒸発乾燥させ、適宜濃縮したものを使用した。

96穴マイクロプレートに試料溶液20 μL を入れ、37°Cのウォーターバスで15分間温めた47.85nM FL200 μL と126mM AAPH37.5 μL を順次入れ、蛍光プレートリーダー (SPECTRA max GEMINI XPS, Molecular Devices)で蛍光度を測定した (励起波長485nm, 検出波長535nm)。結果は、乾麺100gあたりのペルオキシラジカル捕捉活性をTrolox当量 (mmol Trolox eq./100g)として算出した。

3. 結果および考察

(1) 色調について

物体の色を表すのに、 $L^*a^*b^*$ 表色系が最も一般的に使用されている。明度を L^* 、色相と彩度を示す色度を a^* 、 b^* で表す。 a^* は赤方向、 $-a^*$ は緑方向、

b^* 値は黄方向、 $-b^*$ は青方向を示し、数値が大きくなるに従って色鮮やかな色になる。この $L^*a^*b^*$ 表色系に基づき測定した乾麺の色調を表2に示す。

うどん (A~D)とそば (E~M)を比較してみると、うどんは L^* 値が90以上の高い値を示し、 b^* 値は15程度の値であった。うどんの主原料は小麦粉であり、白さが明るさに表れていると思われる。4種類のうどんの中では、CとDは L^* 値と a^* 値がやや低い値を示していた。これらは原材料に海藻 (フノリ)を含むうどんであり、肉眼においても麺はやや薄黄緑色を呈していることが認められた。

一方、そばはうどんに比べ L^* 値が低く、76.6~85.7を示していた。また、 a^* 値はうどんとあまり変わらないものが多いが、LとMは a^* 値が他のそばより高く、緑色みが弱いことが伺えた。また、 b^* 値はうどんよりもやや高く、黄色みが強いことが分かった。

製品ごとに原材料やその配合割合が異なり、その違いが色調に影響していると考えられる。これらの原材料表示みると、「そば」の名称が付いていても、主原材料がE, F, G, Jは小麦粉、H, I, K, L, Mはそば粉であった (表1)。また、G, I, L, Mはそば粉の産地にこだわっているものや雪室貯蔵をしたものである。そばのつなぎには、海藻 (フノリ)だけではなく小麦粉や小麦由来のたん白も使用されていた。それぞれのそばの原材料の配合割合は明らかではないが、LとMは主原材料がそば粉であり、他

表2 乾麺の色調

種類	試料	L^*	a^*	b^*
うどん	A	93.8 ± 0.1	-5.2 ± 0.1	15.7 ± 0.1
	B	93.1 ± 1.0	-4.9 ± 0.3	15.3 ± 0.9
	C	91.9 ± 0.4	-6.2 ± 0.1	15.8 ± 0.4
	D	91.7 ± 0.3	-5.7 ± 0.1	15.8 ± 0.3
そば	E	84.5 ± 0.4	-5.3 ± 0.1	18.2 ± 0.4
	F	84.2 ± 0.3	-4.9 ± 0.1	16.8 ± 0.4
	G	82.4 ± 0.5	-5.9 ± 0.1	16.3 ± 0.3
	H	85.7 ± 0.2	-6.1 ± 0.1	14.3 ± 0.1
	I	80.0 ± 0.5	-5.2 ± 0.2	18.3 ± 0.6
	J	79.1 ± 0.3	-5.8 ± 0.2	17.1 ± 0.4
	K	77.6 ± 0.1	-4.3 ± 0.0	19.1 ± 0.1
	L	76.6 ± 0.0	-1.6 ± 0.0	19.2 ± 0.0
	M	78.5 ± 0.0	-3.2 ± 0.0	18.3 ± 0.1
そうめん	N	86.2 ± 0.2	-7.9 ± 0.0	16.1 ± 0.3

のそばとの色調の違いが肉眼でも認められた。これらは、雪室貯蔵した玄そばをそば殻も丸ごと石臼挽きしたそば粉を使用した同一メーカーのそばであり、製粉方法が麺の色調に赤みを与えるとともに、明度の低さに影響していると考えられる。さらに、LとMにおいて、フノリの使用の影響をみてみると、フノリを使用したそばMの方が、フノリを使用していない通常のそばLよりもややL*値が高く、a*値とb*値が低い。すなわち、そばMではフノリの緑色が現れていると言える。そうめんNは、すべての乾麺の中で最もa*値がマイナスの値を示し、肉眼においても淡い黄緑色が認められた。フノリは赤褐色の海藻であるが、銅鍋で煮ることで緑色に変化し、フノリを使用している麺が薄い黄緑色を呈することに繋がっている。この色調がへぎそばの一つの特徴である。

(2) 総ポリフェノール量について

総ポリフェノール量の測定結果を図1に示す。総ポリフェノール量は86.7～397.8 $\mu\text{mol GA eq./100g}$ で、麺により異なる値を示した。そばの代表的なポリフェノールとして血圧降下作用を持つルチンが知られている¹⁰⁾。また、ルチン以外にもフラボノイドやプロアントシアニジン、カテキン類といったポリフェノール類が含まれている¹¹⁾。そばの中でもLとMが高い値を示したが、これらは原材料に玄そばが用いられている。鈴木らは¹²⁾そば殻とそば粉を

比較し、そば殻の方がそば粉より総ポリフェノール量およびルチン含量とともに約4倍多いことを報告している。玄そばはそば殻も含めて製粉されたそば粉であり、本研究で用いたLとMにおいてもそば殻に由来するポリフェノールが豊富であるため高い値を示したと考えられる。Gも玄そばが使われていたが、主材料がそば粉ではなく小麦粉であるため、それほど高い値ではなかったと思われる。IとJは同じメーカーのそばであるが、そば粉が主材料のIの方が、小麦粉が主材料であるJより、総ポリフェノール量が高かった。小麦粉に含まれる主要なポリフェノール類としてはフェルラ酸が知られており¹³⁾、特に、小麦の外皮中のアリューロン層に多く含まれることが報告されている。

(3) DPPHラジカル捕捉活性について

DPPHラジカル捕捉活性の結果を図2に示す。DPPHラジカル捕捉活性は27.4～255.7 $\mu\text{mol Trolox eq./100g}$ であった。そうめんNの活性が最も低く、うどんも全体的に低い活性を示した。それに対し、そばは製品によりばらつきはあるものの比較的高い値を示していた。小麦粉の主要なポリフェノールであるフェルラ酸より、そばの主要なポリフェノールであるルチンの方が抗酸化性が高いことが分かっている。したがって、そばの高いラジカル捕捉活性はそばに含まれるルチンによるものであると考えられる。特に、総ポリフェノール量の高かったLとMが

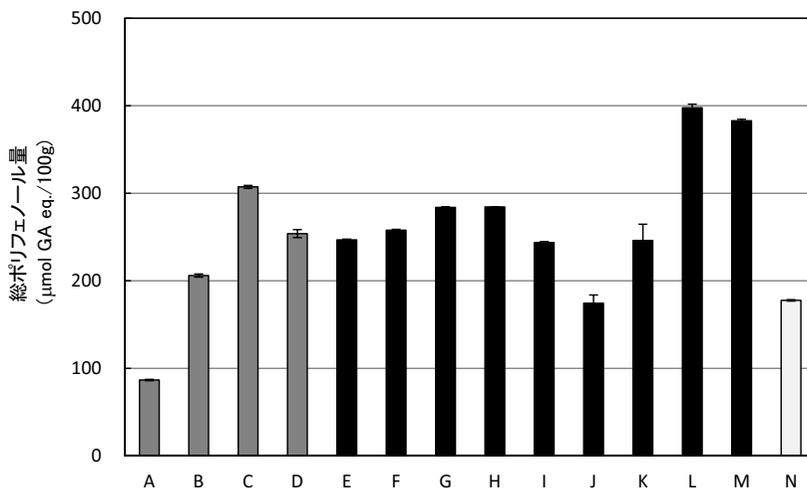


図1 乾麺の総ポリフェノール量

高いラジカル捕捉活性を示していた。また、総ポリフェノール量の結果と同様に、同じメーカーのそばであるIとJでは、そば粉を主材料とするIの方が小麦粉を主材料とするJよりラジカル捕捉活性も高く、その相違は約3倍であった。

(4) ペルオキシラジカル捕捉活性について

ペルオキシラジカル捕捉活性の結果を図3に示す。うどんではペルオキシラジカル捕捉活性はかなり低く、そうめんNでも比較的低い活性であった。一方、総ポリフェノール量およびDPPHラジカル捕

捉活性の高かったLとMは、ペルオキシラジカル捕捉活性においても高い値を示していた。

(5) 総ポリフェノール量と抗酸化性の相関関係

上記の測定結果をもとに、総ポリフェノール量と抗酸化性の相関関係を図4～6に示す。総ポリフェノール量とDPPHラジカル捕捉活性の相関性は、市販乾麺全体においては相関係数 $r = 0.705$ であり、かなり高い相関がみられた(図4)。そばのみでは $r = 0.848$ となり、市販乾麺全体よりも高い相関であった。総ポリフェノール量とペルオキシラジカル捕

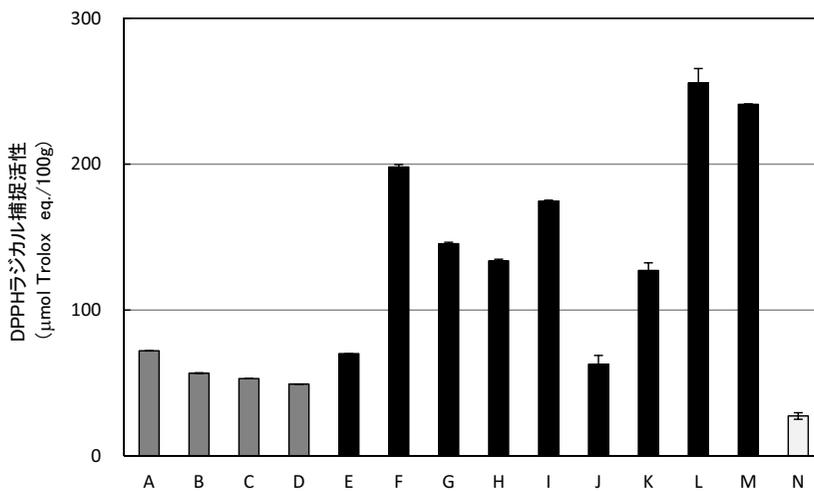


図2 乾麺のDPPHラジカル捕捉活性

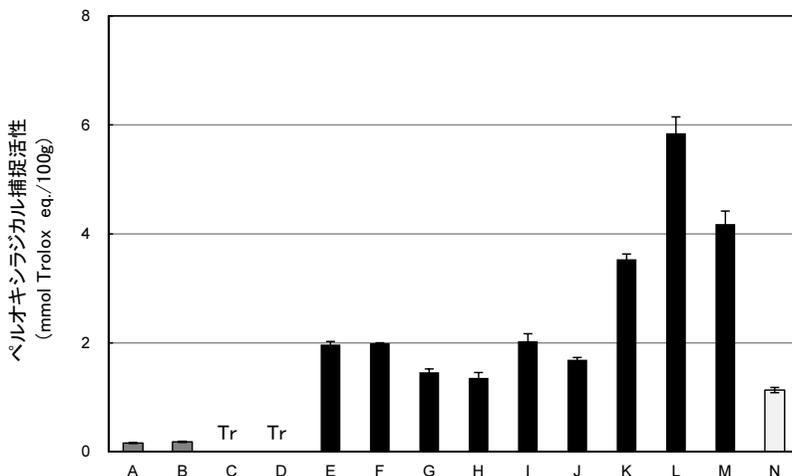


図3 乾麺のペルオキシラジカル捕捉活性

活性では相関係数は $r=0.819$ であり、DPPHラジカル捕捉活性よりさらに高い相関がみられた(図5)。また、DPPHラジカル捕捉活性とペルオキシラジカル捕捉活性でも高い相関($r=0.777$)がみられた(図6)。

先にも述べたように、そばに含まれる主なポリフェノールはルチンであり、ルチンは高い抗酸化性をもつ成分である。そば粉の使用量の多いものや玄そばの使用が総ポリフェノール量と抗酸化性の高さに影響していると考えられる。さらに、雪室での貯蔵も影響しているのではないと思われる。雪室は雪の冷気を利用した貯蔵法であり、室内の温度 0°C 、湿度90%以上の一定した状態である。光や乾燥による影響が少ない環境での貯蔵が可能であり、鮮度を保ち美味しさを向上させると言われている。雪室で貯蔵したコーヒーの呈味の向上やじゃがいもの糖度の増加などが起こることが分かっており¹⁴⁾、雪室での貯蔵中にそばのルチンやその他の成分の変化が起こるのではないかと考えられる。

各そばでのフノリの配合割合は明らかではないが、同じメーカーのそばLとMにおいて、フノリの使用の有無と結果との関係をもてみると、フノリを使用していないLの方がフノリを使用しているMよりも総ポリフェノール量も抗酸化性も高い値を示していた。フノリはDPPHラジカル捕捉活性をもつが、それほど高い活性を示さない。したがって、フノリを使用していないLの方が100g当たりのルチン含量が多くなるため、総ポリフェノール量と抗酸化性が高いと言える。

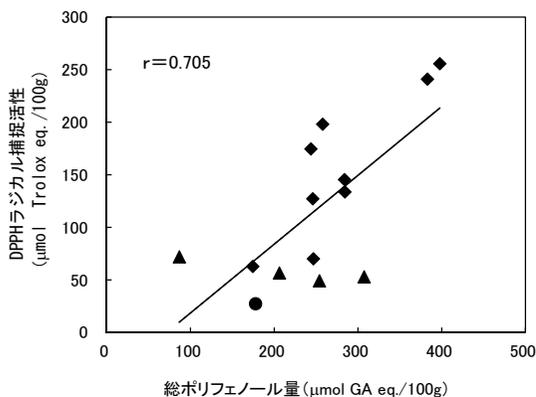


図4 総ポリフェノール量とDPPHラジカル捕捉活性の相関性

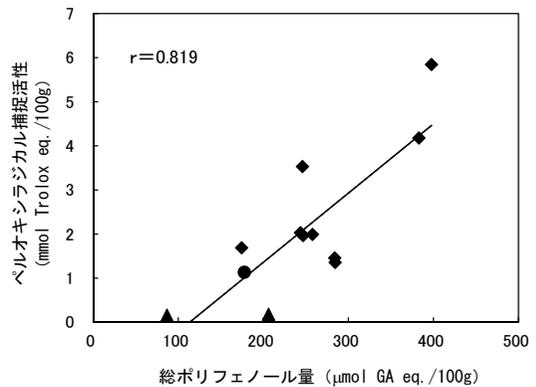


図5 総ポリフェノール量とペルオキシラジカル捕捉活性の相関性

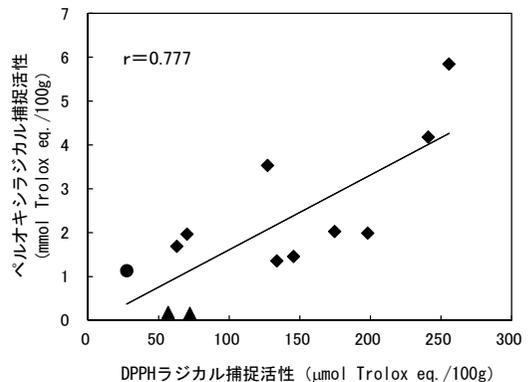


図6 DPPHラジカル捕捉活性とペルオキシラジカル捕捉活性の相関性

4. まとめ

小千谷市を中心に市販されているへぎそばをはじめとする14種の乾麺の色調、総ポリフェノール量および抗酸化性(DPPHラジカル捕捉活性、ペルオキシラジカル捕捉活性)の比較調査を行った。

うどんとそばの色調を比較してみると、そばはうどんより L^* 値が低く、 a^* 値はうどんとほぼ同等、 b^* 値はやや高かった。すべての乾麺にポリフェノール類の含有が認められ、特に玄そばを使用したそばの総ポリフェノール量が高かった。抗酸化性は、うどんやそうめんよりそばの方が全体的に高く、総ポリフェノール量と抗酸化性には高い相関がみられた。製品ごとの原材料やその配合割合の詳細は不明であるが、フノリや玄そばの使用が色調や総ポリフェノール量および抗酸化性に影響していることが

分かった。

その中で、そばへのフノリの使用により抗酸化性は若干低くなることが示唆されたが、食物繊維としての健康面への効果が期待される。そして、へぎそばの最大の特徴とされるコシの強さと歯ざわりの良さ（しなやかさ）はフノリに由来するものであり、今後、へぎそばの物性に関して美味しさと関連を明らかにすることが必要である。

本研究は、JSPS 科研費（15K00778）の助成を受けて実施したものである。

参考文献

- (1) 本間伸夫：『食は新潟にあり－新潟の風土・食・食文化－』，新潟日事業社，p18-21 (2008)
- (2) 「日本の食生活全集 新潟」編集委員会：『聞き書 新潟の食事』，農山漁村文化協会 (2008)
- (3) 小千谷名物へぎそば わたや <http://www.watayasoba.co.jp/know.html>
- (4) 小嶋屋 総本舗 <http://www.kojimaya.co.jp/kodawari/tsukuri.html>
- (5) 大石圭一編：『海藻の科学』，朝倉書店 (2003)
- (6) V. L. Singleton, J. A. Rossi, Jr. : Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagent, *Am. J. Enol. Vitic.*, 16 (3), 144-158 (1965)
- (7) T. Yamaguchi, H. Takamura, T. Matoba, and J. Terao : HPLC method for evaluation of the free radical-scavenging activity of foods by using 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 62 (6), 1201- 1204 (1998)
- (8) 沖智之, 竹林純, 山崎光司：抗酸化能評価法 (2) ORAC 法，『食品機能性評価マニュアル集第Ⅱ集』，79-86, (社) 日本食品科学工学会「食品機能性評価センター」編 (2008)
- (9) R. L. Prior, H. Hoang, L. Gu, X. Wu, M. Bacchiocca, L. Howard, M. Hampsch-Woodill, D. Huang, B. Ou, and R. Jacob : Assays for Hydrophilic and Lipophilic Antioxidant Capacity (oxygen radical absorbance capacity (ORACFL)) of Plasma and Other Biological and Food Samples, *J. Agric. Food Chem.*, 51 (11), 3273-3279 (2003)
- (10) Y. Matsubara, H. Kumamoto, Y. Iizuka, T. Murakami, K. Okamoto, H. Miyake and K. Yokoi, *Agric. Biol. Chem.*, 49, 909 (1985)
- (11) 酒井重男：最近の天然抗酸化物質の開発と現状 (その1)，月刊フードケミカル，40-45 (1999)
- (12) 鈴木公一, ハッ橋奏, 中村太一, 福田豪, 阿部申, 萩原博和：そばの保存にともなう化学発光量の変化と品質劣化の推定，日本食品保蔵科学会誌 29 (5), 291-296 (2003)
- (13) V. Pussayanawin and D. L. Wetzel : Highperformance liquid chromatography determination of ferulic acid in wheat milling fractions as a measure of bran contamination, *J. Chromatogr.*, 391, 243-255 (1987)
- (14) 曾根英行, 押味真里菜, 伊藤美咲：雪室貯蔵によるコーヒー豆の香気成分の変化について (雪室を再現したモデル実験による検討)，微量栄養素研究，31, 12-16 (2014)