

うどんの物性と組織構造に及ぼす海洋深層水の影響

森岡克司[§], 延近愛子, 亀井美希, 川越雄介,
伊藤慶明, 久保田賢, 深見公雄*

高知大学農学部水産利用学研究室

* 高知大学大学院黒潮圏海洋科学研究科

The Effect of Deep Sea Water on Textural Properties and Microstructure of Japanese Noodle (Udon)

Katsuji Morioka[§], Aiko Nobuchika, Miki Kamei, Yuusuke Kawagoe,
Yoshiaki Itoh, Satoshi Kubota and Kimio Fukami*

Laboratory of Aquatic Product Utilization, Faculty of Agriculture, Kochi University,
Monobe B-200, Nankoku-shi, Kochi 783-8502

* Graduate School of Kuroshio Science, Kochi University,
Monobe B-200, Nankoku-shi, Kochi 783-8502

In order to clarify the effect of deep sea water on the texture of Japanese noodles (Udon), two kinds of Udon with or without deep sea water were prepared (DSW : deep sea water was added to flour in the ratio 39 : 100, Control : 2.5% NaCl solution was used instead of deep sea water). Physical properties and microstructure of both noodles were compared after boiling for 12 min. Both tensile strength and elongation of DSW were significantly higher than those of Control. This result suggested that an addition of deep sea water positively contributes to the textural properties of Udon. A natural scanning electron micrographic observation of DSW showed finer network than that of Control. Udon prepared with 2.5% NaCl solution containing 0.04% Ca and 0.04% K showed almost same value in tensile strength and elongation as DSW, suggesting that Ca and K play a major role in the effect of deep sea water.

(Received Nov. 1, 2004 ; Accepted Jun. 20, 2005)

海洋深層水は、表層海水に比べて低温安定性、富栄養性、清浄性、ミネラル特性、水質安定性などの特徴を持っていることが明らかとなり、その特徴を利用して、エネルギー、水産、食品、化粧品、医療などの分野では実用化されている例が多数見られるようになってきている¹⁾。しかし、海洋深層水の利用がここ数年で急速に広がったのに対し、その効果がどのような機構で現れるのかについては科学的には十分に解明されていないのが現状である。

うどんは、小麦粉に食塩と水を加えて作られる伝統的な食品である。このうどん類に関しても最近“海洋深層水入り”などと称した製品が多数販売されており、食感が改善される、味が良くなるなどといわれているが、詳細は不明である。

うどんなどの麺類の食味は、歯ごたえ、歯ざわり、舌ざわり、のど通りなどの言葉で代表される、粘弾性・表面の

状態などの物理的性質の影響が大きいといわれている²⁾³⁾。そこで本研究では、うどんの物性への海洋深層水の影響を明らかにする目的で、実際に海洋深層水を添加してうどんを調製し、その物性を調べるとともに低真空走査型顕微鏡による組織構造の観察を行った。

実験方法

1. 成分分析

水分を常圧加熱乾燥法⁴⁾、灰分を直接灰化法⁵⁾、タンパク質をセミマイクロケルダール法⁶⁾により測定した。

2. 物性測定

三木ら⁷⁾の方法に準じて、サンレオメーター (Type CR-200D, (株)サン科学) を用いて、うどん試料 (約3cm) を長さ2cmになるようにプランジャー (引っ張りチャック付き) ではさみ、引っ張り速度30mm/minで引っ張り、試料が破断したときの強度 (kg) 及び長さ (cm) を測定した。得られた破断強度を麺の断面積で除したものを引っ張り強度 (kg/cm²) とし、破断するまでに麺の伸びた長さを

〒783-8502 南国市物部乙 200

* 〒783-8502 南国市物部乙 200

§ 連絡先 (corresponding author), morioka@cc.kochi-u.ac.jp

Table 1 Cation composition of salt solution used for preparation of Udon

Type of salt solution	Na 1.0%	Mg 0.1%	Ca 0.04%	K 0.04%
2.5% NaCl solution (Control)	○			
Control (pH 7.6)	○			
Control+Mg (0.1%) (pH 7.6)	○	○		
Control+Ca (0.04%) (pH 7.6)	○		○	
Control+K (0.04%) (pH 7.6)	○			○
Control+Ca, K (pH 7.6)	○		○	○
Control+Mg, Ca, K (pH 7.6)	○	○	○	○

Table 2 Effect of deep seawater(DSW) on textural properties of Udon

Type of salt solution	Tensile strength* (kg/cm ²)	Elongation*
2.5% NaCl solution (Control)	0.398±0.022	1.34±0.24
DSW	0.435±0.021	1.74±0.21
Control (pH 7.6)	0.413±0.018	1.40±0.25
Control+Mg (0.1%) (pH 7.6)	0.407±0.013	1.40±0.17
Control+Ca (0.04%) (pH 7.6)	0.429±0.019	1.54±0.22
Control+K (0.04%) (pH 7.6)	0.426±0.020	1.52±0.17
Control+Ca, K (pH 7.6)	0.449±0.013	1.73±0.29
Control+Mg, Ca, K (pH 7.6)	0.423±0.026	1.69±0.24

*, Mean±SD (n=20)

引っ張り前の麺の長さ2cmで除したものを伸びとした。

3. 微細構造の観察

前報⁸⁾に従って、うどん試料を手術用メスで厚さ1mmに切断し、その切断面を低真空走査型電子顕微鏡(N-SEM, HITACHI S-2380N)を用いて、加速電圧15kV、真空度3~10pa、試料ステージ温度-10°Cで観察した。また一部の試料については、児島ら⁹⁾の方法に準じて α -アミラーゼ処理した後、N-SEMにより組織構造を観察した。なお、うどんの横断面の組織構造については、部位により異なることが木村ら¹⁰⁾により報告されているので、組織観察に際しては、うどんの横断面の同じ部位(表面と中央部の中間部分)を観察・比較した。

4. 深層水添加うどんの調製

小麦粉1kg(麵用中力粉-日清製粉社製)に対して高知県海洋深層水研究所の取水施設より入手した海洋深層水または表層海水を390mlの割合で加え、混練型ミキサー(大正電気社製)を用いて室温で15分間混合後、一つにまとめてビニール袋に包み、生地を約20°Cで1時間ねかせた。この生地を厚さ1.8mmに家庭用製麺機(インペリア社製SP-150)により圧延した後、幅4.5mm、長さ300mmの麺線とし、ラップで包んで冷蔵庫で24時間保存した。この麺線を10倍量の沸騰した脱イオン水中で12分間加熱後、直ちに水道水で1分間冷却し、表面の水分をふき取ったものを物性の測定及び微細構造の観察に供試した。物性の測定は、冷却後、30分以内に行い、1回の測定で10本の麺線を供した。なお、DSWの代わりに2.5%NaCl溶液を同量加えて調製したうどんを対照とした。また、海洋深層水に含まれる主要陽イオンがうどん物性に及ぼす影響を調べる場合、川北ら¹¹⁾が高知県海洋深層水研究所の取水施設より入手した海洋深層水及び表層海水の特性を分析したデータ(Na1.0%, Mg0.133%, Ca426mg/L, K419mg/L)を参考にして、マグネシウム(Mg²⁺)の場合は濃度が0.1%, カルシウム(Ca²⁺)の場合は0.04%, カリウム(K⁺)の場合は0.04%になるように塩化物として2.5%NaCl溶液に加えたものを製麺用水として用いた(Table 1)

実験結果および考察

1. うどんの物性と微細構造に及ぼす海洋深層水の影響

海洋深層水以外の原材料や製造条件を同一にしてうどんを調製し、物性の測定及びN-SEMによる微細構造の観察を行い、海洋深層水がうどんの物性に及ぼす影響を検討した。うどんの物性に及ぼす海洋深層水の影響をTable 2に示した。DSWの引っ張り強度は0.435kg/cm²となり、Controlの0.398kg/cm²に比べて有意に高かった($p < 0.01$)。また、DSWの伸びも1.74となり、Controlの伸び1.40に比べて有意に高くなった($p < 0.01$)。このことは、海洋深層水がうどんの物性増強に寄与することを示している。

うどんの物性には、麵中のグルテンやデンプンなどの組織構造が関係している⁹⁾¹⁰⁾¹²⁾。児島ら⁹⁾は酵素処理法により麵中のグルテンの組織構造を走査型電子顕微鏡法で観察し、手延べ麺と機械麺ではグルテンの組織構造に明らかな差異が認められ、この組織構造の違いがゆで麺の引っ張りによる物性値の相違に大きく影響しているものと推察した。また、木村ら¹⁰⁾は麵中のデンプンの存在形態をクライオ走査電子顕微鏡法で観察し、うどんの硬さは澱粉粒の膨潤の程度と密接に関係することを報告した。著者ら⁸⁾は最近市販かまぼこの物性と低真空走査型電子顕微鏡(N-SEM)観察による微細構造の間に一定の関係があることを明らかにし、N-SEMがかまぼこの構造観察に有効な手段となることを報告した。そこで、うどんについてもN-SEMによる微細構造の観察を試みた。

加熱前では、DSW、Controlともにデンプン粒と思われる大小多数の粒子が観察されたが、両試料間に差は見られなかった。また12分加熱後の試料では、両試料とも加熱前に見られた粒状物は見られなく、全体的に均一な断面であり、両試料間に差は見られなかった(データは省略)。児島ら⁹⁾は、試料を α -アミラーゼ処理によって澱粉粒の一部を除去することで、麵類のグルテン組織が観察できることを報告している。そこで、児島らの方法⁹⁾に準じて、ゆで麺を酵素処理した試料について、N-SEMにより観察した。Fig.

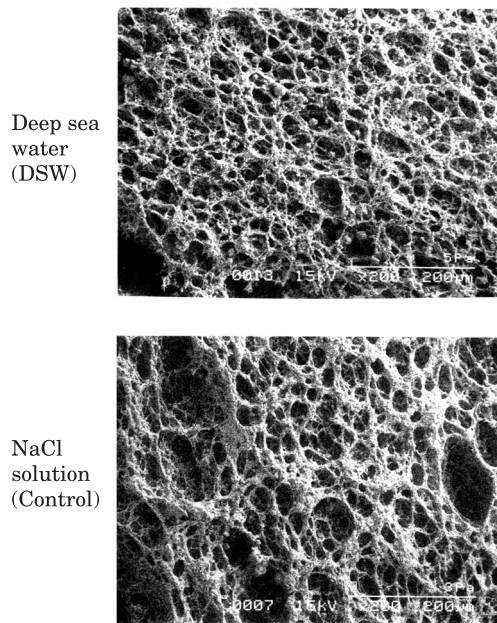


Fig. 1 Microstructures of Japanese noodles (Udon) prepared with or without deep sea water

A small block was cut from the Udon sample with a dissecting blade. The sample was mounted on copper sample holder with adhesive of vinyl acetate and examined by using a Hitachi S-2380N scanning electron microscope operated up to 15 kV.

1に示したようにDSW, Controlとも α -アミラーゼ処理で澱粉を一部除去することで、グルテンによるものと思われる3次元網状構造が観察された。また、DSWでは、全体的にControlより緻密な網状構造をしており、このことがDSWとControlの物性値における差の要因であるものと推察した。

以上の結果より、海洋深層水は、うどんの物性の向上に寄与するものと推察した。今回、深層水入りうどんと比較対照としたうどんは、製麺の副原料として必要とされるNaClの添加量が同一になるように調製した。したがって深層水添加うどんには、マグネシウム (Mg^{2+})、カルシウム (Ca^{2+})、カリウム (K^+) などの元素やその他の微量元素、硫酸イオン、硝酸イオンなどが含まれていると考えられる。麺調製時に Ca^{2+} や Mg^{2+} を含む硬度の高い水を使用するとゆで麺がやや硬くなる傾向があるといわれている¹³⁾。海洋深層水の効果についてもこのようなNaCl以外の Ca^{2+} や Mg^{2+} などの主要元素による可能性が示唆される。そこで海洋深層水に含まれるナトリウム (Na^+) 以外の Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ などの主要な陽イオンの添加がうどんの物性に及ぼす影響を検討した。

2. 海洋深層水に含まれる主要陽イオンがうどんの物性に及ぼす影響

Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ などの主要な陽イオンを海洋深層水に含まれる量と等しくなるよう食塩水に添加した後、0.1 M

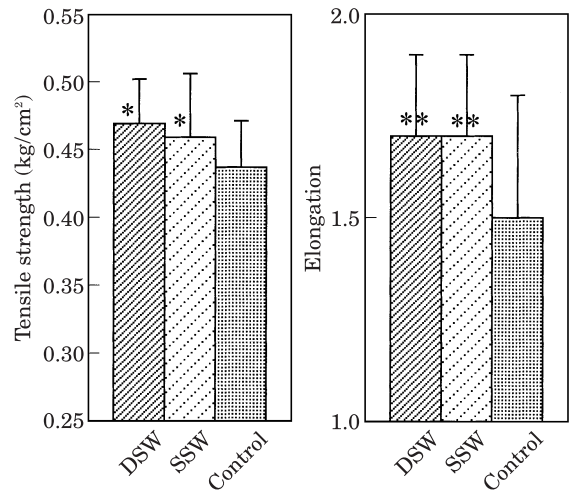


Fig. 2 Tensile strength and elongation of Japanese noodles (Udon) prepared with deep sea water or surface sea water

DSW : Udon prepared with deep sea water.

SSW : Udon prepared with surface sea water.

Control : Udon prepared with 2.5% NaCl solution.

*** : No significant difference in tensile strength and elongation was found between DSW and SSW.

NaOH 溶液により pH を海洋深層水と同様、弱アルカリ性 (約 7.6) に調整したものを、小麦粉に加え、生うどんを調製した。なお、各陽イオンは、塩化物として添加した (Mg^{2+} : 0.1%, Ca^{2+} : 0.04%, K^+ : 0.04%, Table 1)。各うどんの物性値を Table 2 に示した。 Mg^{2+} を添加したうどんでは、引っ張り強度・伸びとも Control と有意差は認められなかった ($p > 0.05$)。 Ca^{2+} もしくは K^+ 添加により、引っ張り強度・伸びとも Control より有意 ($p < 0.01$) に増加したが、DSW に比べて、引っ張り強度は若干低く、伸びは有意 ($p < 0.01$) に低かった。一方、 Ca^{2+} と K^+ を添加したうどんでは、伸びは DSW 添加うどんに匹敵し、引っ張り強度は若干高くなった。また Mg^{2+} , Ca^{2+} 及び K^+ の三者を加えたうどんでは、引っ張り強度・伸びとも DSW 添加うどんと有意差が認められなかった ($p > 0.05$)。これらの結果から、DSW の効果は、含まれる主要な元素、特に Ca^{2+} と K^+ に起因することが示唆された。一方、これらの元素は、表層海水にも含まれることから、海洋深層水に特異的ではなく、海水としての性質によるものと推察される。そこで、室戸岬沿岸で取水した表層海水 (SSW) を用いてうどんを調製したところ、引っ張り強度・伸びともに DSW 添加うどんと有意な差は認められなかった ($p > 0.05$)。 (Fig. 2)

海洋深層水は、低温安定性、富栄養性、熟成性、ミネラル特性、清浄性などの特性を有しており、これらのうち、食品への利用については、特にミネラル特性、清浄性が重要視される。うどんの物性への深層水の効果については、海水としての性質に起因するものと推察されたが、食品と

しての利用を考えた場合、沿岸表層海水に比べて清浄性を持ち、性質も安定している海洋深層水の利用は、有効であるものと考えられる。今回は海洋深層水自身をうどん製造に用いたため、結果として小麦粉に対する NaCl の割合が 1% と、一般にうどんに用いられる食塩の割合 3~4% に比べて低い条件でその効果を比較した。今後、濃縮深層水もしくは深層水塩をうどん製造に用いた場合の効果についても解明する必要がある。

要 約

うどんの物性に及ぼす海洋深層水の影響 (DSW) を検討した。

- (1) DSW 及び DSW の代わりに 2.5% 食塩水を小麦粉 (麺用中力粉) 1 kg に対し、390 ml 添加して 2 種類のうどんを調製し、物性測定と N-SEM 観察を行ったところ、物性では、DSW 添加うどんの方が、食塩水添加うどんに比べ強度、伸び共に高い値を示した。N-SEM 観察では、食塩水添加うどんに比べ、DSW 添加うどんの組織構が密であった。
- (2) 2.5% 食塩水に DSW に含まれる主要陽イオン (Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^{+}) を加えてうどんを調製したところ、 Ca^{2+} と K^{+} をともに加えたうどんでは、強度及び伸びともに DSW 添加うどんに匹敵した。

以上の結果より、DSW はうどんの微細構造を密にすることにより、物性の向上に寄与し、その効果は、海水中に含まれる主要な元素、特に Ca^{2+} と K^{+} に由来するもの推察した。

謝 辞

本研究は、高知大学 21 世紀地域振興学術プロジェクト (海洋深層水の科学的特性とその効率的有効利用に対する機能の解明、平成 12-14 年度) 及び平成 13-14 年度 高知

大学教育改善推進費 (学長裁量経費：海洋深層水の科学的特性把握ならびに新たな有効利用法の探索とその問題点の解明) の補助により行われたものであり、ここに記して謝意を表す。

文 献

- 1) 中島敏光, 海洋深層水の利用, (緑書房, 東京), pp. 1-263 (2002).
 - 2) 柴田勝久, 食品の物性 (第 5 集), 食品資材研究会, 東京, pp. 169-182 (1979).
 - 3) 三木英三, 福井義明, めん類に関する研究 II, 香川大学農学部学術報告, **26**, 142-150 (1975).
 - 4) 堤 忠一, 食品分析法 (日本食品工業学会食品分析法編集委員会編), (光琳, 東京), pp. 4-7 (1992).
 - 5) 小泉英夫, 堤 忠一, 食品分析法 (日本食品工業学会食品分析法編集委員会編), (光琳, 東京), pp. 241-250 (1992).
 - 6) 吉中礼二, 佐藤 守, 水産化学実験法, (恒星社厚生閣), 東京, pp. 39-44 (1992).
 - 7) 三木英三, 福井義明, 山野善正, めんのレオロジーの性質に及ぼす小麦粉生地のおかしの影響, 日食工誌, **29**, 168-174 (1982).
 - 8) 森岡克司, Mohammed Ismail Hossain, 松井武史, 久保田賢, 伊藤慶明, 市販かまぼこの物性と低真空走査型電子顕微鏡観察による微細構造の比較, 食科工, **49**, 447-453 (1982).
 - 9) 児島雅博, 村瀬 誠, 戸谷精一, 杉本勝之, 手延べ麺と機械麺の走査型電子顕微鏡観察, 日食工誌, **39**, 471-476 (1992).
 - 10) 木村利昭, 藤原正弘, 小川敬子, 藤野良子, 相良康重, 神武正信, 井筒 雅, 中島一郎, 走査電子顕微鏡による茹でうどんの構造観察, 農化, **70**, 1343-1350 (1996).
 - 11) 川北浩久, 田村光政, 澤村淳二, 上野愛理, 山口光明, 上野幸徳, 岡村雄吾, 海洋深層水利用のための基礎調査 (第 2 報), 高知県工業技術センター研究報告, **26**, 8-12 (1995).
 - 12) 児島雅博, 外川達秋, 村瀬 誠, 戸谷精一, 杉本勝之, 麺の組織構造と物性に及ぼす加水量及び食塩量の影響, 食科工, **42**, 899-906 (1995).
 - 13) 今井 徹, 小麦の科学 (長尾精一編), (朝倉書店, 東京), pp. 149-165 (1995).
- (平成 16 年 11 月 1 日受付, 平成 17 年 6 月 20 日受理)