



讃岐うどん—その美味しさ

三木英三 Eizou MIKI

うどんの産地は日本各地にあるが、香川県下で製造されている讃岐うどんが原料小麦粉の品質はそれほど変わらないのに「腰」があって美味しいと名声を得ている。この「腰」の秘密をうどん製造技術と食形態の面から食品科学的に紹介する。

はじめに

うどん（饅飩）の原形は唐の唐菓子で、奈良時代に日本へ伝わったとの説がある。しかし、現在のうどんは素麺の元祖である「索餅」と山梨県特産のほうとうの元祖である「饂飩」の両技法を使って作られたと考えられている¹⁾。「うどん」という言葉は室町時代から使われだしたようである。

香川県は少雨で日照が多く、小麦の適作地であり、また塩田が発達していたことがうどん作りの盛んになった理由らしい。図1に天ザルとぶっ掛けうどんを示した。

うどんは生麺、乾麺、茹麺及び冷凍麺に分類される。原料は小麦粉、食塩と水のみであり、その製造工程は図2に示したように単純である。しかし、美味しいう



図1 天ザルうどん（左）とぶっ掛けうどん（右）

みき・えいぞう

香川大学農学部 教授、博士（農学）
〔経歴〕1968年香川大学農学部農芸化学科卒業、同年香川大学農学部助手、助教授を経て97年より現職。〔専門〕食品加工学、小麦粉、米粉の加工と加工製品の物性。〔趣味〕野球、ソフトボール、バレーボール、投げ釣り。〔連絡先〕761-0795 香川県木田郡三木町池戸2393（勤務先）
E-mail: miki@ag.kagawa-u.ac.jp

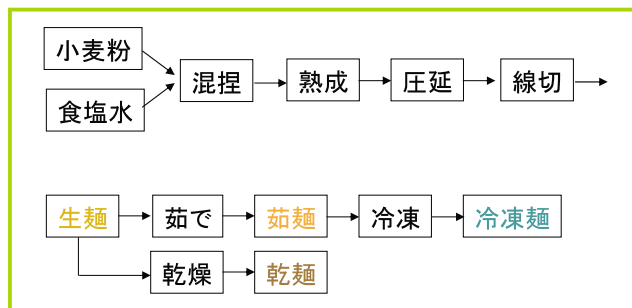


図2 うどんの製造法

どんもあれば不味いうどんもある。すなわち、単純な工程の中に美味しさの秘密がある。

うどん用小麦粉

小麦粉が他の穀類と異なってパン、麺類及び菓子類の原料として使用されるのは、水を加えて練ると特有の粘弾性を発現する水に不溶なグルテンタンパク質を含有するからである。生麺の粘弾性はグルテン量だけでなく質も影響し、さらにグルテンの分散状態によっても大きく影響される。

小麦粉は練った生地**の強さ**によって強力粉、中力粉、薄力粉に分類される。うどん用には中力粉が使用されるが、そのほとんどがオーストラリア産のASW小麦粉である。しかし近年、讃岐うどんに適した県産小麦として「さぬきの夢2000」が育種され、ASWに匹敵する評価を得ており、香川県も栽培を奨励している。

うどん製造の科学

讃岐うどんの手打ち式製法を機械式と比べると、①多加水で十分な混捏、②生地こねつの熟成（寝かし）、③圧

延が多方向の3点があげられる。この中で、①と②について少し解説を加える。

小麦粉タンパク質のグルテンは粘弾性のあるグルテニンと粘稠なグリアジンから構成されている。図3²⁾に両方のジスルフィド結合を示した。

小麦粉生地を混捏すると、酢酸可溶性あるいはSDS可溶性タンパク質量は増加するが、その大部分はグルテニンである。加水量が増加すると、酢酸可溶性タンパク質量は増加する。食塩の添加は生地の粘弾性を高

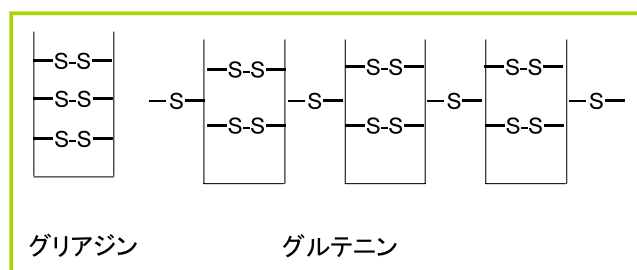


図3 グリアジンとグルテニンの構造²⁾

グリアジンは分子量が3.6万～7万で1本のポリペプチドで構成されている。グルテニンは分子量1万～13万のポリペプチドが分子間のSS結合によって巨大な凝集体を形成している。

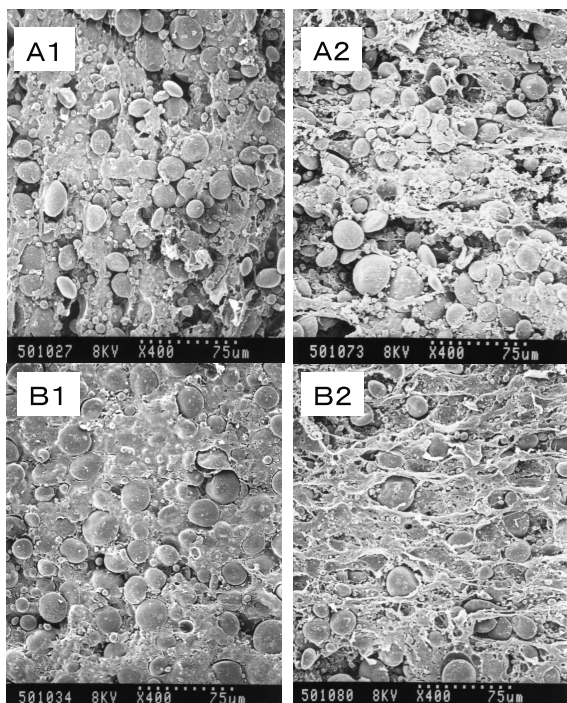


図4 生麺の表面構造³⁾

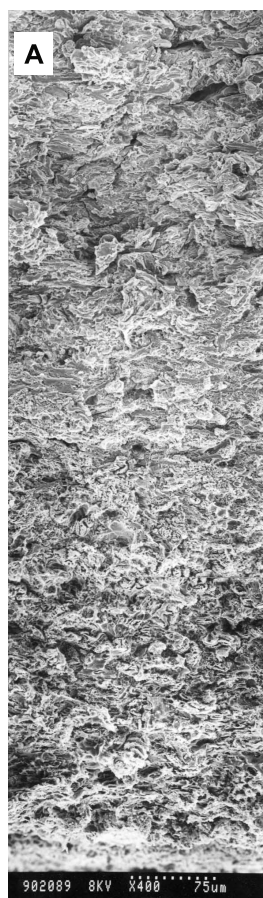
A1,2 : 加水量 35 %、A1 : 食塩 0 %、A2 : 食塩 4 %
B1,2 : 加水量 45 %、B1 : 食塩 0 %、B2 : 食塩 4 %

め、伸長性を大きくする。また加水量と食塩は、図4³⁾に示したように麺の組織構造に影響する。加水量の少ないもの(A1、A2)よりも加水量の多いもの(B1、B2)の方がグルテンが均一な連続相を形成する。また、食塩を添加(A2、B2)するとグルテンが凝集し、圧延によって圧延方向に繊維状化する。小麦粉生地をコンクリートに例えると、グルテンはセメントに相当して連続相を形成し、デンプンがバラスあるいは砂に相当して分散質である。生地のグルテンの存在状態が均一であるほどコシのあるうどんとなる。

生地の熟成は製麺において、特に手延べ素麺の製造では不可欠で、小麦粉1 kg から合計で1,000 m 以上もの長さに細く伸ばせるのもこの熟成をするからである。生地を熟成すると物理的变化と化学的变化が生じる。物理的变化としては、混捏によるストレスが緩和し、生地が柔らかくてよく伸びるようになる。また、水分の均一化が生じる。さらに、生地からの脱気が生じて生地密度が大きくなる。化学的变化としては、グルテン、特にグルテニンの酸化による高分子化が生じる。この際、システイン由来のフリーのSH基が減少し、架橋反応によって生じたS-S結合量が増加することが明らかになっている。また、遊離脂質が減少して結合脂質が増加する。これらの化学的变化がうどんのコシの増加に影響していると考えられる。

茹でうどんの構造と水分分布

茹でうどんの粘弾性には、糊化デンプンゲルの粘弾性が熱変性したグルテンの粘弾性ととも大きく影響する。コンニャク、カマボコ、ゼリーなどのゲル状食品では組織が均一なのに対して、うどんは表面と内部ではデンプンの糊化度と水分含量が異なり、組織構造は図5⁴⁾に示したように不均一である。表面付近はデンプンが完全に糊化してスポンジ状であるが、中心部ではまだデンプンが膨潤しているものの粒状の形態を維持している。このようなうどんの組織構造のSEM観察については、製造条件の異なるうどんのデンプンの糊化・膨潤状態と切断強度の関係⁵⁾について、及び



中心部
中心方向 ↑ うどん断面 ↓ 表面方向

表面

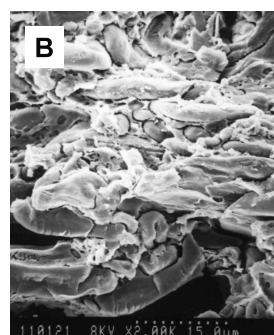


図5 茹でうどん断面の走査電子顕微鏡写真⁴⁾

A：下部がうどん表面、上部は中心部
B：茹でうどん中心部のデンプンの糊化状態

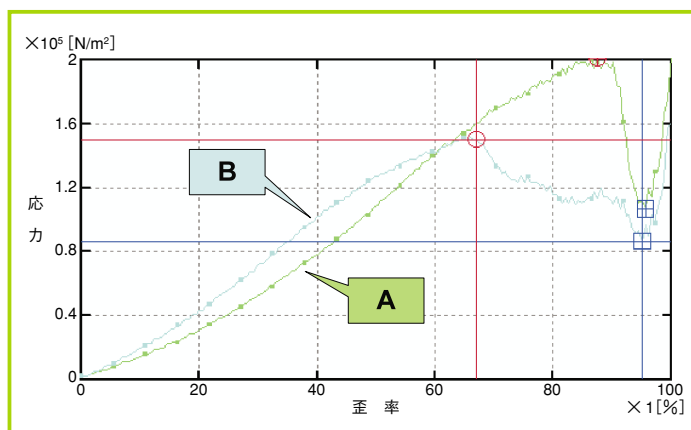


図6 茹で直後と放置した茹麺の典型的な変形-応力曲線⁴⁾

A：茹で直後、B：茹で6時間後

茹でうどんのコシ

茹でうどんはゲル状食品であり、米飯、カマボコ、コンニャク等と同様にその食味には粘弾性が大きな比重を占めている。各々その特有の食感は、米飯では「粘り」、カマボコでは「足」、うどんでは「腰；以後コシと記述」、「歯切れ」などの言葉で表現される。また、「ツルツル性」や「滑らかさ」といった茹麺の表面状態も食味に参与している。すなわち、うどんの食味はテクスチャーが大部分を占めており、美味しさに対する化学的な味の寄与は小さい。ところで、茹麺は茹で直後が美味しく、茹で後の放置によって食味は低下する。このような茹麺の物性は食品用レオメータを用いて破断特性が測定されている。茹で直後と6時間放置のうどんの典型的な破断曲線を図6⁴⁾に示した。茹で直後のうどんは歪率60%付近までは6時間経過のものより応力は小さいが、それ以上の歪率では高い応力を示す。すなわち、茹で直後のうどんは咀嚼において噛み始めは軟らかいが、破断して噛み切るには強い力を必要とする。一方、茹で6時間後のうどんは茹で直後のうどんと比較して噛み始めは硬いが、より小さな歪率70%付近でより小さな応力で破断が生じ、軟らかいと人は判断する。また、茹で直後のうどんは破断から切断までの時間が短く、急激な応力の低下が見られることから歯切れが良いといえる。一方、茹で6時間後のうどん

茹で工程における組織構造の変化について報告^{6,7)}されている。

茹麺の組織構造の違いは麺表面と内部の水分分布にも影響する。茹で直後のうどんは表面付近の水分含量が多くて内部は少ないが、茹で後の放置時間とともに表面付近の水が内部に移動して水分勾配が小さくなる⁸⁾。この水分分布はMRIを用いて測定され、茹で後経時的に減少する破断応力値と麺中心部の水分含量と負の相関が認められている⁹⁾。茹で後の放置によってコシが低下する、いわゆる「茹でのび」の原因としてこの水分勾配の減少とデンプンの老化があげられている。うどんの急速冷凍は、水分の氷結晶化による水分移動防止とデンプンの老化抑止によって茹で直後のテクスチャーを保持している。

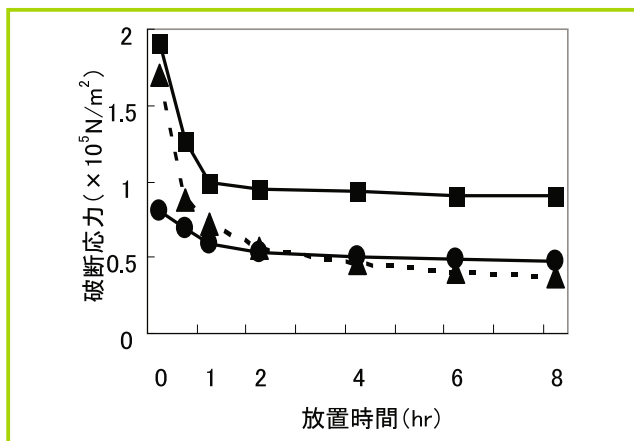


図7 麺類の破断強度の経時変化（応力は麺の断面積で除して算出）■：スパゲティ ▲：ソバ ●：うどん

んは破断から切断までに時間を要し、応力の低下も小さいことから歯切れが悪く、歯にまとわりつくような食感となることがわかる。図7に、麺の断面積で除して算出した応力値で茹で後の放置による麺類の破断強度の変化¹⁰⁾を示した。スパゲティの破断強度は茹で後1時間で約1/2に急激に減少するが、その後変化はほとんど見られない。ソバは茹で後2時間までに約1/3に減少し、その後も減少して8時間後では約1/5になる。これらと比べると、うどんは茹で伸びするが、2時間後で約2/3に減少であり、以後の変化も小さい。

このような茹でうどんの粘弾性はレオロジー的な測定法で測定されている^{4,11)}。その方法の一つであるクリープ測定を行い、マックスウェル模型と2組のフォークト模型を直列に連結した6要素模型で解析した。その結果、茹で後放置すると前述の糊化デンプンの老化と水分勾配の低下によってコシが低下するが、フック体弾性率 (E_H) とニュートン体粘性率 (η_N) は増加しており、硬くなっているといえる。このことは、茹で直後のうどんを箸ですくって垂らすと軟らかくて真っ直ぐに垂れ下がるが、市販の包装茹でうどんは茹で後時間が経過しており、水中でほぐしても元の形状を維持していることから硬いということがわかる。また

図6に示した破断曲線について前述のように、茹で直後のうどんよりも茹で6時間後のうどんの方が歪率60%まで高い応力を示していることからいえる。すなわち、硬いが脆くなって破断歪が減少して破断応力も減少している。この場合、コシがあって美味しいと評価されたうどんは、 E_H と η_N がそれぞれ 1×10^5 Pa と 1.5×10^8 Pa・s 以下で軟らかいが、破断強度は大きな値のものであった¹²⁾。茹でうどんのコシは、軟らかいが噛み切るには力が必要な状態の性質と考えている。硬いだけのうどんについてはコシがあるといえないと考えている。うどんのレオロジー的性質については文献3)、10)を参照されたい。

おわりに

うどんは、製法は簡単であるがその食味はコシ、歯切れ、つるつる性等の総合された複雑なものである。香川県では、第二次世界大戦前は、「うどんが打てぬようでは嫁にも行けぬ」という土地柄であり、各家庭でうどん作りが行われていた。戦後、うどん店で食べるようになってからも消費者の評価がなされ、一方、製麺業者も美味しいうどん作りの研究開発に励んでいる。コシのある美味しい讃岐うどんは消費者と製麺業者の両者で作りあげられてきたと思う。ここに、食品科学的情報が加わればさらに進化すると考える。

- 1) 新島 繁, 柴田茂久監修, 麺類百科事典, 食品出版社, 1984, p.16.
- 2) 山内文男, 新農産物利用学, 朝倉書店, 1987, p.128.
- 3) 未発表.
- 4) 三木英三, 日本バイオレオロジー学会誌 2006, 20, 82.
- 5) 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, 日本農芸化学会誌 1996, 70, 1343.
- 6) 関根正裕, 原田勝利, 日本食品工業学会誌, 1990, 37, 454.
- 7) 佐藤暁子, 松田智明, 伊藤誠治, 星野次汪, 日本食品工業学会誌 1999, 46, 89.
- 8) 小川玄吾, 化学と生物 1974, 12, 386.
- 9) 小島登貴子, 関根正裕, 鈴木敏正, 堀金明美, 永田忠博, 日本食品工業学会誌 2000, 47, 142.
- 10) 三木英三, 食品工業, 1995, 38(22), 16.
- 11) 日本レオロジー学会編, レオロジーデータハンドブック, 丸善, 2006, p.266.
- 12) 三木英三, 平田紀子, 難藤晴美, 山野善正, 香川大学農学部学術報告 1995, 47, 133.