ゆで過程におけるゆでめん微細構造の観察

佐藤暁子*・松田智明**・伊藤誠治***・星野次汪****

Scanning Electron Microscopy of Japanese Noodles in Cooking Process

Akiko SATO*, Toshiaki MATSUDA**, Seiji ITO*** and Tsuguhiro HOSHINO****

* Tohoku National Agricultural Experiment Station, 4, Akahira, Morioka-shi, Iwate 020-0123

** School of Agriculture, Ibaraki University, 3-21-1, Tyuo, Ami-machi, Ibaraki 300-0300

*** Hokuriku National Agricultural Experiment Station, 1-2-1, Inada, Joetsu-shi, Niigata 943-0193

**** Japan International Research Center for Agricultural Sciences, Tsukuba-shi, Ibaraki 305-8686

We investigated the fine structure of surface and cross-sections of Japanese noodles in cooking process with a scanning electron microscope. In the surface of noodles after cooking for 3 min, starch granules were no longer recognizable and small plates and network structure were observed. After cooking for 12 min, the plates turned smaller and the network structure developed among these small plates. After cooking for 18 min lace structure (many filaments were observed) was observed. Near the outer surface of the cross-section of noodles, after cooking for 3 min starch granules were not recognized and after cooking for 18 min fine network structure was observed. Near the core of noodles, starch granules and protein matrix were observed clearly after cooking for 3 min. After cooking for 18 min starch granules were swelled having fine pits while they were recognized in their shape, and protein matrix was buried among starch granules.

(Received Jun. 24, 1998 ; Accepted Oct. 26, 1998)

飯米を凍結乾燥した試料を走査型電子顕微鏡で観察すると、食味評価の高いコシヒカリでは、炊飯米内部に網状構造が多く観察されるのに対し、粘りの少ない品種では網状構造が少なく、胚乳細胞やタンパク顆粒が観察されること¹⁾が報告されている。また、炊飯後の時間経過に伴い、飯米内部の微細構造が緻密化することが食味の低下に関連していることが示唆された²⁾。さらに、ゆでめんについても、走査型電子顕微鏡を用いて、各種のめんの表面及び内部構造を比較し、めんの特徴を構造面から捉えようとした報告^{3)~5)}がある。

小麦粉で作る日本式めんでは、粘りやかたさが食味評価の中で重要な項目となっている。官能検査によるめん適性試験⁶⁾の項目の配点は、最近、見直しが行われ⁷⁾、めんの色が20点、めん表面の荒れが15点、食味(匂い・

味)が15点、かたさが10点、粘弾性が25点、なめらかさが15点に配点され、合計100点となった。めん表面の荒れはめん表面状態であり、かたさ、粘弾性及びなめらかさは、食べたときの口内の感触によって決定される物理的特性に由来するものである。従って、めん表面及び内部の構造及び物理的特性は、めん適性評価の中で極めて重要な位置を占めている。そこで、本報では、ゆでめんの微細構造の特徴を知る目的で、ゆで時間の経過を追って試料を作成し、めん表面および断面の微細構造を走査型電子顕微鏡を用いて観察した。

実験方法

供試材料は食糧庁より提供された群馬県産の農林61号を用いた。この原粒の粗タンパク含量は8.8%、ビュー

* 東北農業試験場 (〒020-0123 岩手県盛岡市下厨川赤平4)

** 茨城大学農学部 (〒300-0300 茨城県稲敷郡阿見町中央3-21-1)

*** 北陸農業試験場 (〒943-0193 新潟県上越市稲田1-2-1)

**** 国際農林水産業研究センター (〒305-8686 茨城県つくば市大わし1-2)

ラートストミルで製粉した 60% 粉の粗タンパク含量は 7.7% であった。60% 粉 10 g を乳鉢に取り、5% 食塩水を 4 ml 加え 10 分間乳棒でミキシングし、めん生地を作った。めん生地を家庭用製めん機（大盛工業、ホームメンマー）で、めん適性試験⁶⁾ に準じて、荒延べ 1 回、複合 2 回、圧延 3 回行い、最終のめん帯の厚さを約 2.5 mm とし、製めん機に付属した切断機で幅約 4 mm のめん線とした。350 ml の水道水 (pH 5.8) を沸騰させておき、作成しためん線を沸騰水中でゆでた。予備試験で 18 分でゆで上がりとなったので、ゆで開始直後の 3 分、ゆでめん中心部にやや固さが残る程度の 12 分、ゆで上がりの 18 分後にめんを取り出した。ゆでめんは、プラスチック製ザルにとり、水道水を満たしたボール中で水道水を流しながら、軽く攪拌し、冷却後に水切りした。ゆでめんを観察しやすい大きさに切断し、直ちに液体窒素で冷却したイソペンタン中で凍結させた。凍結させた切片を、真空凍結乾燥機（丘サイエンス、OTD-5 SF 型）を用いて -60℃ で乾燥し、表面及び断面に約 350 Å の厚さに金蒸着したサンプルを走査型電子顕微鏡（JSM-T300）で観察した。

実 験 結 果

1. ゆで過程におけるめん表面の微細構造

Fig. 1 のゆで前のめん表面では、直径の大きい 1 次デンプン粒 (g) と直径の小さい 2 次デンプン粒 (←) が明瞭に識別でき、それらの間を protein matrix (p) が埋めている構造が認められた。これらの構造は、既報⁶⁾ の子実や粉の構造に比べ、表面にデンプン粒が均一に分布し、protein matrix が識別しにくい特徴があったが、基本的には子実や粉と極めて似た構造をしていた。

Fig. 2 のゆで時間 3 分後のめん表面には、すでにデンプン粒の形はどこにも認められず、板状の部分と網状構造の部分のみがみられた。

Fig. 3 のゆで時間 12 分後のめん表面では、ゆで時間 3 分後にみられた板状部分が小さく別れ、その間に細かい網状構造が観察された。

Fig. 4 のゆで時間 18 分後のめん表面では、すきまが大きく、細い繊維状構造が観察されるレース状の構造が観察された。

以上のように、ゆでめん表面の観察では、ゆで時間が進むにつれ、当初観察された板状部分がしだいに細くなり、その間に細かい網状構造が観察された。さらにゆで時間が長くなると、レース状の構造がみられるようになった。

2. ゆで過程におけるめんの断面の微細構造

Fig. 5 は、ゆで時間 3 分後の断面の表層部分で、デンプン粒等の形状はすでに認められない。

Fig. 6 は、ゆで時間 3 分後の断面の表層から約 0.6 mm の部位（ゆでめんの厚さの約 1/5 程度の部位）で、デンプン粒は、その形状をやや残しながらスポンジ状に観察された。その間には、protein matrix が白っぽく、明瞭に認められた。

Fig. 7 は、ゆで時間 3 分後の断面のめん中央部分で、1 次デンプン粒、2 次デンプン粒、protein matrix などが明瞭に認められた。

Fig. 8 は、ゆで時間 18 分後の断面の表層部分で、極めて細かい網状の構造が認められた。

Fig. 9 は、ゆで時間 18 分後の断面の表層から約 0.6 mm の部分で、小さな穴をもつ構造が観察され、デンプン粒の形状ははっきり識別できず、protein matrix も存

Explanation of figures (Fig. 1~Fig. 10)

Fig. 1 Surface of noodles before cooking

Fig. 2 Surface of noodles after cooking for 3 min

Fig. 3 Surface of noodles after cooking for 12 min

Fig. 4 Surface of noodles after cooking for 18 min

Fig. 5 Near the outer surface of the cross-section of noodles after cooking for 3 min

Fig. 6 The part of 0.6 mm from the outer surface of the cross-section of noodles after cooking for 3 min

Fig. 7 Near the core of noodles after cooking for 3 min

Fig. 8 Near the outer surface of the cross-section of noodles after cooking for 18 min

Fig. 9 The part of 0.6 mm from the outer surface of the cross-section of noodles after cooking for 18 min

Fig. 10 Near the core of noodles after cooking for 18 min

Abbreviations used in figures :

g, primary starch granule ; ←, secondary starch granule ; p, protein matrix

Black bars in photographs indicate 10 μm.

在を識別できなかった。

Fig. 10は、ゆで時間18分後の断面のめん中央部分で、デンプン粒にはきめ細かく微細な穴が観察され、大きさはかなり膨らんでいるが、その形状はほぼ識別でき、それらの間にはprotein matrixが詰まっているように観察された。

考 察

相原ら⁹⁾は、デンプンゲル中にイオンや水溶性物質が存在すると、凍結したときに氷結晶核となってゲル中の水分が氷結し微細な穴状構造ができるとし、新米にはデンプン貯留体表面に小さい穴状の構造が観察されるが、古米にはほとんど観察されないこと報告した。これは、新米が穴状構造の生成原因となるイオンや水溶性物質を多く含み、かつ、炊飯時に水分を取り込みやすいことを示しており、試料作成中の凍結乾燥過程にできた構造であるが炊飯中に生じた現象と密接に関連していること示した。また、木村ら¹⁰⁾は、ゆでめんの構造観察の中で、ゆでめん周辺部に観察される多数の小穴は、ゆでたときに侵入する多量の水分が、観察時の凍結により、氷晶となり、それが昇華してできたものであると述べている。従って、本研究で観察された構造も、凍結・乾燥操作の結果、形成された構造ではあるが、ゆでめんの構造やデンプンゲルの特徴を示す指標になると考えられる。

本研究のゆでめん表面の観察では、ゆで時間の経過に伴い、板状構造、網状構造及びレース状の構造等が観察された。このうち、板状部分については、その形状から、デンプン粒が膨潤した構造であると推察された。網状構造とレース状の構造については、デンプン粒が膨潤し形成されたものか、グルテンから形成されたものか判断できない。ゆで時間18分後に観察されたレース状の構造については、児島ら¹¹⁾¹²⁾が観察した繊維状のグルテン構造と良く似ている。ゆで時間が長くなるとゆでめん表面の膨潤したデンプンが湯中に溶けだし、デンプン粒を取り囲んでいたグルテン構造がゆでめん表面に観察されるようになったとも考えられるが、詳しくは染色¹³⁾等により識別する必要がある。

また、ゆでめんの表層部は微細な網状構造が観察され、ゆでめんの中心部はデンプン粒の形状を残しながら糊化し、その間にはprotein matrixが詰まっていた。木村ら¹⁰⁾は、ゆでめんのデンプン粒の膨潤状態は、めんの部位によって異なり、周辺部のデンプンは膨潤が著しく粒の原形が認められないが、中央部のデンプンは表層部のみ膨潤し、内部は緻密な構造をもつことを明らかにし

た。さらに、口腔中で2つの領域から得られる異なる食感をほぼ同時に感ずるときにこしがあるという感覚が生じるのではないかと¹⁴⁾と述べている。本研究の観察結果もゆでめんの構造が表層からの距離により異なることを示しており、木村ら¹⁰⁾の観察と一致するものと考えられる。

要 約

ゆで時間の経過を追って試料を作成し、ゆで過程におけるめん表面および断面の微細構造を走査型電子顕微鏡を用いて観察した。ゆで時間3分後のゆでめん表面には、デンプン粒は認められず、板状部分と網状構造が観察された。12分後のゆでめん表面では、細かい板状部分と、その間を埋めている細かい網状構造が観察された。さらに、18分後には、細い繊維状構造から成るレース状の構造がみられた。ゆでめんの断面は、表層部では、ゆで時間3分後にはすでにデンプン粒の形状は識別できず、18分後には極めて細かい網状構造が観察された。めんの中心部は、3分後では、1次デンプン粒、2次デンプン粒、protein matrixなどが明瞭に認められた。18分後にはデンプン粒はきめ細かく微細な穴が空き、かなり膨らんでいたが、その形状は認識でき、それらの間にはprotein matrixが詰まっているのが観察された。

本研究を実施するにあたり、茨城大学農学部作物学研究室の皆様には、ご指導、ご協力をいただいた。皆様に厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) 松田智明・長南信雄・土屋哲郎：日作紀 58 (別2), 261 (1989)。
- 2) 松田智明・大友雅子・長南信雄：茨城大学農学術報, 38, 1 (1990)。
- 3) OH, N.H., P.A. SEIB, C.W. DEYOE and A.B. WARD: *Cereal Chem.* 62, 431 (1985)。
- 4) DEXTER, J.E., MATSUO, R.R. and DRONZEK, B.L.: *Cereal Chem.* 56, 202 (1979)。
- 5) MOSS, R., P.J. GORE and I.C. MURRAY: *Food microstructure* 6, 63 (1987)。
- 6) 農林水産省食品総合研究所：小麦の品質評価法—官能検査によるめん適性—, 4 (1985)。
- 7) 食糧庁：国内産小麦の評価に関する研究会報告書 (1997)。
- 8) 佐藤暁子・小柳敦史・和田道宏・松田智明：日作紀, 62, 183 (1993)。
- 9) 相原茂夫・梅木加奈恵・柴田克己・樋笠隆彦・渡

- 辺 清・広瀬正明：日本栄養・食糧学会誌, 46, 77 (1993).
- 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：農化, 70, 1343 (1996).
- 11) 児島雅博・村瀬 誠・戸谷精一・杉本勝之：日食工誌, 39, 471 (1992).
- 12) 児島雅博・外川達秋・村瀬 誠・戸谷精一・杉本勝之：日食科工誌, 42, 899 (1995).
- 13) 小田聞多：めんの本, 食品産業新聞社, 表紙及び巻頭 (1980).
- 14) 木村利昭：食品工業, 4, 30, 42 (1997).
- (平成 10 年 6 月 24 日受付, 平成 10 年 10 月 26 日受理)
-