

蕎麦の茹で方と m-MRI Boiled buckwheat noodle and m-MRI

松谷志織

Shiori MATSUTANI

1. はじめに

植物中の澱粉は結晶性が高くそのままでは消化しにくい。ため適度な水分と熱を加えて糊化して食用に供する。効率良く糊化するには表面積を大きくしなければならぬので、米粒の様な粒子状や麺類の様な線状にするか、パンの様な体状形態においては内部に多数の空隙を作ってその表面積を大きくしている。これらの澱粉食品がその表面からどの様に水を吸収膨潤し、かつ熱を得て糊化するかは興味のあるところである。

すでに御飯を炊く時の水分分布の変化や、饅頭やスパゲッティを茹でる時の水分浸透についてはいくつかの報告がある。しかし、典型的な複合材料（蕎麦粉と小麦粉）である蕎麦の水分分布変化については未だ調べられていない。本研究は、蕎麦麺を茹でた時の麺内水分分布の時間変化を micro-MRI による $^1\text{H-T}_2$ 画像を撮影することにより検討した。

2. 実験

(1) 麵の原料と材料

① 原料粉

蕎麦粉は丸抜粉（胚乳部+胚芽部+種皮）と更科粉（胚乳部のみ）の2種類を用いた。小麦粉は粘結剤（つなぎ）として適切な強力粉を用いた。それぞれの成分を Table 1 に示す。

Table 1 Constituents in flours.

原料粉	炭水化物	蛋白質	灰分	水分
丸抜粉	0.695	0.121	0.018	0.135
更科粉	0.775	0.061	0.008	0.140
小麦粉	0.716	0.117	0.004	0.145

香川綾「四訂食品成分表（女子栄養大出版部）」から抜粋

Table 2 Composition of mixed flours.

麵材料粉	蕎麦粉重量分率	標準試料	麵条試料
A 丸抜粉+小麦粉	0.5	○	○
B 丸抜粉	1.0	○	×
C 更科粉+小麦粉	0.5	○	○
D 更科粉	1.0	○	×
E 小麦粉	0.0	○	○

② 材料粉

原料粉を混合して材料粉とし、材料粉に水を加えて調整して試料とした。丸抜麵（丸抜粉+小麦粉）および更科麵（更科粉+小麦粉）の材料粉を、Table 2 に示す分率で調整した。次いで水または食塩水（ $c=0.03$ w/w%）を加えて標準試料または麵条試料とした。ただし、組成 1.0 の純蕎麦粉は麵条に成形できなかった。

(2) 試料

① 標準試料

材料粉にミリQ水を加えたもの（水/粉重量比=1, 3,

5, 7, 10）を蓋付遠沈管（50 ml）に 16 ± 6 g 秤取して攪拌し、この遠沈管を沸騰水中で轉がしながら 10 分間加熱し、糊化標準試料とした。

② 麵条試料

材料粉 300 g に食塩水 90 ml（ $c=0.03$ w/w %）を加えつつ縦型ミキサー（愛光舎、KM-230）で 3 分間混捏した。次いでこの混捏試料を製麵機（用田麵機、YD6 型）の圧延ローラーで厚さ 3.0 mm にした。その後直ちにさらに 2.5 mm に圧延しながら、薄刃 20 番で幅 2.5 mm に切り出して麵条とした。ただし蕎麦粉分率 0 の試料、すなわち饅頭は、まづ厚さ 3.0 mm に圧延した後、半分にして二枚重ねに折り畳み、再び厚さ 3.0 mm に圧延した（複合）。2 回複合を行った後、麵帯の乾燥を防ぐためにビニール袋に入れて、30 分間室温で熟成した。その後厚さ 3.0 mm に圧延し、直ちにさらに 2.5 mm に圧延した。次いで、ローラー間隙を変えずに圧延ローラーに通し、薄刃 20 番で幅 2.5 mm に切り出して麵条とした。

(3) 測定

① 水分含量

原料粉の水分含量は 135°C 、2 時間加熱処理した際の重量減少により測定した（乾燥重量法）。得られた値は Table 1 の水分量とほぼ一致した。また、水を加えて作製した麵条試料全体の水分含量も同じく乾燥重量法より求めた。この値は材料粉水分含量と添加水分量との和にほぼ一致した。茹でた麵条も同様に重量乾燥法によりその水分含量を求めた。

② 標準試料の T_2 値

標準試料は十分攪拌して均一化している。その中でもなるべく表面から遠いバルク部を 5 点選んでその T_2 値の平均をその標準試料の T_2 値とした。

③ 麵条試料の MRI 画像

麵条試料の測定は、垂直に立てたプラスチック板上に三本の麵条を両面テープで平行に貼り付けて、その一断面の T_2 画像を得た。

測定は②、③いずれも高分解能 MRI 装置（Bruker DRX300WB）を用いて Carr-Purcell-Meiboom-Gill (CPMG) 法により行なった。測定条件を Table 3 に示す。

Table 3 Conditions for measurement with MRI.

磁場強度 / Tesla	7.1
繰返し時間 / msec	2000
echo 時間 / msec	4.5
T_2 算出用データ / point	32
測定視野 / mm^2	20×10
matrix	128×64
面分解能 / μm	156×156
slice 厚 / mm	1
積算回数 / 回	1
測定時間 / sec	128

3. 結果と考察

(1.) 標準試料の水分含量と T_2 値

各種水分含量 (水/粉重量比=1, 3, 5, 7, 10) の標準試料 (Table 2) の T_2 値を Fig. 1 に示す. それぞれの標準試料について水分含量と T_2 値は原点を通るよい直線性を示した. 丸抜粉を用いた場合は傾きが小さかったが, これは丸抜粉の灰分が多いことによるものであろう. Fig. 1 の各々の傾きを k とし, Table 4 に示す.

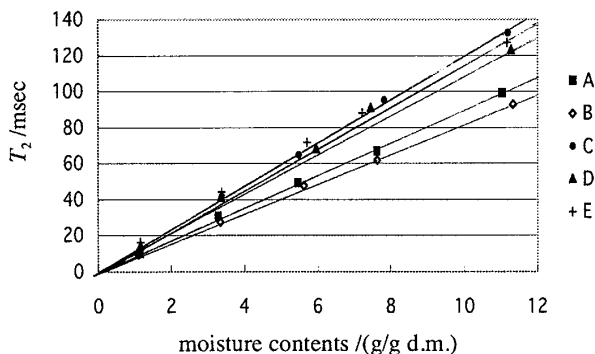


Fig. 1 T_2 values of water protons in gel samples at given moisture contents.

Table 4 Obtained slopes from Fig. 1 for standard samples.

標準試料	k / [msec / (g/g d.m.)]
A 丸抜粉 + 小麦粉	8.95
B 丸抜粉	8.20
C 更科粉 + 小麦粉	11.97
D 更科粉	11.41
E 小麦粉	11.85

(2) 茹で麺試料内の水分分布

麺条試料 (生麺) を茹でた (茹で時間 4, 6, 10, 15 分) 直後に氷水中で 30 秒冷却し, MRI 測定および水分含量測定を行なった. ただし茹で上げから測定開始までには約 5 分の時間を要した. 麺条断面の MRI 画像と半径方向の水分分布をそれぞれ Fig. 2 と Fig. 3 に示す. なお, Fig. 3 の水分含量は, 測定した T_2 値と Table 3 から求めた.

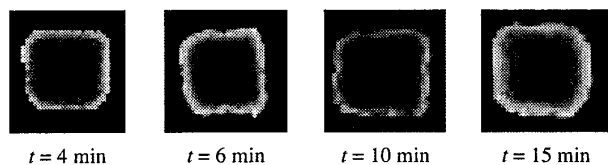


Fig. 2 MRI cross sectional views of buckwheat noodle.

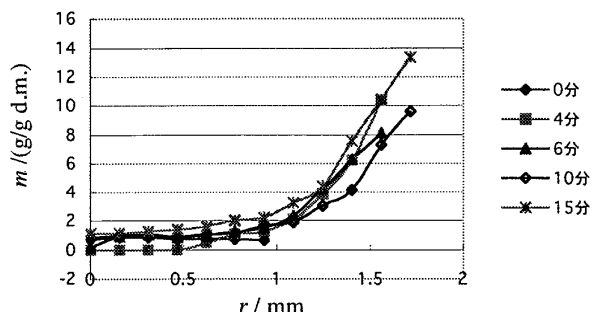


Fig. 3 Distribution of water in buckwheat noodle.

(3) 麺条試料内の水の拡散

麺条試料 (生麺) を茹でたときの水分増加量 $M(t)$ を各茹で時間について乾燥重量法で求めた.

一般に円柱状の物体に水が拡散浸透する場合には, その増加量 $M(t)$ を飽和量 M_0 で割った値 $\theta = M(t) / M_0$ は,

$$\theta = 4x - \pi x^2 + (\pi/3)x^3 + \dots \quad (1)$$

と増加することが解っている. ただしここにパラメータ x は拡散距離 $(\pi Dt)^{1/2}$ を断面半周長 πa で割った値, すなわち

$$x = (\pi Dt)^{1/2} / \pi a \quad (2)$$

である.

よってこの水分飽和率 θ を茹で時間 t の平方根に対してプロットするとよい直線性を示した. この傾きから, 丸抜麺条, 更科麺条, 饅頭麺条内での水分子の見掛けの拡散定数 D をそれぞれ求めた (Table 5). これらは水の中の水分子拡散定数 $D_0 = 2.26 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{sec}$ の約 1/100 であった.

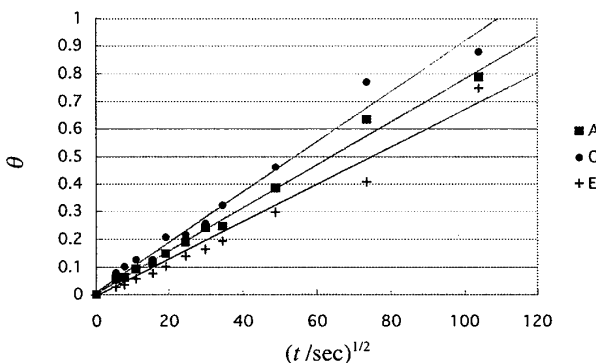


Fig. 4 Fractional saturation of water in noodles.

Table 5 Diffusion coefficients of water in noodles.

麺条試料	D / ($10^{-7} \text{ cm}^2 / \text{sec}$)
A 丸抜麺条	1.91
C 更科麺条	2.60
E 饅頭麺条	1.26

※水中の水分子拡散定数 $D_0 = 2.26 \times 10^{-5}$

4. おわりに

蕎麦麺条試料の断面の水分分布を調べ, 乾燥重量法をもとに拡散定数 D を求め, 約 $2 \times 10^{-7} \text{ cm}^2 / \text{sec}$ の値を得た. 水の温度伝導度は $1.466 \times 10^{-3} \text{ cm}^2 / \text{sec}$ なので, 水が拡散するよりも十分早く熱が伝わっている. したがって糊化にはまづ熱により生じ, 追って水によって安定する.

【謝辞】

本研究に当り御指導頂きました食品総合研究所・吉田充室長, ならびに本学前田育子理学修士に感謝致します.

【参考文献】

1. 日本蕎麦協会: 「そばの栄養」, (2000), P. 13.
2. Crank: *Mathematics of diffusion*, (Oxford University Press, 1965).