

卵殻粉を添加した中華麺の品質

峯木眞知子 †¹ 小泉昌子 †^{1,2}

(令和3年12月4日査読受理日)

The qualities of Chinese noodles with egg shell powder

Mineki, Machiko †¹ Koizumi, Akiko †^{1,2}

(Accepted for publication 4th December, 2021)

要約

鶏卵の卵殻は一般には家庭で廃棄されるが、カルシウムを約40%含んでいる。未利用資源である卵殻を有効活用するために、卵殻粉を中華麺に添加して、その品質を検討した。

- 1) 卵殻粉0.5%添加した麺は、1食当たり約200mgのカルシウムが摂取できる。
- 2) 卵殻粉の添加は麺の色に影響しなかった。
- 3) 卵殻粉1.0%添加した麺は、加熱直後の破断歪率が低く、無添加麺と有意差がみられた。
- 4) 加熱による麺内部構造の空隙は、卵殻粉1.0%試料で少なかった。

以上、卵殻粉0.5%程度の添加は、無添加試料と同様の品質の中華麺ができることが明らかになった。卵殻粉入り中華麺の利用はカルシウム補給が期待できる。

Abstract

Eggshell is an unused resource that is discarded in ordinary households. Eggshell contains about 40% calcium. The qualities of Chinese noodles added to eggshell powder were examined. 1) About 200 mg of calcium can be ingested per serving of Chinese noodles with 0.5% of wheat flour added. 2) The addition of eggshell flour did not affect the color of the noodles. 3) The noodles with 1.0% eggshell powder added had a low breaking strain rate immediately after heating, which was significantly different from the noodles without additives. 4) The voids in the internal structure of the noodles due to heating were small in the eggshell powder 1.0% sample.

As described above, it was clarified that the addition of about 0.5% of eggshell powder produces Chinese noodles of the same quality as the additive-free sample. The use of Chinese noodles with eggshell powder can be expected to supplement calcium.

キーワード：卵殻粉, 中華麺, カルシウム摂取, テクスチャー

Key words: eggshell powder, chinese noodles, calcium intake, texture properties,

緒言

卵殻粉は鶏卵の卵殻を粉状に加工した製品で一般に廃棄される卵殻を再利用している¹⁾。その主成分は炭酸カルシウムできわめて細かい粒子に加工され、カルシウム含量が約40%で体内への吸収率も高く、カルシウム剤として有効である^{2,3)}。日本人が一日に摂取すべきカルシウムの推奨量⁴⁾は、18歳~29歳の男性で800mg、30歳~49歳の男性、18歳~49歳の女性で650mgである(日本人の食事摂取基準(2020年版))。しかし、2019年の国民健康栄養調査によると、カルシウムの摂取量は男性517mg、女性で494mg⁵⁾であり、不足している栄養素である。卵殻粉の利用は、未利用資源として活用すること、およびカルシウム補給として、栄養改善に有効である。また、卵殻粉は食品企業において商品改良の目的で鶏卵の起泡の安定性を良くする³⁾、クッキーやフライの揚げ衣が軽く出来上がる⁶⁾、蒲鉾などの水産練り製品や畜産加工品の弾力増強効果⁷⁾などに利用

されている。

著者らは、バターケーキに卵殻粉を添加して、その製品の品質⁸⁾を検討した。米粉ケーキには、卵殻粉を小麦粉の8%まで添加することができたが、品質が良好な製品は卵殻粉添加4%以下であった⁹⁾。

そこで、本研究では、主食への卵殻粉利用を考えた。パンに卵殻粉を添加した研究はある^{10,11)}が、麺類に応用した報告はみあたらないので、中華麺に添加した。

小麦粉に対して、卵殻粉を1.0%添加した中華麺1食分(110g)のカルシウム量を計算すると、418mgのカルシウムが摂取できる。つまり、麺に少量の卵殻粉を添加することで、1日に必要なカルシウム量の1/2~2/3程度が摂取できる。そこで、卵殻粉添加量は、小麦粉の0.5%、1.0%とした。それを調製した試料の出来上がり重量、加熱後重量、色度、水分含有率、加熱液のpHおよび塩分、加熱液の沈殿量、麺の物理的特性を測定し、組織構造を観察し、その品質を検討した。

†1 東京家政大学大学院 †2 東京家政大学短期大学部

2. 実験方法

2.1 材料および配合

中華麺に用いた材料は薄力粉と強力粉、蒸留水、かん水、食塩、卵殻粉であった。その配合は、小麦粉各 50g の計 100g、蒸留水は粉の 36%、かん水は粉の 1.5%、食塩は粉の 0.5%、卵殻粉は粉の 0.0%（無添加）、0.5%、1.0% を添加した。

薄力粉は日清製粉(株)製市販名「フラワー」（表示栄養素量は炭水化物 76%、たんぱく質 8%、脂質 1.5%）、強力粉は日清製粉(株)製市販名「カメリヤ」（表示栄養素量は炭水化物 72%、たんぱく質 12%、脂質 1.5%）を用いた。粉末かん水は(株)横濱金澤麺商店製「ラーメン用粉末かん水」で、組成表示は炭酸カリウム（無水）60%、炭酸ナトリウム（無水）40%のものを用いた。食塩は(株)天塩製「赤穂の天塩」で、卵殻粉は(株)キューピー製「卵カルシウム No.11」を入手した。卵殻粉の成分（%）は、水分 0.5、たんぱく質 2.1、灰分 96.9 で、ミネラル分は、卵殻粉 100g 中でカルシウム 38g、カリウム 41.6 mg、ナトリウム 87 mg、リン 99.3 mg、マグネシウム 375 mg が含まれるとされている。

調製した中華麺の試料は卵殻粉無添加試料を S 試料、卵殻粉 0.5% 添加試料を A 試料、卵殻粉 1.0% 添加試料を B 試料と表記した。

2.2 麺の調製

小麦粉 300 g（薄力粉・強力粉各 150g）に、粉末かん水 4.5g、食塩 1.5g、純水 108g、卵殻粉 0g、1.5g、3.0g を添加し、パン捏ね機（大正電気：KN-30「レディースニーダー」）で 15 分間通電して混捏した。これを製麺機（MARCATO 社製「ATLASMOTER」）を用いて、1 回圧延した後に麺帯 1 枚を三つ折り直角にしてもう 1 度圧延した後、冷蔵庫にて 1 時間熟成させた。圧延 7 回、3 番の切り出しで、厚さ 2 mm、幅 2 mm、長さ 30 cm の麺に製麺した。調製した試料は 50g ずつラップフィルム（(株)旭化成ホームプロダクツ製「サララップ」）で包み、ジップロック（(株)旭化成ホームプロダクツ製「ジップロックフリーザーバック」）へ入れて冷蔵庫で 7 日間保存した。

加熱方法は、麺の重量の 20 倍にあたる 1000 mL の沸騰水に麺を 50 g ほぐしながら入れ、2 分 30 秒加熱した。ざるに取り出した後 10 回湯切りをし、実験に供した。

2.3 測定方法

実験より得られた麺の重量、色度、水分含有率、加熱液の pH および塩分、加熱液の沈殿量、麺の物理的特性を測定した。

1) 加熱前後試料の重量増加率

2 分 30 秒加熱後、湯切り直後の重量を測定し、加熱後重量変化率を調べた。加熱後重量増加率（%）は、加熱直後重量 ÷ 加熱前重量 × 100 で算出した。

2) 加熱液の pH および塩分、遠心分離後の沈殿量

麺の加熱液は液温を 30℃ まで下げ、重量を測り、1000ml に調整したものの pH を pH メーター（「コンパクト pH メーター」(株)堀場製作所）で測定した。

加熱液の塩分含有率は塩分計（「ポケット塩分計」(株)アタゴ）を用いて測定した。

麺の加熱液への沈殿量は、1000ml に調整した液の 500ml をメスシリンダーに入れ、これを室温で一週間放置し、沈殿量を観察した。

3) 麺の色度測定

湯切りした各試料はラップで乾燥を防ぎ 30 分放置後、シャーレに麺を敷き詰めて分光測色計（「分光測色計 CM-700d/600d」コニカミノルタ(株)）で測定した。

4) 麺の水分含有率の測定

加熱前と加熱後の各試料 10 g を赤外線水分計（「FD-660」(株)ケツト化学研究所）で 110℃ 下 80 分に設定し、恒量に達したのを確認して記録した。

5) 麺の破断試験

加熱後の試料はラップで乾燥を防ぎ、はさみで両端をカットし麺の中央部分を破断試験に供した。測定はクリープメーター（「RE2-3305B」(株)山電）を用い、測定条件はくさび型プランジャー（先端 0.1 cm × 3 cm）で、測定速度 0.5 mm/s、麺線の厚みの 95% の圧縮率で行った。試料は麺を 3 本並べて測定し、加熱直後、加熱後 30 分の麺を測定した。

実験方法は、古川ら¹²⁾に準じた。

加熱直後試料から加熱後 30 分試料の比較には、破断総エネルギー変化率を次式より求めた。

破断総エネルギー変化率(%) =

$$100 - (\text{加熱後 30 分試料} \div \text{加熱直後試料}) \times 100$$

6) 組織観察

卵殻粉は、そのまま試料台にふりかけて、卓上 SEM（日立 3030plus）で観察した。また、加熱後の中華めん試料は 5mm 程度の長さに切り、その断面を卓上 SEM（日立 3030plus）で、加速電圧 10 kV で観察した。

7) 統計処理

実験の結果についての有意差検定は Student の t 検定により行った。いずれも危険率 5% で有意差ありと判断した。

3. 実験結果および考察

3.1 調製試料の栄養量

1 食で食べる麺を生麺で 110 g としたときの栄養素等量を計算した。加熱時の液への成分流出は僅かであり、流出

成分は卵殻粉と小麦粉を分別出来なかったため、計算には含めなかった。

エネルギー量は、382~386kcal、たんぱく質は 11.0g、脂質は 1.7~1.8g で 3 試料に大差はない。カルシウム量は、A 試料で 209 mg、B 試料で 418 mg、マグネシウム量は、S 試料 3 mg、A 試料で 5 mg、B 試料で 7 mg 摂取できる。なお、カリウム量は 560 mg、ナトリウム量は 485 mg で 3 試料間に違いはなかった。

3.2 加熱前後の重量変化率

加熱前および加熱直後試料の重量と加熱前後増加率、加熱液の pH、塩分濃度を表 1 に示した。

加熱前の麺の重量平均は、S 試料が 50.8g、A 試料が 50.3g、B 試料が 50.4g で、加熱直後試料の重量平均は、S 試料が 89.5g、A 試料が 89.8g、B 試料が 89.3g であり、ともに有意差はなかった。加熱前後増加率においても 3 試料間で有意差はなかった。

表 1 卵殻粉添加した麺試料の加熱前後重量、増加率、加熱液の pH、塩分濃度

項目	試料		
	S	A	B
加熱前重量(g)	50.8±0.4	50.3±0.4	50.4±0.1
加熱後重量(g)	89.5±1.4	89.8±0.5	89.3±0.3
加熱後重量増加率(%)	176.2 ±1.5	178.5 ±2.0	177.2 ±0.9
加熱液の pH	9.3±0.2	9.3±0.2	9.3±0.2
加熱液の塩分濃度(%)	0.06 ±0.01	0.06 ±0.01	0.06 ±0.00

1) 値は平均値±標準偏差 2) n=5 3) n.s.

3.3 加熱液の pH と塩分濃度

麺の加熱液の pH は 3 試料ともに 9.3 で、有意差はなかった。

加熱液の塩分濃度も 3 試料ともに 0.06 を示し、有意差はなかった (表 1)。

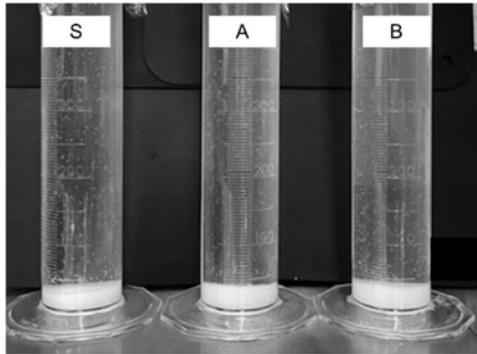


図 1 加熱液の沈殿物

各試料の加熱液への沈殿量は少なく、試料間の違いはなかった (図 1)。

今回実験に用いた小麦粉は、予備実験より比重 0.54 で、卵殻粉が 0.85 で卵殻粉が重い。沈殿量に明らかな差がないので、卵殻粉はグルテンの網状構造に組み込まれて存在していることが考えられる。

3.4 麺の色度

加熱後 30 分の麺の色度を表 2 に示した。卵殻粉を添加した試料の L*値は高く、a*値は B 試料が高かったが、いずれの試料も有意差はなかった。

卵殻粉をシャーレに入れて色を計測すると、L*値 98.83±0.174、a*値 0.186±0.186、b*値 4.08±0.22 であった。本研究の混合した小麦粉 (L*値 94.34、a*値 0.59、b*値 10.55) より L*値が高く、a*値、b*値が低く、白かった。

試料間の色差 (ΔE^*)¹³⁾ を調べると、S 試料に対して、A 試料は 3.4 で、B 試料は 2.2 であった。NBS による色の差の感覚は、S 試料に対する A 試料は「めだって感じられる」の判定で、B 試料とは、「わずかに感じられる」の判定であった。卵殻粉を添加した AB 試料間の色差は、1.3 で人が識別不可能な範囲であった。

このことから、小麦粉の 1.0% 程度の卵殻粉添加では、中華麺の色には影響がほとんどないと考えられる。

表 2 卵殻粉添加麺の色度および色差

項目	試料		
	S	A	B
L*値	60.31±4.51	63.75±3.40	62.53±3.18
a*値	-2.03±0.09	-2.27±0.31	-1.82±0.41
b*値	17.31±1.27	17.37±0.32	17.19±1.05
ΔE^*	—	3.4	2.2
	—	—	1.3

1) 値は平均値±標準偏差 2) n.s.

3.5 麺の水分含有率

加熱前試料の水分含有率では、S 試料が 35.0±0.2%、A 試料が 34.7±0.4%、B 試料が 34.5±0.6% で、卵殻粉添加試料がやや低い値であったが、有意差はなかった。

加熱後試料の水分含有率は S 試料が 63.0±1.3%、A 試料が 64.0±0.4%、B 試料が 64.3±1.2% であった。卵殻粉添加試料がやや高い値であったが、有意差はなかった。

加熱前後の水分増加率を比較すると、S 試料は 181.3±2.7%、A 試料は 184.5±3.5%、B 試料は 186.0±1.7% であった。B 試料は S 試料より水分含有率が高い傾向があった (p=0.076)。卵殻粉の添加は、加熱による水分の保持が高い可能性が考えられる。

3.6 麵の破断特性

加熱直後試料と加熱 30 分後試料の破断特性を示した。

破断歪率では、S 試料 88.4%、A 試料 86.9%、B 試料 82.8% であった (図 2)。B 試料の破断歪率は、S 試料と A 試料より有意に低く ($p=0.01$)、A 試料では S 試料より、低い傾向を示した ($p=0.053$)。卵殻粉添加試料は、無添加試料より低い値を示した。加熱 30 分後の破断歪率は、3 試料間に有意差はなかった。

加熱直後と 30 分後の試料の破断歪率を比較すると、いずれの試料も有意に低下した。A 試料において、直後から 30 分後の破断歪率は、S 試料と同様の傾きで低下した。

また、卵殻粉 1.0% 添加試料では、無添加試料、0.5% 添加試料に比べ破断歪率の変化が少ないと考えられる。

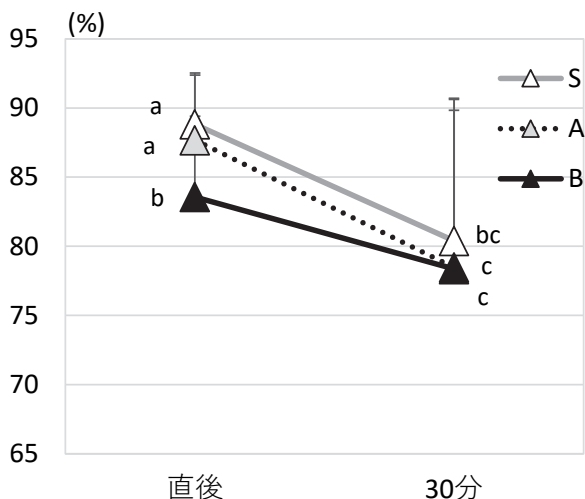


図 2 加熱直後と 30 分後卵殻粉添加麵の破断歪率
a-c: 異なるアルファベット間に有意差あり ($p<0.05$)

加熱直後試料の破断総エネルギーは、 $1.21-1.23 (\times 10^5 \text{ J/m}^3)$ の範囲であり、3 試料間に有意差はなかった (図 3)。

加熱 30 分後の各試料の破断総エネルギー ($\times 10^5 \text{ J/m}^3$) は、S 試料 1.18 ± 0.10 、A 試料 1.14 ± 0.13 、B 試料 1.09 ± 0.11 で卵殻粉添加試料が低い値を示した。B 試料は S 試料より有意に低かった。

加熱直後と 30 分後の試料の総エネルギーを比較すると、加熱直後より 30 分後はいずれの試料も低い値を示した。A、B 試料の加熱 30 分後試料は加熱直後試料より有意に低かったが、無添加の S 試料は低い傾向が見られた ($p=0.087$)。そこで、30 分後に対する加熱直後の総エネルギー変化率は、S 試料 2.5%、A 試料 5.5%、B 試料 12.1% であった。卵殻粉添加により茹で伸びの状態が早いと考えられる。このことは、加熱による内部組織の状態が異なることが考えられる。

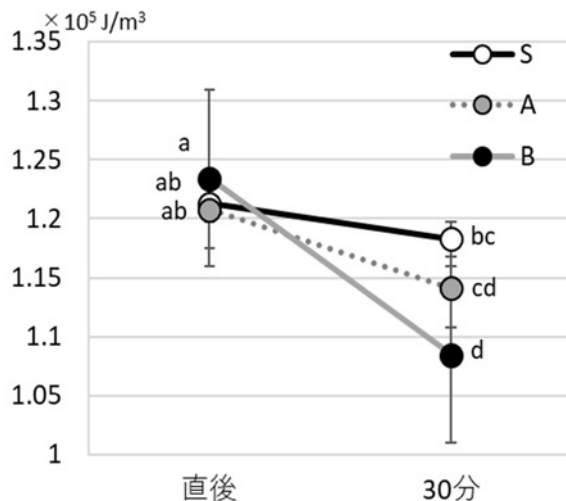
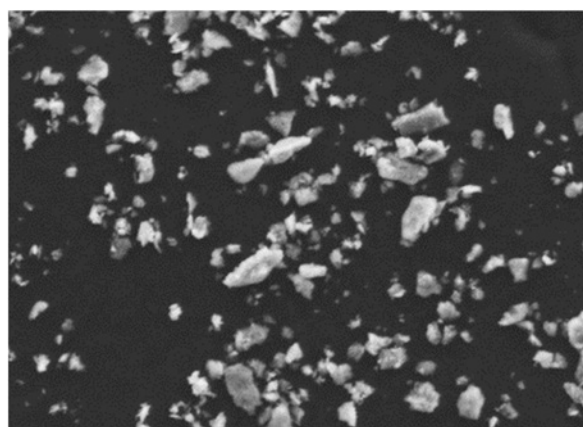


図 3 加熱直後と 30 分後麵の破断総エネルギー
a-d: 異なるアルファベット間に有意差あり ($p<0.05$)

これらの結果より、卵殻粉とグルテン形成の関係について検討した。卵殻粉を添加した小麦粉をドウ生地にして、その湿麩量¹⁴⁾を求めた。得られた湿麩量は、添加した卵殻粉量よりは少ないが、やや増加した。卵殻粉がグルテンに付着や接合していることが考えられるが、平均粒径が細かいので、顕微鏡による同定はできなかった。その湿麩のかたさも測定したが、卵殻粉添加による違いはなかった。



HL MD10.1 x1.0k 100 μm
図 4 卵殻粉の SEM 像

3.7 卵殻粉の構造及び麵の断面の構造

卵殻粉を SEM で観察すると、粒径が小さく、 $4-5 \mu\text{m}$ 程度の大きさであった (図 4)。

前報^{8,9)}で使用していた卵殻粉では平均粒径が $10 \mu\text{m}$ で、多孔質な部分が多く、丸い形状の卵殻粉も観察された。今回用いた卵殻粉は微粉化され、多孔質な部分はほとんど確認されなかった。今回の卵殻粉の比重は 0.85、前報の卵殻粉比重は、0.78 であった。卵殻粉の粒度の差異は、物理的

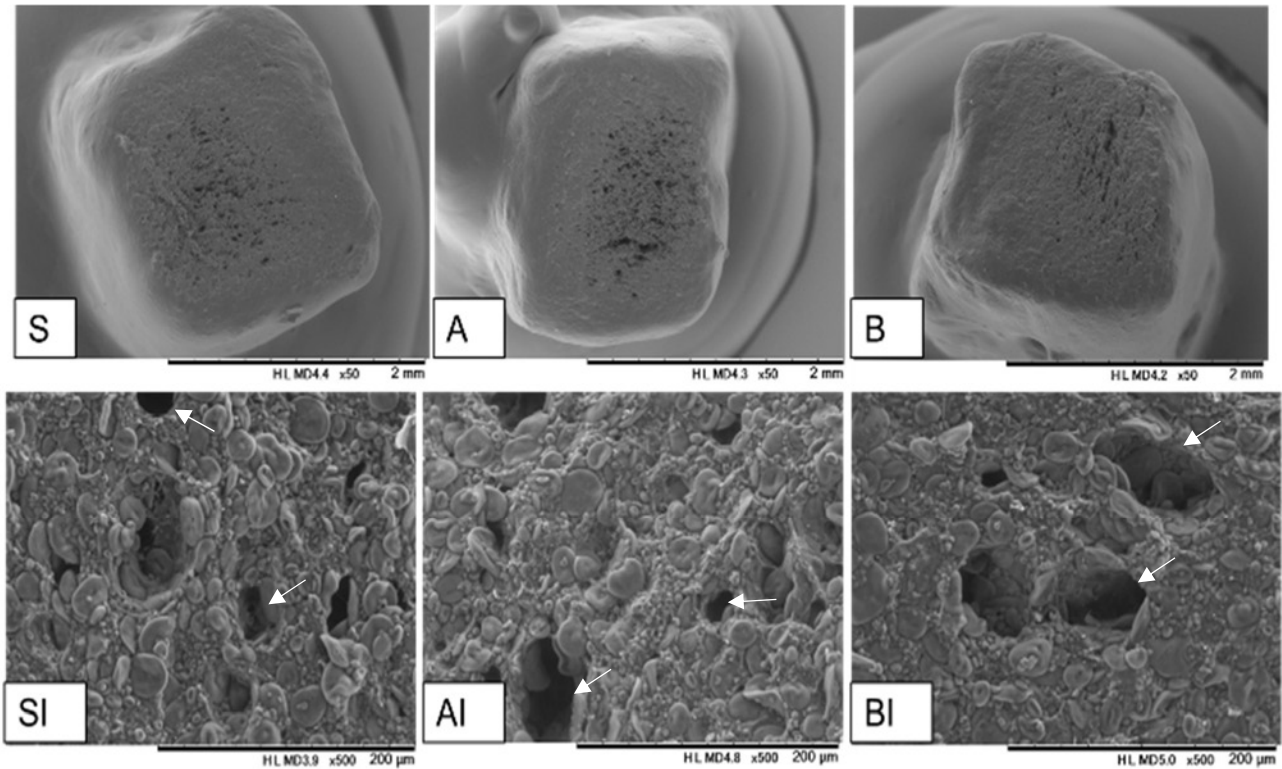


図5 卵殻粉添加した中華麺の断面構造

S,SI:卵殻粉無添加試料 A,AI:0.5%卵殻粉試料 B,BI: 卵殻粉 1.0%試料 卓上 SEM で加速電圧 10kV 観察
矢印：空隙

特性や品質に影響すると考えられる。

加熱直後の麺の断面を観察した(図5)。麺の中央部に空隙部分(図中矢印)が存在している。そこで、空隙部分を拡大すると、3試料の空隙には、グルテン膜が取り囲み、表面には大小のデンプン粒が露出していた。大デンプン粒は加熱により糊化・変形している。しかし、B試料では、他の2試料より空隙部分の範囲が狭く、空隙の大きさが大きく、露出しているデンプン粒や表面のデンプン粒の凹凸が少なく、ち密な構造にみえる。この空隙は、加熱により、麺内部に残存する空気が密封され、中心部に生じる¹⁵⁾とされている。また、稲庭うどんでは、空隙の周りをグルテン繊維が取り囲んだ構造になっていることが報告されている¹⁶⁾。本研究においても、空隙の周りにデンプンを取り囲みながらグルテン繊維が観察されている。S試料の空隙よりA試料、B試料の空隙が大きいことは、加熱により炭酸カルシウムが分解され、二酸化炭素が発生したために空隙が大きくなったと考えられる。

森高ら¹⁷⁾は、米粉生地に炭酸カルシウムとマグネシウムを混合して添加した場合の組織構造を観察している。本研究と同様に、空隙については、加熱中に炭酸カルシウムから、二酸化炭素が発生したために生じたためと推察している。また、その実験における米粉生地に、炭酸カルシウムと塩化マグネシウムを混合して加えて加熱にすると、

デンプン粒の輪郭が消失し、組織は均一になったと報告している。卵殻粉にはカルシウムとマグネシウムの両方が含まれている。本研究では米粉でなく、小麦粉の違いはあるが、B試料の断面には、露出したでんぷん粒が少なく、均質化している。これもカルシウムおよびマグネシウムの影響かもしれない。

卵殻粉添加のA、B試料は、S試料より大きな空隙がみられた。そこで、観察された麺全体の断面積に対する空隙部分の割合(%)を求めると、S試料47.3%、A試料37.5%、B試料15.9%であった。B試料の空隙部分の割合が少なく、加熱による空気が散逸されにくいと考えられる。

以上、卵殻粉を添加した0.5%試料、1.0%試料と無添加試料との差は大きく認められなかった。

卵殻粉を添加した中華麺は、無添加麺と品質を大きく変えることなく、カルシウム摂取量を増やす効果が期待できると考えられた。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、卵殻粉をご提供いただきましたキュービー株式会社研究開発本部上席研究員設楽弘之様に深くお礼を申し上げます。また、実験に協力いただいた卒業生の柴藍香氏、渡部美穂氏に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 山形徳光: 食卵の科学と機能～発展的利用とその課題～ カルシウム補給食品への卵の利用, p.120, アイ・ケイ コーポレーション (東京)(2008).
- 2) 黒田南海雄, 久能昌明朗: 食用卵殻粉・カルホープの食品への利用について第1編 製品の特徴と栄養・医学的機能, 月刊フードケミカル, Vol.15, No.7, p.67 (1999).
- 3) 黒田南海雄, 久能昌明朗: 食用卵殻粉・カルホープの食品への利用について第2編 食品への利用法, 月刊フードケミカル, Vol.15, No.8, p.102 (1999).
- 4) 伊藤貞嘉, 佐々木敏: 日本人の食事摂取基準 (2020年度版), p.308, 第一出版 (東京)(2020).
- 5) 国民健康・栄養の現状: 令和原燃厚生労働省国民・栄養調査報告より, p.72, 第一出版 (東京)(2021).
- 6) 土屋京子, 島村綾, 成田亮子, 加藤和子, 峯木眞知子, 長尾慶子: 揚げ衣の食感に影響する添加材料および揚げ油の検討, 日本調理科学学会誌, Vol. 46, pp.275-280 (2013).
- 7) Ishioroshi. S. and Samejima. K.: Reduction of Sodium Salt in Sausages by Divalent Metal Salts and Egg Shell Powder, Journal of Japanese Society of Animal Science, Vol.65, pp.736-739 (1994).
- 8) 島村綾, 峯木眞知子: 卵殻粉を添加したバウンドケーキの調製, 東京家政大学紀要, Vol.57 (2), pp.49-54 (2017).
- 9) 大雅世, 島村 綾, 峯木 眞知子: 卵殻粉添加が米粉バターケーキの品質に与える影響, 日本家政学会雑誌, Vol.68, No.1, pp.13-21 (2017).
- 10) Amnah, M. and Alsuhaibani, A: Rheological and Nutritional Properties and Sensory Evaluation of Bread Fortified with Natural Sources of Calcium, Journal of Food Quality. pp.1-7 (2018).
- 11) Muhammad, R. K. et al.: Effect of Calcium Fortification on Whole Wheat Flour Based Leavened and unleavened Breads by Utilizing Food Industrial Wastes. Asian Journal of Chemistry. Vol.29, No.2, pp.423-430 (2017).
- 12) 古川香, 森高初恵, 峯木眞知子: pH の異なる乾燥卵白が加熱後の中華めんの性状変化に及ぼす影響, 日本家政学会誌, Vol.70, No.9, pp.579-589 (2019).
- 13) 木村友子: 食品の官能評価・鑑別演習 第3章 物理的評価法, pp.92-93, 建帛社 (東京)(2001).
- 14) 今井悦子: 調理科学実験改訂新版 第IV章 調理による理化学的变化に視点をあてた実験, pp.62-63, アイ・ケイ コーポレーション (東京)(2017).
- 15) 関根正裕, 原田勝利: ゆで工程におけるめんの諸特性および微細構造の変化, 日本食品工業学会誌, Vol.37, No.6, pp.454-457 (1990).
- 16) 大久長範, 堀金明美, 大能俊久, 吉田充: 稲庭うどんと他のめんの破断強度比較, 日本食品科学工学誌, Vol.52, No.11, pp.522-527 (2005).
- 17) 森高初恵, 長谷川正江, 石原三妃: 粳米粉生地の特長および知貴学的特性に及ぼす炭酸カルシウムとマグネシウム剤混合添加の影響, 日本調理科学学会誌, Vol.38, No.1, pp.30-37 (2005).