

令和 5 年 6 月 9 日現在

機関番号：16201

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K13797

研究課題名（和文）ミクログルの活用によるパンおよび麺類の高付加価値化

研究課題名（英文）Utilization of food-grade microgel particles for the design of health-beneficial breads and noodles

研究代表者

石井 統也 (Ishii, Toya)

香川大学・農学部・助教

研究者番号：90847261

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、寒天ミクログルを小麦生地に添加した際の、生地形成挙動や形成した生地の物性への影響を明らかにするとともに、パンや麺に添加した際の諸性質への影響について検討すること目的とした。混捏時の生地形成挙動を解析した結果、寒天ミクログルを添加しても、生地形成挙動には顕著な影響はなかった。その一方で、生地の突き刺し試験時の応力は上昇した。ミクログルを添加したパンおよび麺の破断試験を行った結果、比較的少量のミクログルを添加しても、パンや麺の物性には顕著な影響はないことが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、比較的低濃度ではあるものの、ミクログル化した寒天を添加しても、パンや麺の物性に顕著な影響がないことが明らかとなった。パンや麺などの主食は、元来は糖質の摂取のために喫食されるものであったが、近年は、低糖質化やタンパク質強化の需要も高まっている。ミクログル化した難消化性の多糖類やタンパク質を添加することで、良好な食感を維持したままに、パンや麺の低糖質化や高タンパク質化を実現する技術に繋がる可能性がある。

研究成果の概要（英文）：The objective of this study was to clarify the effects of the addition of microgels to wheat dough systems on physical properties of wheat dough and wheat-based food like breads and noodles. The analysis of the dough development during mixing revealed that the addition of agar microgels did not significantly affect the dough formation behavior. On the other hand, the stress during puncture test tended to increase, suggesting that the added microgels induced microstructural differences for the resultant dough. The large deformation tests conducted on microgel-added breads and noodles showed that effects of the microgel addition on the physical properties were not significant at the relatively small amounts of added microgels. It suggests that microgelation could be effective way to adding hydrocolloids like polysaccharides and proteins for fortifying breads and noodles without modifying their textural properties.

研究分野：食品加工学

キーワード：ミクログル 寒天 小麦生地 パン 麺 物性

1. 研究開始当初の背景

小麦などの穀類から作られるパンや麺類は様々な文化圏で主食とされており、米食が深く根付いた我が国でも、一世帯当たりのパンと麺類の合計年間購入量は約 80 kg と、米の 68 kg を上回るほどである。このように現在の多様な食文化を支えているパンや麺類のおいしさには、デンプンとグルテンが織りなす食感が大きく寄与している。

一方で、近年、患者数の増加が深刻な糖尿病や肥満症の治療ガイドには、デンプン等の糖質摂取量を総摂取カロリーの 5 割強に抑えることが推奨されており、また、同じく世界的に増えつつあるセリアック病などの患者はグルテン摂取を継続的に避けなければならない。これらの状況は、パンや麺類に対しては、おいしさはもちろんのこと、低糖質あるいはグルテンフリーといった様々な付加的な価値が今後ますます要求されることを意味している。それを裏付けるように、低糖質あるいはグルテンフリーなどの付加価値を謳った製品は実際に着実に増えているものの、いずれも通常のパンや麺類のおいしさに迫るものとは言えない。

パンや麺類の食感改良には、これまでも様々な多糖類やタンパク質が用いられており、市販の低糖質麺やグルテンフリーパンなどにも、デンプンやグルテンの代わりに多糖類やタンパク質が使用されている。その一方で、ここ数年、食品コロイド化学分野では、多糖類やタンパク質からマイクロなゲル粒子を作製し、機能性成分の保持担体などに利用する研究が盛んである。特に興味深いのは、全く同じ素材でも、マイクロゲル化させて処方することにより新たな機能が発現することである。その一方で、これらのマイクロゲルに関する研究はいずれも、Oil-in-water エマルションや泡沫などの、高水分の分散系での利用を念頭に置いたものであった。

2. 研究の目的

これまで食品科学・調理科学の分野では、パンや麺の食感と種々の物性との関連や、それらの物性へのデンプンやグルテンの関与について多くの研究がなされてきた。一方で、低糖質化や栄養機能の向上を目指して、パンに使用する小麦粉を部分的に大豆粉などで置換した例は一部あるものの、体系的に研究された例はない。また、グルテンフリー化を目指し、米粉生地に様々な多糖類、タンパク質を添加した研究は非常に多いものの、近年は配合の最適化を目的とした研究が多く、マイクロゲル化粒子の添加のように、添加形態を大きく変える革新的な試みは行われていない。そこで本研究では、低水分系でのマイクロゲル粒子の挙動と機能、すなわち、マイクロゲルを小麦粉などからなる生地に加えることにより、生地形成挙動や、形成した生地の物性にどのような影響を及ぼすかを明らかにすることを目的とした。また、パンや麺に添加した際の物性の変化についても検討を行った。

3. 研究の方法

(1) ミクロゲルの調製および粒子径の評価

マイクロゲル調製の材料として、様々な多糖類(寒天、カドランなど)およびタンパク質(乾燥卵白、大豆分離タンパク質など)が候補とされたが、本研究では、持続可能性の高い素材であり、かつ、材料の調達や試料調製が比較的容易な寒天(市販品)を用いることとした。寒天の濃度が 1 wt% または 2 wt% となるように、通常のゲル(マクロゲル)を作製し、葉さじで荒く砕いたマクロゲルに、水を加え、高速ブレンダーにより微細化し、マイクロゲル分散液を作製した。作製した分散液の一部を遠心分離(4000×g, 10 min)に供し、マイクロゲル粒子を沈殿させて上清を取り除くことにより、マイクロゲルの濃縮も試みた。以上の方法で調製したマイクロゲル分散液の最終濃度(寒天の重量基準)は、0.01 ~ 1.67 wt% であった。作製したマイクロゲルのコロイド特性の評価として、粒子径分布の測定を行った。

(2) ミクロゲルの添加が小麦生地の物性に及ぼす影響の評価

ピンミキサーおよび電力ロガーを用いて、混捏時の生地形成挙動を評価した。小麦粉(強力粉) 10.0 g に対し、水またはマイクロゲル分散液(寒天濃度 0.01 ~ 0.50 wt%) を 7.0 g を添加した。ピンミキサーで混捏し(200 rpm, 10 min) その際の消費電力量を記録した。また、マイクロゲル分散液に含まれる寒天と同重量の寒天を小麦粉に加えて、ピンミキサーを使用して 70 rpm で 1 min 予備攪拌を行い、そこに水を 7.0 g 加えて同様の測定を行った。

また、キッチンエイドミキサーを用いて作製した生地の進展性を、クリープメーターにより測定した。小麦粉 50 g に対して、水またはマイクロゲル分散液を 30 g 添加し、速度 1 で 2 分間、速度 2 で 3 分間混捏した。マイクロゲル分散液に含まれるのと同重量の寒天粉末を小麦粉にあらかじめ加えて、水を加えて同様に混捏した生地も調製した。調製した生地は、3 mm のスパーサーを挟んだ状態で押し広げることで厚さ 3 mm に調整し、2 N ロードセルおよび直径 5 mm の球形プランジャーを用いて、0.5 mm/s で突き刺し試験を行った。

(3) パンおよび麺の物性への影響の検討

ホームベーカリーを使用してパンを調製し、小麦生地にマイクロゲル粒子を添加した場合の影響を評価した。強力粉 250 g に、食塩 5 g、砂糖 17 g、無塩バター 10 g、水またはマイクロゲル分散液（寒天 1 wt%）180 g を焼成容器に加え、ドライイースト 2.8 g は専用投入口にくわえた。焼成後は、1 時間放熱し、高さの測定、断面の観察および圧縮試験を行った。

麺の調製には押出製麺機を使用し、小麦生地に寒天粉末または寒天マイクロゲル粒子を添加した場合の影響を評価した。小麦粉（中力粉）250 g に、2 wt% の塩を含んだ水またはマイクロゲル分散液 90 g 加えて混捏し、2 mm 角のダイスを用いて製麺した。粉末寒天を添加する場合は、小麦粉に対して 3~8 wt% 添加した。調製した麺は沸騰水中で 9 分間茹で調理を行い、氷水で 2 分間冷却した。

4. 研究成果

(1) ミクロゲルの調製および粒子径の評価

調製した寒天マイクロゲルの粒子径分布を測定した結果、図 1 の分布が得られた。体積基準の粒子径分布は、80 μm から 800 μm の範囲であり、最頻値は約 460 μm であった。また個数基準では、100 μm 程度の分布であった。高速ブレンダーによる処理速度、処理時間を変更してもサブミクロンの粒子を得ることは困難であった。今後の検討で、より微細な粒子を作成する場合、高圧ホモジナイザー等の利用が必要であると考えられた。

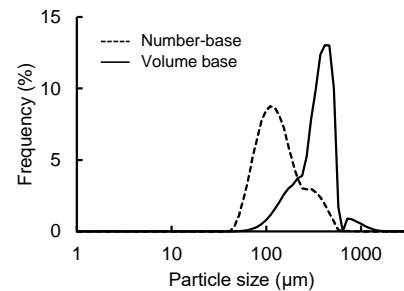


図 1 寒天マイクロゲルの粒子径（個数基準および体積基準）

(2) ミクロゲルの添加が小麦生地の物性に及ぼす影響の評価

混捏中の小麦生地形成挙動を評価した結果を図 2 に示す。寒天を添加していない小麦生地の場合、ミキサーの消費電力は 180 秒ほどでピークに達し、その後、緩やかに減少した。寒天マイクロゲル（寒天濃度 0.25 wt%）を添加した場合、コントロールよりも、ピークに達した際の消費電力量がやや低い傾向がみられた。寒天粉末（0.25 wt%）を添加した場合、マイクロゲルを添加した際よりも、より低いピーク値を示すことが分かった。この結果から、多糖類をマイクロゲル化して添加することで、生地のかたさの低下を抑えられることが示唆された。一方、小麦粉と多糖類が水分を競合すること、ピーク達する時間が変化することが予想されたが、そのような挙動はみられなかった。

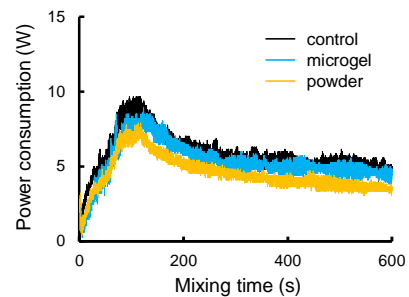


図 2 ミキシング時の生地形成挙動の評価（寒天濃度 0.25 wt%）

形成した生地を 3 mm の厚みに伸ばし、突き刺し試験により進展性を評価した結果を図 3 に示す。寒天を加えていない生地が、最も突き刺し時の応力が低かった。添加形態によらず、寒天を添加した場合は突き刺し時の応力が高くなる傾向が見られた。寒天の添加形態に着目すると、粉末で添加した場合よりも、マイクロゲル化して添加した場合に、より高い値を示しており、より強固な生地が形成されることが示唆された。これは、生地内部のグルテンなどの微細構造が変化したためである可能性が考えられるが、構造観察などによりそれを明らかにするには至らなかった。今後、微細構造観察や SDS-PAGE などの生化学的分析により、生地中のグルテンなどの変化の解析を詳細に行う必要がある。

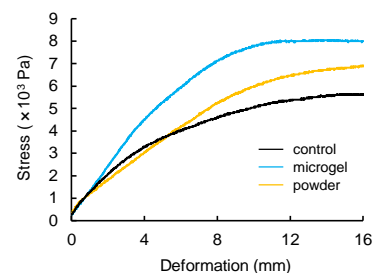


図 3 調製した生地の伸展性の評価

(3) パンおよび麺の物性への影響の検討

調製したパンの高さには、サンプル間の有意な差はみられなかったものの、コントロール（16.5 cm）や寒天粉末添加（15.5 cm）よりも、マイクロゲル添加時にやや大きい値を示す傾向がみられた（17.0 cm）。一方で、寒天粉末または寒天マイクロゲルを添加したパンの断面には、目立った違いは観察されなかった（図 4）。また、圧縮時の

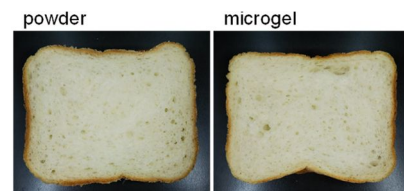


図 4 寒天を添加して作製したパンの断面

応力にも違いは見られなかった。以上のことから、本実験で用いた濃度では、パンの物性を変える効果は生じないことが明らかとなった。

調製したゆで麺の破断試験を行った場合も、添加したマイクロゲル分散液の寒天濃度が1 wt%以下の場合には、顕著な違いは見られなかった。

より高濃度で寒天を添加した場合の影響を把握するため、まず、寒天粉末を添加した麺を調製し、茹で調理後に破断試験を行った(図5)。結果、寒天を小麦粉に対して3 wt%~5 wt%添加すると、破断荷重が減少することが明らかとなった。また、8 wt%では破断荷重のさらなる低下は見られなかったものの、破断プロファイルには歪80%周辺で曲線に肩がみられた。

上述の試験と同様の寒天添加量とするためには、寒天マイクロゲル分散液の寒天濃度を、10 wt%程度とする必要があった。より高濃度のマクロゲルを微細化することで、マイクロゲル分散液中の寒天濃度を、高くすることを試みたものの、既存の装置(高速ブレンダーなど)では十分にゲルが破碎されないなどの問題が生じた。今後、高密度にゲル粒子が分散した状態で試料調製する方法を確立し、より高濃度で添加した場合のパンや麺の物性への影響について検討する必要がある。

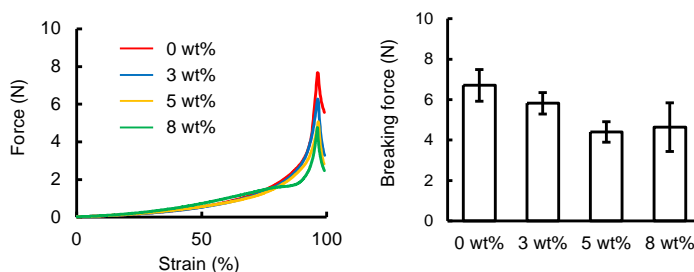


図5 ゆで麺の破断プロファイル(左)および破断荷重(右)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件）

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------