

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 6月 6日現在

機関番号：35309

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21500772

研究課題名（和文）食品の力学物性と構造が澱粉の消化性に与える影響

研究課題名（英文）Effects of physical and morphological properties on starch digestibility

研究代表者

長野 隆男（NAGANO TAKAO）

川崎医療福祉大学・医療技術学部・教授

研究者番号：20304660

研究成果の概要（和文）：

肥満は、日本人の大きな健康問題の1つである。そこで、非澱粉系多糖類を利用して食品の力学物性と構造が澱粉の消化性に与える影響について研究した。グアーガムは、澱粉粒の状態に影響を与えるが、その変化は澱粉の消化性には影響しないと考えられた。非澱粉系多糖類を添加したうどんは、おいしさを大きく損なうことなく、澱粉の消化性を半分に低下させることができた。グアーガムは、グルテンの形成を阻害し、澱粉粒の崩壊を抑制した。

研究成果の概要（英文）：

Obesity is one of the biggest health problems in Japan. In this study, using non-starch polysaccharides, the effects of physical and morphological properties on starch digestibility were investigated. Guar gum inhibited starch components from leaching out of starch granules but this effect did not affect starch digestibility. Adding non-starch polysaccharides to Udon, the digestibility of starches decreased in half without spoiling their texture. Guar gum inhibited the formation of gluten networks and the break-down of starch granules.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2010年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：生活科学・食生活学

キーワード：食品・糖類・食品物性・食品構造・消化性

1. 研究開始当初の背景

わが国でも、他の先進国と同様にメタボリックシンドロームが社会問題となっている。メタボリックシンドロームは内臓脂肪型肥満に、糖代謝異常、脂質代謝異常、高血圧などの症状が加わることで動脈硬化性疾患の

発症リスクが高まる状態とされる。わが国でも2008年4月から特定健康診査、特定保健指導制度が始まり、その予防と改善に向けて様々な試みがおこなわれている。このように肥満は、日本人の大きな健康問題の1つである。そのため、食べても糖質の消化吸収が遅

く、血糖値の上昇が緩やかな、肥満になりにくい食品の開発は重要な研究と考えられる。一方、糖質の消化吸収には、食品の物性と構造が大きく関係していると考えられるが、この面からの研究は少ない。そこで、食品の力学物性と構造が澱粉の消化性に与える影響を明らかにする研究をおこなった。

2. 研究の目的

(1) 糊化後の澱粉粒の構造が澱粉の消化性に影響を与える可能性について検討した。実験は、グアーガムを澱粉の加熱による糊化前と糊化後に添加して異なる澱粉粒の状態を作製し、澱粉の消化性を調べた。

(2) 非澱粉系多糖類を添加することで澱粉の消化性を遅くして血糖値の上昇を緩やかにし、おいしく食べることができるうどんの開発を目指して検討をおこなった。4種類の非澱粉系多糖類（グアーガム、ローカストビーンガム、コンニャクグルコマンナン）の添加効果を調べた。力学物性と澱粉の消化性についての検討をおこない、非澱粉系多糖類がうどんの力学物性と澱粉の消化性に与える影響について検討をおこなった。

(3) グアーガムの添加が、うどんのミクロ構造と澱粉の消化性に与える影響を検討し、構造と澱粉の消化性との関係について明らかにすることを目的に検討をおこなった。グアーガムの添加濃度を変えてうどん試料を作製した。共焦点レーザー走査顕微鏡 (CLSM) によるうどんのミクロ構造とアミラーゼによる澱粉の消化性について調べた。

3. 研究の方法

(1) 共焦点レーザー走査顕微鏡による観察方法

観察試料に FITC を 0.002% となるように加えた。一穴 (φ10) ホールスライドの穴を下面からふさぐようにカバーガラスをかけ、マニキュアで固定した。次に、固定したカバーガラスの上面に観察試料を置き、スライドの穴を上面からふさぐようにカバーガラスをかけてマニキュアで封入した。澱粉試料の観察は、Lica TCS MP2 共焦点レーザー走査顕微鏡装置 (ライカマイクロシステム) を使用した。

(2) 澱粉の消化性評価方法

α-アミラーゼ溶液は、ブタ膵 α-アミラーゼ 0.2g に 20ml の 0.1M マレイン酸バッファー、pH6.0 を加えてマグネットスターラーで 5 分間攪拌溶解後、1500g で 10 分間遠心分離をおこない、その上清を用いた。アミログルコシダーゼ溶液は 0.1M マレイン酸バッファー、pH6.0 で 2 倍希釈したものを用いた。試料 2g

に、4 ml の酵素溶液 (0.5 ml α-アミラーゼ溶液、0.1ml アミログルコシダーゼ溶液、グアーガム溶液 (加熱処理後添加の場合)、0.1 M マレイン酸バッファー、pH 6.0 を適量混合) を加えた。Vortex mixer でよく混和した後、37°C の高温そうで 200 回/分で振とうしながら消化をおこなった。20 分、50 分、80 分、120 分後に試験管から反応液を 0.2 ml ずつ取り出し、0.4 ml の 80% エタノール溶液を加えて酵素反応を停止させた。蒸留水 4 ml を加え 1500g で 10 分間遠心をおこない、その上清を 0.1 ml 取り出し、D-Glucose 測定キットを用いて澱粉が消化されて生成したグルコース量を定量した。消化されたデンプン量は、実験から得られたグルコース量に換算係数 (0.9) を乗じて算出した。SDS は、20 分から 120 分の消化時間で消化された澱粉の消化率から求めた。

(3) 物性測定方法

力学物性測定は、5kg ロードセルと測定治具 Cooked Pasta Quality/Firmness Rig (A/LKB-F) を装着したテクスチャーアナライザー (TA-XT2i, SMS 社) を用い AACC Method 16-50 に基づいておこなった。測定は、茹で麺を測定台に 5 本並べ、破断速度 0.2 mm/s、破断歪 95% の条件でおこなった。試料は 3 回以上作製し、同じ試料で 5 回測定をおこなって評価した。

4. 研究成果

(1) 澱粉の消化性に与えるグアーガムの影響

糊化後の澱粉粒の構造と澱粉の消化性の関係について研究した。まず、澱粉のみで、加熱温度が澱粉の消化性に与える影響を検討した。その結果、澱粉の消化率は、50°C から 60°C の加熱処理で大きな上昇が観察され、80°C 加熱処理まで高くなった。

次に、グアーガムが糊化後の澱粉粒の構造に与える影響について、共焦点レーザー走査顕微鏡 (CLSM) を用いて検討した。その結果を図 1 に示す。グアーガムを添加すると、澱粉粒から澱粉構成成分は溶出せずにとどまっている状態が観察された。さらに、グアーガム加熱前添加と加熱後添加の条件で、slowly digestible starch (SDS) とグアーガム濃度との関係を検討し、得られた結果を図 2 に示す。グアーガム濃度が高くなるに従って SDS の割合は増加したが、グアーガムの添加方法の違いで SDS の割合に違いはみられなかった。

以上のことから、グアーガムの濃度を高くすると澱粉の消化性はより抑制されるが、糊化後の澱粉粒の構造は澱粉の消化性にほとんど影響を与えないと考えられた。

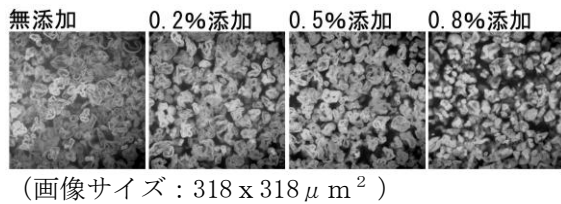


図1 グアーガム添加量と澱粉粒の構造との関係

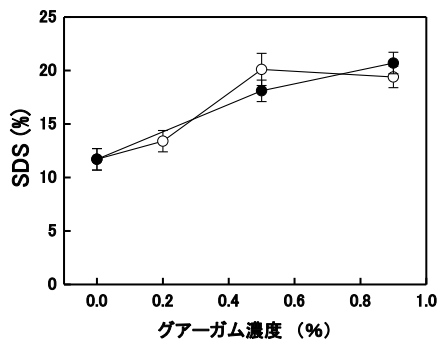


図2 SDSとグアーガム濃度との関係
○：グアーガム加熱前添加，
●：グアーガム加熱後添加

(2) 非澱粉系多糖類がうどんの特性に与える影響

小麦粉の5%を置き換えて非澱粉系多糖類を添加してうどん試料を作製した。まず、うどんの力学物性を測定し、得られた破断歪の結果を図3に示す。破断歪は、コントロールが $87.9 \pm 0.9\%$ に対して、非澱粉系多糖類を添加したうどんでは $5.9 \sim 7.9\%$ 低い値であった。非澱粉系多糖類を添加することにより、うどんの破断歪が低下することが示された。

次に、澱粉の消化率と消化時間との関係を調べ、得られた結果を図4に示す。アミラーゼによる澱粉の消化は、初期の30分間に急激に進行し、そのあとは緩やかに進むことが示された。120分後の澱粉の消化率は、コントロールが $61.4 \pm 1.1\%$ に対して、非澱粉系多糖類を添加したうどんでは $29.3 \sim 34.4\%$ 低い値となった。すなわち、非澱粉系多糖類を5%添加することで、澱粉の消化性は半分程度まで低下させることができた。また、非澱粉系多糖類の違いによる澱粉の消化性の違いは観察されなかった。

非澱粉系多糖類を添加することによりうどんの破断歪は低下し、澱粉の消化性も低下した。破断歪はうどんの粘弾性特性として重要であり、官能評価をおこなった結果からも食味の評価はコントロールよりも低い結果となった。しかしながら、非澱粉系多糖類を添加したうどんの官能評価結果は、基準品と

同程度の評価であり、おいしく食べることができるレベルであると考えられる。澱粉の消化性が半分に低下することから、血糖値の上昇も緩やかになることが期待される。今後、ヒトでの臨床試験をおこなう必要がある。

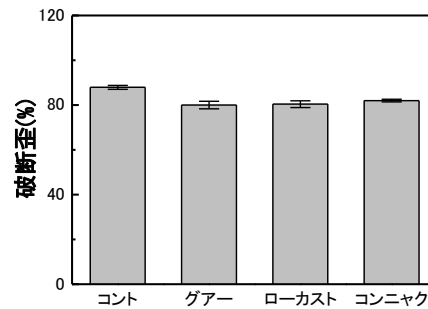


図3 非澱粉系多糖類添加がうどんの破断歪に与える影響

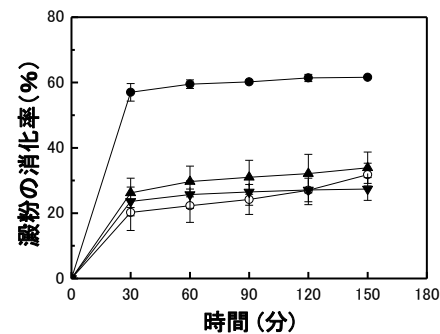


図4 非澱粉系多糖類の添加と澱粉の消化率との関係

●：コントロール，○：グアーガム添加，△：ローカストビーンガム添加，▼：コンニャクグルコマンナン添加

(3) グアーガムがうどんの構造と澱粉の消化性に与える影響

グアーガムを添加したときのうどんの構造と澱粉の消化性に与える影響を調べた。

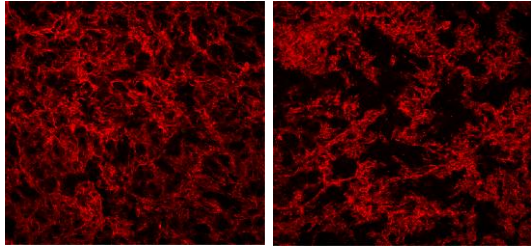
まず、CLSMを使用して、うどんの表面と横断面を観察した結果を、それぞれ図5と6に示す。赤く強く発色している部分がタンパク質でグルテンネットワークを示し、それよりも弱く発色している部分が澱粉粒と考えられる。

うどん表面の観察をおこなった結果、コントロールではタンパク質の網目が細かく、満遍なく広がっている結果であった。それに比べ、グアーガムを添加したうどんではタンパク質の網目はまばらな結果であった。うどんの横断面の観察をおこなった結果、コントロールではタンパク質の網目が細かく、密な結果であった。それに比べ、グアーガムを添加したうどんではタンパク質の網目は疎な結

果であり、澱粉粒が多く観察された。

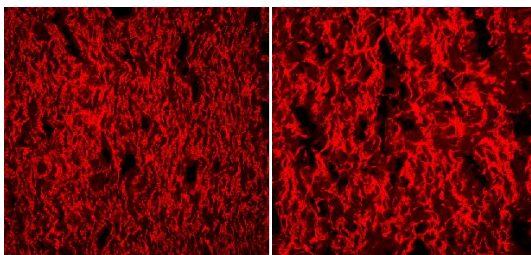
濃度を変えてグアーガムを添加したときの澱粉の消化性を検討した。得られた結果を図7に示す。グアーガムの添加濃度を増やすと、澱粉の消化性は抑制された。

グアーガムを添加した際の、うどんのマイクロ構造と澱粉の消化性を調べた。その結果、グアーガムはグルテンのネットワーク形成を阻害し、澱粉粒の加熱による崩壊を抑制することが示された。さらに、グアーガムの添加濃度を増やすに従い、澱粉の消化性は抑制されることが示された。



コントロール 5%グアー添加
(画像サイズ: 1.27 x 1.27mm²)

図5 うどん表面のCLSM観察画像



コントロール 5%グアー添加
(画像サイズ: 1.27 x 1.27mm²)

図6 うどん横断面のCLSM観察画像

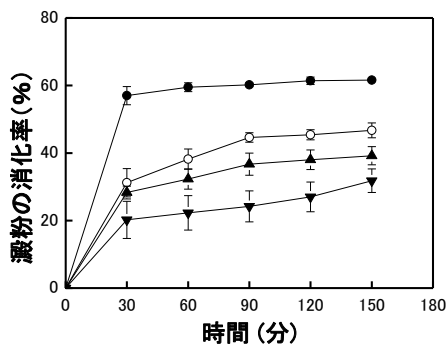


図7 グアーガムの添加量と澱粉の消化率との関係

● : 0%, ○ : 1%, ▲ : 2.5%, ▼ : 5%

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計3件)

- ① Takao Nagano, Masayuki Tokita, Viscoelastic properties and microstructures of 11S globulin and soybean protein isolate gels: magnesium chloride-induced gel, Food Hydrocolloids, 25, 2011, 1110-1115
- ② 長野隆男, 樋渡友美、河原和枝、デンプンの消化性に与えるグアーガムの影響川崎医療福祉学会誌, 査読有, 20 (2), 2011, 391-396
- ③ 長野隆男, 植物タンパク質, 繊維学会誌, 査読無, 65, 2009, 462-465

〔学会発表〕(計6件)

- ① 長野隆男, 多糖類を用いた澱粉食品の物性と消化性の制御, 岡山県食品新技術応用研究会(招待講演), 2012年3月13日, テクノサポート岡山(岡山)
- ② 長野隆男, アミロペクチンの超長鎖が米澱粉の糊化・老化特性に与える影響, 日本家政学会第63回大会, 2011年5月28日, 和洋女子大学(千葉)
- ③ 樋渡友美, 最所由衣, 長野隆男, デンプンの老化特性と消化性に与えるコンニャクグルコマンナンの影響, 第57回日本家政学会中国・四国支部研究発表会, 2010年10月10日, 山口県立大学(山口県)
- ④ Takao Nagano, Viscoelastic properties and structures of 11S and soybean protein isolate gels, 5th Pacific Rim Conference on Rheology, 2010年8月5日, Hokkaido University(北海道)
- ⑤ 長野隆男, デンプンの老化特性に与えるコンニャクグルコマンナンの影響, 日本家政学会 第62回大会, 2010年5月30日, 広島大学(広島県)
- ⑥ 長野隆男, デンプンの消化性に与えるグアーガムの影響, 日本調理科学会, 2009年8月29日, 同志社女子大学(京都)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

- 出願状況(計0件)
- 取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

長野 隆男 (NAGANO TAKAO)

川崎医療福祉大学・医療技術学部・教授

研究者番号：20304660