

令和 2 年 7 月 6 日現在

機関番号：13902

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K00814

研究課題名(和文)高温障害米の有効活用をめざした米粉パンの新規製造法の検討と加工処理澱粉の特性評価

研究課題名(英文) Studies for the new production of rice bread and the characteristic evaluation of modified rice starch to make effective use of the rice grains stressed at high temperature during the filling

研究代表者

筒井 和美 (Tsutsui, Kazumi)

愛知教育大学・教育学部・准教授

研究者番号：50435278

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：米粉パンの新規製造法について検討し、機能性食品の添加により米粉の製パン性を向上させることができた。製パン時の膨化機構について顕微鏡観察、DSC測定、膨潤度測定から明らかにした。地球温暖化にともなう高温の影響を受けた米(高温障害米)に温水処理や湿熱処理を施すと糊化特性が変化した。加工処理は高温障害米を用いた食品の食味を改善させるのに役立つだろう。

研究成果の学術的意義や社会的意義

米粉パンの新しい製造法に基づき、小麦・乳・卵を用いずに機能性食品の添加によって製パン性を向上させ、我々の食生活の変容に対応しやすくなった。製パン時の膨化機構を網羅的な実験から明らかにすることができた。地球温暖化にともなう高温により増量している高温障害米に温水処理や湿熱処理を施して、新たな機能性を見出した。本研究の成果は食糧問題や環境問題を解決する一助になると期待できる。

研究成果の概要(英文)： The new production of rice bread was studied, and the specific volume of rice bread was increased by functional foods. The spread mechanism of rice bread was revealed by microscopic observation, differential scanning calorimetry measurements, and the measurements of swelling power. When the flour and starch of rice grain stressed at high temperature during the filling were modified, the gelatinization properties of the samples changed. The annealing and heat-moisture treatment will be helpful to improve the physicochemical properties of the high temperature stressed rice products.

研究分野：生活科学・食生活学

キーワード：米 米粉 米澱粉 パン 高温障害

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

昨今の地球温暖化にともなう高温は、米、小麦など穀類の品質や収量に悪影響を及ぼし、深刻な環境問題に発展している。たとえば、食用米である一等米は外観がふっくらとして光沢のある完熟米が70%以上、被害米や着色米などは15%以下、その他水分15%から成る。一等米の収穫量に対する割合は一等米比率と定義されているが、稲の出穂後20日間の日平均気温(登熟温度)が23~24を超えると外観不良の米が発生し始め、27以上ではその発生歩合が20%を超え、一等米比率は低下する。米所の新潟県において粳玄米の一等米比率は平成21年(登熟温度24.4)の90.1%に対し、平成22年(28.0)は20.3%に激減し、米の品質劣化が深刻であった。このような高温による米の品質劣化を理解するため、高温障害米の特性評価と有効活用のための手段を検討することにした。

これまで研究代表者は高温障害米の一つである乳心白米に着目して、食味劣化の機構を解明するため画像解析に基づいた米の新規食味評価法の確立(平成21~22年度科学研究費若手研究(B)21700744)、高温障害米澱粉の物理化学的的特性の評価(平成23~25年度科学研究費若手研究(B)23700883)について研究を遂行してきた。新潟県三条市産コシヒカリの場合、乳心白米の白濁した心白面積の割合が増加すると千粒重や粒径は低下し、SEM観察では心白部分の澱粉表面は損傷していた。一般に登熟期に高温栽培されると、その米澱粉の分子量は増加するが、研究で用いた試料の分子量には高温障害の影響はほとんど見られなかった。また、高温障害米の米飯は特異的な澱粉形状の影響をうけて、硬く脆い食感を示した。その後、高温障害米を活用した食品開発に関する研究(平成26~28年度科学研究費基盤研究(C)26350092)を行った。近年、日本人の食の欧米化にともないパンや麺類の消費量が増加しており、食物アレルギー(小麦・乳・卵)を考慮した米粉パンを調製しその特性を評価した。小麦粉にはグルテンの存在によってパン生地がイーストによる空気を抱き込みやすいが、米粉の生地は膨化しにくく、焼成後の米粉パンの食感が好ましくないことが課題となった。また、高温障害米の加工処理として、独自に抽出した米澱粉に温水処理を施し、付加価値の向上を目指した。

本研究ではこれらの経緯をふまえ、グルテンの代用を目的として複数の機能性食品を選び、米粉パンの生地の膨化に役立つかを検討するとともに、網羅的な物理化学的測定からその膨化機構を明らかにしたいと考えた。また、高温障害米の加工手段として温水処理、湿熱処理を施し物理化学的的特性を変化させ、さらに付加価値を高め食料資源の有効化を試みることにした。

2. 研究の目的

本研究は科学研究費基盤研究(C)(26350092)の継続課題として、地球温暖化により増量している高温障害米の有効活用を目的に、機能性食品を添加して米粉パンの新規製造法を検討した。また、加水量と加熱を制御して高温障害米(米粉、米澱粉)の物理化学的的特性を変化させる温水処理及び湿熱処理をそれぞれ行い、付加価値を高めることを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 米粉パンの新規製造法の検討

実験試料

平成27年愛知県産粳米(あいちのかおり)を2種類の方法で製粉し、損傷澱粉率の異なる2種類の米粉(4.1%、13.4%)を用意した。グルテンの代用となるよう機能性食品を3種類選んだ。加水比率は米粉の乾物重量に対する100~130%まで検討した。予め、純水と米粉を業務用ミキサー(キッチンエイド社製KSM7)で攪拌し、その後、機能性食品やスクロース(ナカライテスク製特級)、市販ドライイースト(日清スーパーカメラヤ)を加えてさらに混和した。米粉ドウ400gを焼き型に計り入れ、恒温恒湿器(東京理科器械製KCL-2000W)を用いて38~85%RHで90分間発酵させた。その後、ガスオープン(Rinnai製RCK-S10AS)で180~30分間焼成した。

米粉パンの品質評価

焼成後の米粉パンを常温で2時間放冷して重量を計量し、容積は菜種置換法により概算し比容積(cm^3/g)を見積もった。米粉パンの断面は高解像度スキャナー(キャノン製CanoScan 8800F)で取り込み、色調は色彩色差計(コニカミノルタ製CR-5)を用いてクラスト、クラムをそれぞれ測定した。

試料の顕微鏡観察

米粉と機能性食品の構造をミクロに観察するため、常温で卓上顕微鏡(HITACHI製Technology製TM4000 Plus)で1,000倍と3,000倍で観察した。また、簡易偏光顕微鏡(オリンパス製CX41LF、DP26-CU、DP2-PC5)を用い、加熱前後の米粉の粒径や結晶度の変化を調べた(400倍)。なお、加熱後の試料として後述の膨潤度測定後の米粉を用いることにした。

示差走査熱量(DSC)の測定

超高感度示差走査熱量計(SII製DSC6100、日立ハイテクス製DSC炉体部)を用いて、米粉(乾物重量)10mgを70mL容量の銀セルに計量し、試料濃度が20wt%になるよう加水し、全量50mgを完全密封した。その後、25~90分間浸漬させ、25~140℃まで1℃/分で昇温させた。得られた吸熱ピークから糊化温度や糊化エネルギーを解析し、米粉の損傷澱粉率の影響を調べた。なお、機能性食品を添加する際は、米粉の一部を置換し、試料の全重量(乾物重量)が10mgになるようにした。

膨潤度の測定

3wt%米粉分散液 1.5mL になるよう米粉と純水を 2mL 容量マイクロチューブにそれぞれ計り入れ、サーモシェーカー (FAVORGEN BIOTECH CORP. 製 FATSM002) を用いて 25 で 90 分間攪拌させた。試料を微量高速冷却遠心機 (Tomy 製 MX305) を用いて遠心分離し (25、2,000×g、20 分間) 上澄みを取り除いた試料重量を計量した。その後、マイクロチューブに別の純水を加え、湯浴で 50、60 で各 30 分間加熱し、同様の方法で遠心分離後、上澄みを除いた試料重量を計量した。遠心後の試料重量を乾物重量に対する比として、膨潤度をそれぞれ見積もった。

(2) 高温障害米 (米粉、米澱粉) の加工処理

試料と加工処理

高温栽培された平成 22 年新潟県三条市産コシヒカリから高温障害米を選別した。精米して、乳鉢で潰して米粉を調製し、独自にプロナーゼ処理して米澱粉を抽出した。(1) の方法に準じて 20wt% 米澱粉分散液 50mg を銀セルに詰め、示差走査熱量計 (SII 製 DSC6100) の炉内で 25 90 分間浸漬後、25、48、54 で各 12 時間加熱し、温水処理をした。

一方、試料の水分含有率 10~20wt% にしてオートクレーブ (トミー精工製 LSX-300) で 120 5 時間加熱し、湿熱米粉と湿熱米澱粉を調製した。コントロールはいずれも平成 22 年新潟県三条市産コシヒカリ (完熟米) の米粉、米澱粉とした。

示差走査熱量 (DSC) の測定

超高感度示差走査熱量計 (SII 製 DSC6100、日立ハイテクス製 DSC 炉体部) を用いて、20wt% の分散液 50mg を 70mL 容量の銀セルに充填し、25~140 まで 1 /分で昇温させた。得られた吸熱ピークから、加工処理された試料の糊化温度や糊化エネルギーをそれぞれ解析した。

膨潤度の測定

前述の (1) と同様の方法で、湿熱処理後の試料の膨潤度を求めた。25 90 分間攪拌させた後、60 で 30 分間加熱した。

加工処理後の顕微鏡観察

簡易偏光顕微鏡 (オリンパス製 CX41LF、DP26-CU、DP2-PC5) を用いて、加工処理前後の粒径や結晶度の変化を調べ (400 倍) 前述の DSC 測定の結果とあわせて加工処理の効果について考察した。

4. 研究成果

(1) 米粉パンの新規製造法の検討

米粉パンの新規製造法

恒温恒湿器の利用と米粉の製粉方法の検討によって、製パン時の加水比率を 110% まで低下させられた。損傷澱粉率が低い米粉はパンの比容積が大きく、製パン性が高いことが確認されたため、以後、損傷澱粉率の低い米粉 (4.1%) を用いて米粉パンの新規製造法を試みた。米粉パンの比容積は機能性食品の添加率の増加にともない大きくなったが、一部の機能性食品はある一定の添加濃度を超えると比容積は低下した。機能性食品の添加時は損傷澱粉率の低い (4.1%) 米粉パンの比容積が 3~5 (cm³/g)、無添加パンは約 2 (cm³/g) を示した。添加米粉パンの比容積が大きいと (4cm³/g 以上) パンの上部に空洞が生じることがあった。

米粉パンの色調

クラムの色調は焼成後の断面の部位、切り方の影響を受けたが、米粉パンの比容積が大きいと b^{*} 値が小さくなる傾向にあった。表面であるクラストの色調も測定したが、焼成時のオープンの熱源の距離に影響していた。

試料の顕微鏡観察

常温で米粉 2 種類、機能性食品を高倍率でそれぞれ観察すると、損傷澱粉率の高い米粉の表面には一部凹凸が見られ、機能性食品は種類によってその形状や大きさは様々であった。

加熱すると損傷澱粉率が高い米粉の粒径は大きくなりやすく、澱粉の結晶を示す偏光十字は消失しやすかった。

米粉の膨潤度

損傷澱粉率の高い米粉の膨潤度はいずれの温度においても損傷澱粉率の低い米粉より大きく、吸水量が多いことがわかった。前述の顕微鏡観察の結果より、損傷澱粉率の高い米粉は表面積の増加によって未加熱の 25 下でも吸水量が多くなったため、製パン性は低くなったと推察された。なお、加熱温度が高くなるにつれ、いずれの米粉も膨潤度は大きくなった。

糊化特性と融解特性

製パンに用いた米粉は粳米のため、低温側と高温側にそれぞれ吸熱ピークが見られた。損傷澱粉率の低い米粉は、損傷澱粉率の高い米粉に比べて糊化開始温度 (T_{01}) が高く、糊化エネルギー (H_1) は大きかった。製粉過程で米粉の構造が破壊されにくいと、損傷澱粉率が低くなり、融点は高くなった。

機能性食品の融解温度は種類によって異なった。損傷澱粉率の低い米粉に機能性食品を添加すると、低温側吸熱ピークの糊化温度や糊化エネルギーが変化し、米粉と結合してより強固な構

造を形成していると推察された。しかし、一部の機能性食品においては加熱中に機能性食品同士が重合している可能性があるだろう。

(2) 加工処理後の高温障害米(米粉、米澱粉)の特性評価

温水処理

温水処理後の米澱粉は、完熟米、高温障害米ともに糊化開始温度(T_{01})が上昇した。また、温水処理温度の上昇にともない糊化開始温度(T_{01})が上昇し、糊化温度範囲($T_{c1} - T_{01}$)は小さくなった。54 12時間温水処理すると、完熟米の米澱粉の粒径は大きくなり、結晶性は消失した。温水処理によって、澱粉の一部糊化が生じたことが確認できた。

湿熱処理

水分含有率が高いほど、湿熱処理の効果は大きくなった。水分含有率20%で湿熱処理すると、完熟米、高温障害米の米粉はともに低温側及び高温側の吸熱ピークの糊化開始温度(T_{01} 、 T_{02})が上昇した。顕微鏡観察すると湿熱米粉の粒径は大きくなり、結晶性は消失していた。湿熱処理によって一部糊化が進み、物性は変化したと考えられる。高温障害米においても同様の方法で検討したが、湿熱処理が難しく、加工処理後の特性評価を再検討する必要がある。米澱粉の場合でも、湿熱処理によって完熟米の T_{01} 、 T_{02} は上昇した。

完熟米の米粉、米澱粉の膨潤度は、25 90分間後の場合、湿熱処理により増加した。高温障害米の場合も、完熟米米粉と同様の湿熱処理の効果がみられた。

今後は、高温障害米のさらなる有効活用にむけて加工処理後の粘度や老化度についても測定し、米加工品の開発にも役立てていく必要がある。

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 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 筒井和美、岩下滉平、田中裕子、奥村日菜子、権田 栞、西成勝好
2. 発表標題 米澱粉の熱特性に及ぼす温水処理の影響
3. 学会等名 日本調理科学会 平成29年度大会
4. 発表年 2017年

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----