

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 8 日現在

機関番号：13902

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350092

研究課題名(和文) 食料自給率向上のための高温障害米を活用した食品開発に関する研究

研究課題名(英文) Studies for the food products of rice grains stressed at high temperature to improve food self-sufficiency

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) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：食料自給率向上のため、高温障害米の澱粉特性と食品開発について研究した。2009年産及び2010年産の高温障害米澱粉の調理特性(糊化、老化)を示差走査熱量計(DSC)で調べると、その糊化温度や糊化エネルギーは完熟米澱粉とは異なった。高温障害米澱粉の物理化学的特性を改良するため、2010年産乳心白米澱粉を25、48、54℃で各12時間温水処理すると、熱特性が変化した。グルテン、卵、乳を使用せず焼成した米粉パンの比容積は、米粉重量に対する加水比率が130%の時、大きかった。

研究成果の概要(英文)：We studied the starch characteristics and food products of the rice grains stressed at high temperature to improve food self-sufficiency. When the thermal properties for the isolated starches of high temperature stressed chalky grains harvested in 2009 and 2010 were investigated by differential scanning calorimetry(DSC), the gelatinization temperature and the gelatinization enthalpy of the starches were different from those of the perfect grains. Rice starch of chalky grain harvested in 2010 was annealed at 25, 48, 54℃ for 12 hours to improve the physicochemical properties of starch. The thermal properties of starch changed by annealing. The specific volume of rice bread made without gluten, egg, and milk was large when the ratio of water to rice flour was 130%.

研究分野：生活科学・食生活学

キーワード：米 澱粉 高温障害 温水処理 米粉パン

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、米をはじめとする穀物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1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。1等米の収穫量に対する割合は1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、1等米比率は低下する。たとえば、米どころである新潟県においては、粳玄米の1等米比率は2009年(登熟温度24.4)の90.1%に対し2010年(28.0)は20.3%に激減し、米の品質劣化が深刻であることがわかる。このような高温による米の品質劣化は、我われの食生活をはじめ、食料経済にも影響を与えかねない。

これまで、申請者は高温障害米のひとつである乳心白米に注目し、食味劣化の機構を解明するべく、画像解析に基づいた米の新規食味評価法の確立に向け、研究を遂行してきた(平成21~22年度科学研究費若手研究B21700744、平成23~25年度科学研究費若手研究B23700883)。新潟県三条市産コシヒカリの場合、乳心白米の白濁している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粒の表面は損傷していた。一般に登熟期に高温障害を受けた米の澱粉は、分子量が増加するとされている。しかし、研究で使用した試料米の分子量に高温障害の影響はほとんど見られなかったが、グルコース量の増加が確認され、高温によって米粒内のアミラーゼの活性化が生じていると推察された。また、高温障害米の飯粒は破断測定により脆いことが明らかになった。これは、高温障害米中に丸い澱粉粒がルーズに充填していることが要因の一つと考えられた(*J. Appl. Glycosci.*, 60(1), p.61-67, 2013)。

さらに、高温障害米を有効活用するために、その澱粉の調理特性(糊化)を解明した。プロナーゼにより抽出した高温障害米澱粉の糊化温度や糊化エネルギーを示差走査熱量計にて調べ、これまでの先行研究の結果と比較検討した。

本研究では、引き続き、高温障害米澱粉の調理特性(糊化、老化)を熱分析から調べるとともに、高温障害米澱粉に温水処理を施し、新機能を付与させ、高温障害米を活用した食品開発につなげたい。また、市販米粉を用いて、グルテン、卵、乳を使用せず製パンし、膨化比や比容積などから最適な製パン条件を見出し、製パン技術の向上に貢献したい。

2. 研究の目的

本研究では、地球温暖化(高温)の影響を受けた外観不良米の高温障害米(乳心白米)の有効活用をめざし、その澱粉の調理特性

(糊化、老化)を解明すること、また、高温障害米澱粉に新たな機能性を付与することを目的としている。同時に、愛知県産米粉パンの調製をグルテン、卵、乳を用いずに検討し、製パンの最適な条件を見出すことにした。この製パンの検討によって、食料自給率向上をはじめ、近年の食の洋風化、食物アレルギーなどさまざまな食問題の解決の一助にする。

3. 研究の方法

(1) 高温障害米澱粉の調理特性と温水処理 高温障害米とその澱粉の抽出

試料米には、2009年、2010年新潟県三条市産コシヒカリを用いた。一般に市販されている1等米(玄米)から透明度が高く、丸みのある完熟米を選び、高温障害米には規格外として除外された未熟粒から乳心白米を選別した。特に、乳心白米は穀類判別器(ケット科学研究所製RN600)で分類の後、ライトボックス(FUJICOLOR製New-5000)を用いて目視で選別した。それぞれの試料米から、各澱粉をプロナーゼにより抽出し、乾物状態で実験開始時まで冷蔵庫内(福島工業製ARD-120RM)で保管した。

熱分析

超高感度示差走査熱量計(旧SII製DSC6100)を用いて、70 μ L容量の銀セルに前述の抽出した高温障害米澱粉(乾物重量)10mgを計量し、試料濃度が20wt%になるよう加水した。その後、25~90分間浸漬し、25~120まで1/分で昇温した。1stスキャン時の糊化温度、糊化エネルギーを解析ソフトで解析した。その後、糊化後の銀セルを490日間冷蔵保管し、再度同様の加熱条件で再昇温し(2ndスキャン)老化後の高温障害米澱粉の糊化温度、糊化エネルギーについて調べた。

温水処理については、同様の試料濃度で25、48、54で各12時間、熱量計の炉内で処理した。その後、試料の品温を25まで降温させ、再度25~120まで1/分で昇温し、糊化温度や糊化エネルギーがどのように変化するかを調べた。

偏光顕微鏡観察

米澱粉の形状と結晶度を簡易偏光顕微鏡(オリンパス製CX41LF、DP26-CU、DP2-PC-S)を用いて確認した。観察に用いた試料には25~90分間膨潤後、50、60、70の各30分間加熱後、温水処理後のものをそれぞれ用意した。

(2) 市販米粉パンの製パン実験

膨化比と比容積、色調

業務用ミキサー(キッチンエイド社製KSM7)にて愛知県豊田市産米粉(大地の風)、上白糖、純水、市販ドライイーストなどを攪拌し、焼成前の米粉ドウの膨化を生地膨張力

測定法にて調べた。特注のメスシリンダーに生地 60g を入れ、10 分毎に目視で観察し、実験開始 0 分時の生地体積に対する観察時の体積の比を見かけの膨化比として概算した (38)。また、発酵 90 分間後、ガスオーブン(リンナイ製 RCK - 10M)で 180℃ 30 分間焼成した。菜種置換法により、焼成 2 時間後のパンの体積と重量を調べ、比容積を求めた。同時に、焼成後のクラスト、クラムの色調については、色彩色差計(コニカミノルタ製 CR - 5)で測定した。なお、米粉乾物重量に対する純水の添加量の比、加水比率は 100 ~ 200%まで検討した。

温水処理の場合は、予め米粉全重量の 30wt%分を 25 または 48℃ で各 12 時間温水処理したものと置換し、実験に供した。

試料である米粉の成分は、以下のとおりである。水分含量 11.7%(常圧加熱乾燥法)、アミロース含量 17%、損傷澱粉 12.7%、脂質 1.0%(酸分解法)、たんぱく質 7.0%(ケルダール法)。

熱分析

前述の愛知県豊田市産米粉(大地の風)を用いて、20wt%米粉分散液を銀セルに入れ、25℃ または 48℃ にて 12 時間、超高感度示差走査熱量計(旧 SII 製 DSC6100)にて温水処理を施した。その後、25 ~ 120℃ まで 1 / 分で昇温し、使用米粉の糊化温度、糊化エネルギーを求めた。

4. 研究成果

(1) 高温障害米澱粉の調理特性と温水処理

高温障害米澱粉の調理特性

高温障害米澱粉の糊化は、高温障害を受けていない完熟米澱粉に比べ特異的であった。一般に粳米澱粉を熱分析すると、低温側と高温側に 2 つの吸熱ピークが見られ、前者はアミロペクチンの溶融、後者はアミロース脂質複合体の溶融に由来するものと言われている。本研究では、低温側の吸熱ピークに相違が見られたが、高温側はいずれの米澱粉も同様の結果を示した。

1st スキャン後の試料を 4 ~ 90 日間冷蔵すると、試料の種類を問わず、長期冷蔵により老化が促進していた。しかし、2nd スキャン時は実験の再現性を得るのが難しく、老化に及ぼす試料米の収穫年度の影響についてはさらなる検討が必要である。

高温障害米澱粉の温水処理

澱粉の温水処理とは、糊化温度以下で大量の水存在下で加熱処理し、澱粉の物理化学的特性を変化させることである。本研究では温水処理を示差走査熱量計内で実施すると、完熟米澱粉、高温障害米澱粉のいずれの試料も、温水処理によって低温側の吸熱ピーク(糊化)が変化したが、高温側ピークは変わらなかった。温水処理の影響は澱粉の種類によってどのように異なるのか不明瞭のため、さら

なる検証を継続予定である。

偏光顕微鏡観察

加熱温度が上昇すると、完熟米、高温障害米(乳心白米)の各澱粉は粒子が大きくなるとともに、結晶性は消失した。

温水処理の場合は、米澱粉の粒子が約 6 μ m と小さいため、温水処理温度が米澱粉の形状や結晶度に及ぼす影響について再現性が得られなかった。今後、実験回数を重ね検証する必要がある。

(2) 市販米粉パンの製パン特性

膨化比と比容積、色調

愛知県豊田市産米粉(大地の風)の製パン特性に及ぼす加水比率の影響について検討すると、加水比率の上昇にともない膨化比は増加し、特に 160%時に最も膨化比が大きかった。しかし、焼成すると、加水比率 160%時のクラム部に大きな空洞が見られた。製パンの攪拌時間が短いため、生地形成がされていない恐れがあった。

そこで、製パン条件を改善し、添加物を加えて製パンした。加水比率 130%時に最も膨化比、比容積が増加するとともに、クラム部に空洞のないパンが焼き上がった。米粉パンの色調を調べると、小麦粉パンに比べてクラストが白くなった。

以上より、製パン条件を検討すると、米粉パンの膨化比、比容積は増加した。しかし、米粉特有の粘りがクラム部の食感に生じるため、改善に向けた諸条件の検討がさらに必要である。今後は、焼成後のテクスチャーなどパンの品質に関わる特性も調べていく。

温水処理の影響

加水比率 160%の場合、25℃ 12 時間温水処理の生地を 30%置換すると、米粉ドウが速く膨化し始めたが、48℃ 12 時間の場合はほとんど膨化しなかった。加水比率が高いため、焼成前の生地が膨化しても自重によって凹みが生じたことから、加水比率を低下させ、製パン条件を改良する必要がある。

熱分析の結果から、製パンに用いた米粉に温水処理を施すと低温側の吸熱ピークのみ変化することがわかった。25℃ 12 時間の場合、低温側ピークの糊化開始温度が低下し、糊化エネルギーは増加した。48℃ 12 時間の場合、糊化開始温度、糊化エネルギーともに上昇した。熱分析ではパン生地ではなく米粉の糊化特性を調べたが、前述の 25℃ 12 時間の生地の膨化促進には、温水処理中に内在型酵素により米澱粉が低分子化されたためと推察された。

本研究では、食料自給率向上のため、温暖化で発生した高温障害米の澱粉特性(糊化、老化)を解明するほか、新しい機能性の付与に成功した。また、市販米粉を用いて製パンの条件や配合比などを検討した結果、膨化比、比容積の増加につながった。今後も、地球温

暖化によって増量している高温障害米の有効活用に向けて、さらなる取り組みが必要である。

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計 2 件)

筒井和美、田中裕子、長尾杏樹、斉藤萌絵、辻村幸紀、西成勝好：高温障害米澱粉の糊化と老化、日本調理科学会平成 28 年度大会、2016 年 8 月 28 日、名古屋学芸大学(愛知県・日進市)

宇佐見佳恵、伊藤里佳子、佐藤三恵、大和佳純、島村葵衣、筒井和美、早瀬和利、西成勝好：愛知県産米粉パンの膨化特性、日本調理科学会平成28年度大会、2016年8月28日、名古屋学芸大学(愛知県・日進市)

6. 研究組織

(1) 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