

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 17 日現在

機関番号：12611

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23500925

研究課題名(和文)大麦の炊飯および吸水特性に関する基礎的研究

研究課題名(英文)Study of barley focussing on water absorbtion and cooking

研究代表者

香西 みどり(KASAI, Midori)

お茶の水女子大学・大学院人間文化創成科学研究科・教授

研究者番号：10262354

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円、(間接経費) 1,170,000円

研究成果の概要(和文)：大麦をとう精した丸麦は加熱加工を伴う押麦や米粒麦と異なり炊飯中の酵素作用が期待される。85%、60%とう精丸麦、押麦を試料とし、90%とう精白米と比較して麦飯の糖の生成および内在性酵素作用について検討した結果、とう精丸麦のデンプン分解活性が米より高く、米との混炊においてそれぞれの単独炊飯よりも多くの還元糖が生成することが明らかになった。大麦のアミラーゼが米および大麦のデンプンを分解し、米のグルコシダーゼが作用しやすくなり、混炊飯の還元糖、特にグルコースが増加することが示唆された。大麦は嗜好的には単独より米との混炊が好ましく、大麦40%の混炊飯は粘りがやや少ないながら官能評価により受容された。

研究成果の概要(英文)：The barley which was milled is expected to have the enzyme activity compared to the pressed and split barley from the milled 55-60% grains, these were processed by heating. The barley milled 85 and 60% were used as the samples with the 90% milled rice as the reference, and was investigated the relationship between the production of sugars and the activity of endogenous enzyme of the barley. The starch degrading enzyme activity of the barley was much higher than that of rice and the mixed cooking of barley and rice had larger amount of sugars than that of each cooking. It was found that the degradation of starch by amylase caused the increase of glucose by glucosidase, as a result the amount of reducing sugar of the mixed cooked rice and barley increased. The sensory test revealed that the palatability of the mixed cooked rice and barley of 40% was better than those of cooked barley of 100%.

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：大麦 米 炊飯 糖 水分分布

1. 研究開始当初の背景

(1)大麦は世界で約 1.4 億トン生産されており、トウモロコシ、米、小麦、ダイズについて 5 番目に生産量が多い。大部分は飼料や醸造原料に使われ、食料として利用されるのは僅かである。大麦を食する国は日本、韓国、ヒマラヤ、エチオピア、モロッコなど一部に限られており、わが国の大麦の国内消費量は一人あたり 0.2kg/年で米の 61kg/年に比べ非常に少ない。大麦に含まれるグルカンには血中コレステロール値低下作用や血糖値低下作用があり、食物繊維やミネラル類、ビタミン類が精白米より多く、さらに抗酸化物質であるポリフェノール類、トコフェロール類が含まれている。大麦には六条大麦と二条大麦があり、麦飯や麦茶に用いられるのは六条大麦である。本研究で扱う大麦は六条大麦であり、以下大麦と記載する。わが国で食用とされた大麦は米の増量剤として用いられることが多く、大麦を麦飯として食べるようになったのは平安時代からといわれる。米の歴史よりは遅いものの大麦の食用としての歴史は古いにも関わらず、大麦の食用としての需要は昭和 30 年代の 100 万トンから現在の約 2 万トンに激減している。

(2)以前は精白した大麦(丸麦)は吸水が悪いため一度茹でてから米と混炊していたが、明治時代より大麦を加熱圧パンすることで吸水性を高めた押麦が普及し、現在では半分にカットした米粒麦などの加工品も流通されている。これらを米と一緒に炊飯した飯および大麦 100%飯を麦飯といっている。現在、大麦 100%飯は一般には食されず、丸麦の吸水が悪いためにテクスチャーや味にも影響していると考えられるが、大麦のとう精度や炊飯方法によっては嗜好性の高い 100%麦飯も考えられる。これまで麦飯の適度な加水比、米と麦の配合割合と力学的特性との関係、麦飯中の空隙率と圧縮時のひずみとの関係、麦飯の嗜好性、炊飯後の褐変などに関する報告はみられる。しかし、大麦 100%の飯、あるいは米と麦の混合飯の炊飯による糖やアミノ酸などの成分変化や麦粒内の炊飯過程における水分分布の定量的・視覚的把握に関する報告はなく、さらに大麦のとう精度や加工法が麦飯の成分や物性に及ぼす影響についても研究がなされていない。また大麦内在性酵素がどのように食味に関する麦飯の成分に関わっているについても報告がない。

2. 研究の目的

本研究の目的は大麦のとう精度や加工法が炊飯過程の麦粒内水分分布および炊飯後の成分や物性に及ぼす影響を調べ、各試料麦の内在性酵素の温度依存性を明らかにしたうえで食味との関係を考察し、これらの基礎的データをもとにより嗜好性の高い麦飯のための最適な炊飯条件を検討することにある。研究においてはとう精度の異なる丸麦、丸麦を加工した押麦、米粒麦を試料として大麦 100%飯および米との混合飯を調製し、物性測定、化学分析、NMR イメージングによる麦粒内水分分布の視覚化・定量化、大麦内在性酵素の温度依存性測定を行う。このような体系だった大麦の飯としての研究はこれまで例がなく、麦飯の食味解明および食用としての大麦利用拡大に資する有用な知見が得られると考えている。

3. 研究の方法

試料大麦として福井県産ファイバースノウの 85%丸麦(玄麦を歩留まり 85%にとう精)、60%丸麦(玄麦を歩留まり 60%にとう精)、押麦(とう精度 60%)、米粒麦(とう精度 55%)、モチ大麦のアメリカ原産 BG012(とう精 60%)を用いた。押麦は 60%とう精丸麦を 40-90 の蒸気で 30-40 分間加熱し、300-340 の過熱水蒸気を 2-3 分間吹き付け、圧パンして調製、米粒麦は麦を半分にカットした後、約 65%までとう精し、さらに 105 の蒸気を吹き付けた後、約 55%までとう精したものである。試料米としてコシヒカリ(とう精 90%)を用いた。

(1)麦飯の成分に及ぼす炊飯温度履歴の影響

炊飯過程の温度条件として沸騰までの時間を 11 分間(標準炊飯)、45 分間、また炊飯途中で一定温度を保持する条件を 40、60、80 で 15 分間とし、その後通常の炊飯を行った。それぞれの温度条件の麦飯の成分を終濃度 50%のエタノールで振とう抽出法により抽出し、還元糖(ソモギネルソン法)、遊離糖(酵素キット法)、遊離アミノ酸(アミノ酸アナライザー)を定量した。

(2)大麦と米の混炊による物性変化

大麦の割合を 40%とする米と大麦の混合飯および米、大麦の単独炊飯の物性をテクスチュロメーターおよびテクスチャーアナライザーにより測定した。

(3) 大麦の炊飯特性

旧食糧庁の標準計測法を改良して実験を行う。試料大麦を 15 倍の水で加熱したときの加熱吸水率、膨張容積、炊飯液の pH、炊飯液に溶出したみかけのアミロース含量を測定する。

(4) 大麦の炊飯過程における水分分布

バイアル瓶に試料(米、大麦)1g と水 2.2g を入れ密栓し、浸漬後、バイアル瓶ごと水を入れたビーカーに入れて加熱し、通常の炊飯温度履歴となるように温度を調節しながら炊飯を行い、8-40 分の種々の加熱時間でバイアル瓶を取り出し、水冷して加熱を停止し、測定用試料とした。NMR イメージングは BRUKER 社 AVANCE400 分光計(9.4T)を用いた。MSME 法(Multi slice Multi echo)でプロトンのシグナル強度を測定し、T2 画像を得た。別に大麦粉に水を加えて糊化させた水分含量の様々な試料を用いて T2 と水分のキャリブレーションカーブを作成した。試料大麦の測定では粒内の各点の T2 分布を得たのち、キャリブレーションカーブを用いて水分分布に置き換えた。

(5) 大麦内在性酵素の温度依存性

大麦粉を調製し、リン酸バッファーを用いて粗酵素抽出液を調製した。抽出液を透析し、脱水濃縮を行い、抽出液のタンパク質量(バイオラッド法)、全糖量(フェノール硫酸法)を測定した。さらに HEPES バッファーで透析し、粗酵素液を得た。可溶性デンプンを加熱して糊化させ、これを基質として粗酵素液を添加し、4-80 の各温度でインキュベート後に NaOH で反応を停止し、還元糖量、グルコース量を測定した。

(6) 大麦 100%および大麦と米の混合飯の嗜好特性

大麦 100%および大麦と米の混合飯について、外観、味、におい、テクスチャーについて官能評価を行い、大麦飯および混合飯の嗜好特性を評価した。

(7) 大麦と米の混炊飯の成分に及ぼす炊飯の影響

大麦と米の混合を沸騰まで約 11 分の標準炊飯をし、全糖量、還元糖およびグルコース量を測定した。大麦および米各 100%のときの飯の全糖量、還元糖量、グルコース量から

予測されるそれぞれの糖量に対して混合飯の糖がどのような値になるかを比較検討した。

(8) 大麦 100%および大麦と米の混合飯の最適炊飯条件の検討

炊飯過程での水分分布、炊飯による糖の生成、飯の物性および嗜好性等大麦の炊飯に関する実験結果を総合的に比較検討し、大麦 100%および大麦と米の混合飯の最適な炊飯条件設定を行った。

4. 研究成果

(1) 85%と 60%とう精大麦を通常炊飯したときの還元糖量は生のときの約 1.4 倍に増え、沸騰までの時間を長くするとさらに増えた。押し麦、米粒麦は炊飯による変化がほとんどなかった。炊飯途中温度を一定すると 85%とう精大麦では糖が有意に増えたが、60%とう大麦では有意差がなかった。遊離アミノ酸量は 85%とう精では約 1.5 倍に有意に増加したが 60%とう精では有意差がなかった。

(2) テクスチュロメーターによる麦飯の物性は米に比べて硬くて、粘りがないという特徴があった。60%とう精大麦を 40%添加して米と炊飯した混炊飯の物性として大麦だけ取り出して測定すると 100%大麦のときと硬さに有意差がないが、米と麦を混合して測定すると有意に低下した。粘りは大麦単独炊飯ではほとんどなく、混炊飯でも大麦だけ取り出すと粘りは増加していないが、米と麦を混合して測定すると大麦単独のときより粘りが増加し、混炊による硬さの低下、粘りの増加がみられた。

(3) 大麦の加熱吸水率は米粒麦 > コシヒカリ 押し麦 > 60%とう精大麦 > 85%とう精大麦の順に高く、85%とう精大麦では果皮・種皮の一部が残っているために吸水が妨げられ、米粒麦、押し麦では加工時の蒸煮や圧ぺんにより吸水が促進された。膨張容積もおおむね加熱吸水率が高い順に対応した。pH は大麦は米よりも有意に低く、とう精度が低いほど低かった。大麦は米よりも有機酸や酸性アミノ酸が外層に多いことが示唆された。溶出固形物および炊飯液の見掛けのアミロース量も加熱吸水率が高い順に対応し、吸水が多いほど成分溶出も高いことが示された。

(4) 大麦の炊飯過程における NMR イメージング測定の結果、85%とう精大麦より 60%とう精のほうが吸水が速く、水分分布もよりはやく均一になることが示された。押し麦はこれらとう精丸麦よりも吸水がさらにはやく、米粒内水分分布もはやく均一になることが示された。とう精度があがるほど、また加工されているほど麦粒内への水分吸収がはや

く、分布もより均一であることが示された。米と大麦を混炊した場合は、加熱 25 分では 85%および 60%とう精大麦の水分含量は単独炊飯時と同程度であったが、米の水分含量は明らかに高くなった。このときとう精丸麦では粒内への吸水が不十分であり、60%より 85%とう精大麦のほうがさらに吸水が悪いことが観察された。一方、押麦では米と混炊しても、単独炊飯のときとほとんど変化がみられなかった。

(5) 大麦内在性酵素のデンプン加水分解活性を 4~80 で測定した結果、大麦、米デンプンに対する大麦粗酵素液の還元糖生成活性は 50 付近がピークであり、マルトースを多く生成してグルコースはほとんどしない点が、米粗酵素液が 60 付近に至適温度を持ち、グルコースを生成するそれと異なっていた。両粗酵素液を混合すると単独の酵素活性から求めた理論値よりも還元糖、グルコース生成量が増加し、酵素の相互作用が示唆された。大麦粉、米粉を一定温度でインキュベートした場合は還元糖生成のピークが高温側にシフトし、デンプンの糊化により影響が考えられた。米粉への大麦粗酵素液添加によりグルコース量の明瞭な増加がみられ、大麦の酵素が米デンプンに作用し、米のグルコシダーゼの働きを促進することが示唆された。

モチ大麦についても同様に粗酵素液を調製し、可溶性デンプン、大麦および米デンプンを基質として酵素活性の温度依存性を測定した結果、ウルチ大麦同様に単独炊飯のときを想定した結果より糖量が増加し、大麦と米の混炊による糖量増加傾向がモチ・ウルチ大麦のいずれにおいても確認でき、大麦と米の酵素の相互作用が示唆された。さらに各試料粉をインキュベートした結果についても、デンプンの糊化温度が酵素反応に影響し、糖生成量のピークが高温側の 65 にシフトした。

(6) 大麦単独炊飯および米と大麦の混炊飯の官能評価を 9 段階嗜好意欲尺度法による絶対評価で行った結果、85%および 60%とう精大麦、押麦、米粒麦の単独炊飯ではいずれも嗜好意欲尺度の平均が 5 未満であり、嗜好的に好まれなかった。本評価法では平均値が 5 以上のものを受容されたとしており、丸麦、加工麦ともに単独炊飯では利用可能とはならなかった。この理由として大麦のにおい、粘りのなさ、咀嚼しにくさなどが挙げられた。次に大麦を米に 40%混炊した麦飯の官能評価を行った結果、85%とう精大麦は平均値が 3.88 となり好まれなかったが、60%とう精大麦、押麦、米粒麦ではいずれも平均値が 5 以上となり米と混炊することで嗜好性が高まり利用可能であることが示唆された。事由記述のコメントより、85%とう精大麦の混炊飯は麦の色が茶色く、米よりも麦の味とおいを感じることを、麦が硬く、除去しきれていな

い皮に一部が口中に残ることが示された。一方、60%とう精大麦や米粒麦、押麦の混炊飯は見た目が白く、米の味とにおいを感じることも米と麦の食感の違いが面白いなど嗜好性が 85%とう精大麦より高いことが示された。さらに丸麦では 60%、85%とう精ともに米は軟らかく麦は硬いというコメントがあり、NMR イメージングの結果と対応した。

(7) 米にとう精丸麦、押麦を 20~80%混ぜて標準炊飯した麦飯から抽出した液の全糖量、還元糖量、グルコース量を測定し、大麦と米それぞれの単独炊飯から予測される値と比較した。計算値は(米 100%炊飯のときの糖量×米の割合)+(大麦 100%炊飯のときの糖量×大麦の割合)の式により算出した。85%とう精大麦を混炊した際の全糖量は計算値より約 1.4 倍増加し、還元糖量、グルコース量については大麦の割合が少ない方が計算値よりも増加する傾向がみられた。60%とう精大麦では混炊により全糖量は約 1.6 倍、還元糖量、グルコース量は 1.5 倍前後であり、60%とう精大麦の混炊割合が少ない方が計算値に対する実験値の増加割合が高い傾向がみられた。押麦においても混炊による糖量の増加がみられた。いずれの大麦も米と混炊することで糖量の増加がみられたことから、炊飯中のそれぞれの酵素の相互作用があることが示唆された。加工中に加熱を伴い、単独炊飯では炊飯による糖量の増加がみられなかった押麦も米との混炊ではみられたことから、米内在性酵素が大麦デンプンに作用している可能性も示唆された。

(8) 大麦の吸水と酵素によるデンプン分解を促進する炊飯条件として、いずれに対しても効果があると考えられる 50 浸漬を加熱の前に行うことを考え、50 浸漬後に炊飯した米と大麦の混炊飯の吸水率、飯の成分、物性の測定を行った。その結果、50 浸漬のほうが 20 浸漬より有意に吸水率が高くなり、混炊飯の還元糖量が 20 浸漬より有意に増加した。飯の硬さや粘り、付着性には明らかな差はみられなかったが、50 浸漬により吸水が促進され、糖量が増えたことは有意ではないものの飯の食味の嗜好性向上にある程度の寄与はしていることが期待される。本研究の結果、大麦と米の最適な炊飯条件として加熱前の浸漬温度を 50 で行うことが提案できると考えられた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表](計 2 件)

吉岡静香、飯島久美子、香西みどり、大麦と米の混炊に及ぼす内在性酵素の影響、一般社団法人日本家政学会第 64 回大会研究発表要旨集、大阪市、p111、2012 年 5 月 12 日

齊藤麻里、露久保美夏、大倉哲也、香西みどり、大麦と米の混炊に関する研究 大麦のウルチ・モチ性の差異についてー、一般社団法人日本家政学会第 66 回大会研究発表要旨集、北九州市、p117、2014 年 5 月 25 日

6 . 研究組織

(1)研究代表者

香西 みどり (KASAI, Midori)

お茶の水女子大学・大学院人間文化創成科学研究科・教授

研究者番号：10262354

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし