

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 27 日現在

機関番号：13601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26450176

研究課題名(和文)食品への圧力加工処理による成分富化とメカニズムの解明

研究課題名(英文) Research on variation of the functional ingredients in food by high-hydrostatic pressure treatment and the processing conditions

研究代表者

藤田 智之 (FUJITA, Tomoyuki)

信州大学・学術研究院農学系・教授

研究者番号：10238579

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,000,000円

研究成果の概要(和文)：中高圧(100MPa)条件下で玄米に加水・加温処理を行うと、糠中の成分が胚乳部に浸透移行することを見出した。本研究では中高圧処理による食品の栄養機能性向上を目的として、玄米、普通ソバ種子及びウメ未熟果等に加工処理を行い、成分量の変化ならびにそれらの成分に関連する酵素活性への影響を調査した。玄米では糠層の成分に加えて、添加したカルミン酸や葉酸が胚乳部に浸透移行することを明らかにした。一方、ソバでは同様の処理をしても成分が移行しないことを確認した。以上の結果から、中高圧処理の効果は素材によって異なるものの、加工条件と内層への機能性成分の移行性との相関を明らかにすることができた。

研究成果の概要(英文)：The functional ingredients such as polyphenolic compounds and vitamins were shifted from bran layer to rice endosperm by the processing of high-hydrostatic pressure (HP) treatment to brown rice at 100MPa. To improve the functionality of food with HP processing, the suitable conditions for the processing to some materials such as brown rice, buckwheat, and unripe plum fruit was investigated in this study. We clarified that the functional additives such as folic acid penetrated into rice endosperm by HP treatment. The effect of HP processing was different depending on the food stuff, but the enzymatic activity and the permeability of the components in the outer layer would be changed at the HP treatment compared with atmospheric pressure treatment.

研究分野：食品科学

キーワード：静水圧 高圧処理 穀類 ポリフェノール類

### 1. 研究開始当初の背景

米麦等の穀類では、機能性成分を豊富に含む米糠や小麦糠は加工時に除去されている。研究代表者は、100MPa 程度の中高压領域の圧力下で穀類を処理することにより、種皮や胚芽に含まれている成分を内層である胚乳部に浸透移行できることを明らかにしてきた。圧力処理における成分の移行性については未解明であったことから、加工条件と成分の移行性及びそれらの相関性について詳細に調査することとした。また、その他の素材を用いて中高压処理前後における成分組成及び成分量の変化について検討し、中高压処理の加工適性ならびに外層部分に機能性成分を含む野菜や果実等食品素材の高機能化に繋がるか否かを検証することとした。

### 2. 研究の目的

玄米での実験では、常温・常圧条件で吸水が完了する 24 時間の処理条件と比較して、中高压 (100MPa) 下で加水・加温処理することによって、精白米中のフェノール酸類が 3~6 倍に増加することを見出している。本研究では中高压処理による食品の栄養機能性向上を目的として、種々の食品素材に加工処理を行い、成分量の変化ならびにそれらの成分に関連する酵素活性への影響を調査することとした。まず、玄米を材料に用いて圧力と処理時間を変えて、胚乳部への成分の移行性を明らかにする。これまで定量してきたポリフェノール成分および遊離アミノ酸に加えて、色素成分を添加して、移行度を評価する。これにより、加工条件と内層への成分移行の相関性についても明らかにする。

次に、玄米以外の穀類を対象に、同様の中高压処理を行い、可食部の成分含有量を調査し、加工が有効な食品素材を見出す。評価には、抗酸化活性 (総ポリフェノール量) および遊離アミノ酸を指標として調査する。可食部の成分量に顕著な違いが認められた素材については、その加工特性を明らかにする。また、加圧による内在性酵素活性についても調査する。

以上の研究成果をもとに、各種食品素材への成分富化の可能性ならびに加工適性を評価し、中高压処理による食品の高機能化と新規加工方法の提案を行うこととした。

### 3. 研究の方法

(1) カルミン酸水溶液を用いた胚乳中への機能性成分の移行性の評価

市販カルミン酸をカラムクロマトグラフィーにより精製して、中高压処理時に添加することにより、外部から添加した成分の移行性を調査した。また、加工条件と成分の移行度の相関についても評価した。

JA 上伊那で購入したコシヒカリ玄米 (2014 年長野県産) を試料とした。玄米は実

験に使用するまで、チャック付き袋 (ポリエチレン製) に入れて冷蔵庫に貯蔵した。

加圧装置は株式会社東洋高压製の高圧処理装置「まるごとエキス」を用いた。加圧処理時の圧力保持と温度調整は高圧処理装置の制御装置を用いて行い、数値は未補正である。処理玄米の乾燥は送風定温乾燥機 (EYELA WFO-501W232090) を用いて実施し、元の重量になるまで乾燥した。精米には家庭用精米機 (RSKM5B, 株式会社サタケ) を用いた。各処理玄米と精白米は家庭用ミル (ミルサー 800DG, 岩谷産業株式会社) で製粉して、各処理米粉を調製した。

試薬カルミン酸 (純度 85%) 1.00 g を ODS カラム (Wakogel 100C-18 100g) に供し、水/メタノール= 25 : 75 (1%酢酸含有) の溶離液で分画した。Rf 値 0.15 (水 : MeOH = 20 : 80) のスポットを含む画分を溶媒除去後、凍結乾燥した。精製カルミン酸試薬 10 mg を milli-Q 水 10mL に溶解して、1mg/mL カルミン酸溶液を調製した。これを milli-Q 水で適宜希釈して標準溶液を調製し、HPLC 分析により検量線を作成した。

コシヒカリ玄米 (2014 年長野県産) 200g に 0.1% または 0.25% (w/v) 精製カルミン酸水溶液 56mL をそれぞれチャック付き袋 (ポリエチレン製, 厚さ 0.08mm) に入れ、袋の中の空気が残らないように減圧に保ちながら密封し、シーラーを使って封入した。常圧処理区は直ちに 20 または 55 に設定しておいた恒温水槽に入れ、温度を保ちながら常圧 (0.1MPa) 下で 24 時間処理した。加圧処理区は 20 または 55 に設定しておいた「まるごとエキス」装置に入れ、温度を保ちながら中高压 (100MPa) 下で 24 時間処理した。それぞれ 3 サンプルを処理し、処理後の玄米は元の重量になるまで乾燥し、家庭用精米機で精米した。得られた精白米および玄米を製粉して成分分析に供した。

処理時間の影響評価では、コシヒカリ玄米 (2014 年度長野県産) 200g に 0.1% (w/v) カルミン酸溶液 56mL をチャック付き袋 (ポリエチレン製, 厚さ 0.08mm) に入れ、袋の中の空気が残らないように減圧に保ちながら密封し、シーラーを使って封入した。前述の方法で、常圧及び加圧下で温度を保ちながらそれぞれ 6, 12, 24 時間処理した。処理後の玄米は元の重量になるまで乾燥し、家庭用精米機で精米した。得られた玄米および精白米を製粉して成分分析に用いた。

の処理後、直ちに玄米を顕微鏡観察に用いた。玄米は FEATHER MICROTOME BLADE A35 で切断して縦断面を顕微鏡で観察した。倍率は 10×4 とした。目視で玄米全体に色素が呈色しているものを選び、試料とした。

の処理を行った米試料 1.00g に milli-Q 水 10mL を加えて、室温で 1 時間振とうし、カルミン酸を抽出した。その後、遠心分離 (10,000×g, 10 分間) を行い、上清を一部採取し、HPLC 分析 (InertSustain C-18

(4.6mm×250mm) 溶離液 0.1%TFA 含有水:メタノール=65:35、流速:1.0mL/min、注入量 10 $\mu$ L、検出波長:UV 280nm) に供した。カルミン酸検量線を用いて試料中の成分量を試料 100g 当たりの成分量 (mg/試料 100g) で算出した。

の処理後の精白米試料 2.00g に 50%アセトン水 20mL を加えて、室温で 24 時間振とうし、可溶性総ポリフェノールを抽出した。その後、遠心分離 (10,000×g, 10 分間) を行い、上清を回収した。この上清の一部を用いて Folin-Ciocalteu 法で可溶性の総ポリフェノール量を求めた。なお、標準物質はフェルラ酸を用い、各処理試料溶液につき 2 回ずつ測定を行い、数値は精白米 100g 当たりのフェルラ酸当量 (FAE mg/精白米 100g) で表した。

## (2) 葉酸水溶液を用いた胚乳中への成分の移行性の評価

妊娠期に摂取が必要とされている葉酸を添加して中高圧処理を行い、白米への葉酸富化の可能性を検討した。

葉酸の添加実験では、1.0%NaHCO<sub>3</sub> 水溶液 (w/v) 56mL に葉酸 56mg を溶解させて葉酸水溶液を調製した。葉酸 0.5mg/mL を調製し、この標準液を用いて検量線を作成した。葉酸の定量には Agilent 1120 Compact LC を用いた。分析条件は、カラム: TSK-GEL AMIDE-80 (4.6mm i.d.×250mm)、カラム温度: 40、流速: 0.8mL/min、注入量 5 $\mu$ L、検出波長: UV 283nm とした。溶離液は A: 0.01mol/L 酢酸アンモニウム溶液、B: アセトニトリルとし、グラジエント条件は溶離液 B の濃度を 90% から始め、20 分で 50%、25 分まで 90% とした。測定は各試料溶液につき 2 回行い、平均値を求めた。測定した各試料溶液のピーク面積値から、検量線を用いて試料 100g 当たりの成分量 ( $\mu$ g/試料 100g) を算出した。

コシヒカリ玄米 (2015 年度産) 200g に、調製した葉酸溶液 56mL をチャック付き袋 (ポリエチレン製、厚さ 0.08mm) に入れ、袋の中の空気が残らないように減圧に保ちながら密封し、シーラーを使って封入した。55 に設定しておいた「まるごとエキス」装置に入れ、温度を保ちながら中高圧 (100MPa) 下で 6, 24 時間処理した。処理後の玄米は元の重量になるまで乾燥し、家庭用精米機で精米した。得られた精白米および玄米を製粉して成分分析に用いた。

葉酸処理した試料 1.00g を秤量して、1%NaHCO<sub>3</sub> 水溶液 20mL を加えて 30 分間振とう抽出後、遠心分離 (3000rpm, 10 分間) し、採取した水層をシリジフィルター (0.45 $\mu$ m) で濾過した。濾液を milli-Q 水で 20mL に定容し、試料溶液とした。HPLC 分析にはアセトニトリルと 1:1 で混合したものを使用した。

## (3) ソバ種子に対する中高圧処理の影響

普通ソバ種子 (玄ソバ, 信濃 1 号 (2013

年長野県産, 有限会社大西製粉から購入) を用い、殻 (果皮) の付いた玄ソバおよびこれを脱殻した丸抜きソバを試料とした。玄ソバまたは丸抜きソバ (各 50g) をチャック付き袋に入れ、水を添加 (22.5g, 45% 対種子重量) して、脱気後密封した。これを常圧 (0.1MPa, 20 ) または加圧 (100MPa, 20 ) 下で、それぞれ 16 時間処理した。処理後、元の重量になるまで送風 (30 ) 乾燥した。玄ソバは殻を剥き、乳鉢で粉碎してソバ粉とした。丸抜きソバは乾燥後、同様に製粉し、丸抜きソバ粉とした。各処理ソバ粉中の総ポリフェノール量を Folin-Ciocalteu 法で定量し、没食子酸当量で表した。ルチン及びクエルセチン量は HPLC 法にて分析し、各処理ソバ粉中の成分量を比較した。

丸抜きソバに加工処理を施した後、粗酵素液を抽出し、 $\beta$ -グルコシダーゼ活性を測定した。酵素の調製方法は、安田らの方法を一部改変して行った。処理後の丸抜きソバ 10g に 0.2M 酢酸緩衝液 (pH 5.0) 100ml を加え、乳鉢で粉碎した。その後、1 時間攪拌抽出を行い、遠心分離 (5000×g, 10 分間) 後、上清を濾紙で濾過した。回収した上清に 80%飽和濃度となるように硫酸アンモニウムを加え、5 で一晩静置した。これを遠心分離 (10000×g, 30 分間) し、沈殿を得た。沈殿に 0.02M 酢酸緩衝液 20ml を加えて溶解させた後、一晩透析した。内液を凍結乾燥し、得られた粉末に 0.02M 酢酸緩衝液 5ml を加え、溶解させて粗酵素液とした。粗酵素液中のタンパク質量はブラッドフォード法により、BSA 標準液を用いて作成した検量線から求めた。粗酵素液中の  $\beta$ -グルコシダーゼ活性は、*p*-nitrophenyl  $\beta$ -D-glucopyranoside (*p*NPG) を基質に用いて測定した。

## (4) ウメ未熟果に対する中高圧処理の影響

ウメは豊後 (2015 年長野県産) の未熟果を用いた。冷凍保存した果実を 2 分割し、種を除去して試料とした。果肉と同重量のショ糖と水をチャック付袋に入れ、真空脱気後密封した。常圧 (0.1 MPa) 65 または加圧 (100 MPa) 65 の条件で 1 時間加工処理した。

各試料の 70% EtOH 抽出液を調製し、クロロゲン酸およびその異性体 (ネオクロロゲン酸および 4-カフェオイルキナ酸) を HPLC 分析にて定量した。また、処理後の各試料中の香気成分をヘッドスペース法により捕集した。成分抽出液を GC/MS 分析に供し、リテンションタイムとマススペクトルから成分を同定した。

## 4. 研究成果

### (1) カルミン酸水溶液を用いた胚乳中への機能性成分の移行性の評価

中高圧処理後の玄米の顕微鏡観察の結果から、色素成分が胚乳部分へ浸透移行していることが示された。しかしながら、米粒によって浸透度のばらつきが大きく、定量性に欠

けることが示された。そこで、コチニール色素及びその主成分であるカルミン酸添加処理を行った。なお、市販カルミン酸試薬（純度 85%）は純度が低く、定量精度を上げるため、カラムクロマトグラフィーを用いて精製して用いることとした。

#### 顕微鏡観察

各処理後の玄米の着色は均一ではなく、その多くはまだら状であった。そのため全体に着色が認められた米粒を選抜し、玄米切片を調製した。このうちカルミン酸（濃度 0.25%）を添加して 24 時間各処理を行った玄米切片を顕微鏡で観察した。図 1-1 に胚芽部、切断中央部、周縁部を示す。

常圧処理後の 20℃ 処理及び 55℃ 処理玄米を比較した結果、どの部位も常圧 20℃ では色素の浸透が一部に留まっていたのに対し、常圧 55℃ では中央付近まで浸透していることが確認された。特に、加温処理玄米の胚芽周辺部では色素の蓄積が比較的多いことが示された。

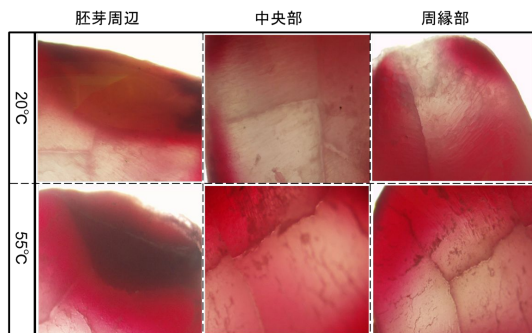


図1-1 常圧(0.1MPa)下でカルミン酸添加処理を施した玄米切片の顕微鏡観察

加圧処理後の 20℃ 処理及び 55℃ 処理玄米を比較すると、加圧 20℃ 処理では薄く全体に色素が浸透しており、加圧 55℃ ではさらに濃く全体に浸透していることが確認された。常圧処理と比較すると 20℃、55℃ ともに加圧処理玄米切片で色素の浸透度合が高いことが確認された（図 1-2）。また、常圧 55℃ 処理で見られた胚芽部分の色素の蓄積は加圧 55℃ 処理では確認されず、胚乳全体に色素が拡散したことが示された。

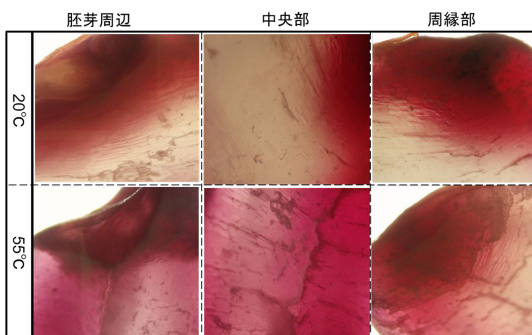


図1-2 加圧(100MPa)下でカルミン酸添加処理を施した玄米切片の顕微鏡観察

#### 試薬カルミン酸の添加実験

試薬カルミン酸（濃度 0.1% または 0.25%）水溶液を用いて加工処理を行ったサンプル

中のカルミン酸量を HPLC 分析した。常温・常圧（20℃，0.1MPa）精白米中のカルミン酸量は  $1.34 \pm 0.05\text{mg}$ 、加温・常圧（55℃，0.1MPa）処理では  $1.88 \pm 0.09\text{mg}$  であったのに対し、常温・加圧（20℃，100MPa）精白米中のカルミン酸量は  $1.65 \pm 0.11\text{mg}$ 、加温・加圧（55℃，100MPa）処理では  $4.08 \pm 0.02\text{mg}$  であった。一方、カルミン酸濃度 0.25% では、常温・常圧（20℃，0.1MPa）精白米中のカルミン酸量は  $6.36 \pm 0.90\text{mg}$ 、加温・常圧（55℃，0.1MPa）処理では  $8.49 \pm 0.43\text{mg}$  であったのに対し、常温・加圧（20℃，100MPa）精白米中のカルミン酸量は  $9.28 \pm 0.05\text{mg}$ 、加温・加圧（55℃，100MPa）処理では  $11.75 \pm 0.15\text{mg}$  であった。この結果から、加温・加圧（55℃，100MPa）処理が最も効果的であることが示された。濃度依存的に成分が増加することも示された。ただし、添加効率では低濃度の方が有効であることが示された。

玄米および精白米中への添加カルミン酸移行度の調査

精製した 0.1%カルミン酸水溶液を添加して玄米に加工処理を施した。カルミン酸量はサンプル 100g 中の成分量（mg/100g）で示した。加工処理玄米および精白米中のカルミン酸量を図 1-3 に示す。カルミン酸（0.1%）水溶液を添加し、加工処理を行った精白米では、常温・常圧（20℃，0.1MPa）処理精白米中のカルミン酸量は  $1.95 \pm 0.11\text{mg}$ 、加温・常圧（55℃，0.1MPa）処理では  $2.85 \pm 0.10\text{mg}$  であったのに対し、常温・加圧（20℃，100MPa）処理では  $2.71 \pm 0.02\text{mg}$ 、加温・加圧（55℃，100MPa）処理では  $3.51 \pm 0.11\text{mg}$  であった。一方、玄米では常温・常圧（20℃，0.1MPa）処理玄米中のカルミン酸量は  $4.47 \pm 0.05\text{mg}$ 、加温・常圧（55℃，0.1MPa）処理では  $4.56 \pm 0.04\text{mg}$  であったのに対し、常温・加圧（20℃，100MPa）処理は  $5.11 \pm 0.10\text{mg}$ 、加温・加圧（55℃，100MPa）処理では  $5.03 \pm 0.05\text{mg}$  であった。

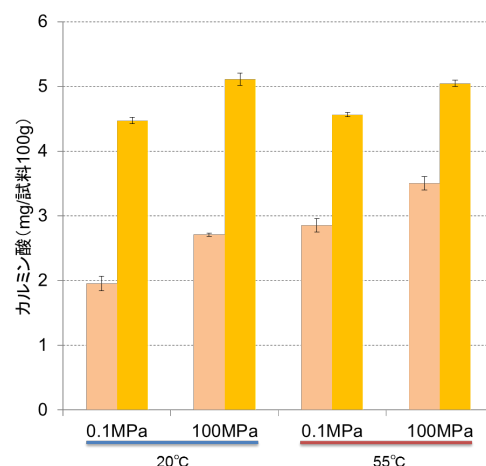


図1-3 精製カルミン酸添加処理を施した精白米および玄米中のカルミン酸量

■ : 精白米 ■ : 玄米

数値は平均値±標準誤差(n=3)を示す。

試料中のカルミン酸量の比較では、加圧処理玄米が常圧サンプルよりも高い成分値を示したのに対し、精白米では加温処理サンプルが高い成分値を示した。玄米では種皮や胚芽部にカルミン酸が多く蓄積しているために高値を示したことが考えられた。一方で、内部の胚乳部まで浸透移行させるには、加温が必要であり、加温と加圧を組み合わせることで精白米への移行性が最も高くなることが明らかとなった。これは加温によって種皮が軟化することや加温、加圧によって吸水が促進されることが起因しているものと推察される。

#### 精製カルミン酸添加処理における総ポリフェノール量の変化

精製カルミン酸（0.1%）水溶液を添加し、加工処理を行った玄米および精白米サンプル中の総ポリフェノール量の変化についても調査した。サンプル中の総ポリフェノール量はFolin-Ciocalteu法で測定し、結果は試料100g中のフェルラ酸当量を平均値±標準誤差（mg/100g）で表した。（図1-4）この結果は、水のみで添加処理した加工米と同様の傾向を示したことから、カルミン酸添加による総ポリフェノール量への影響はほとんどないものと判断した。

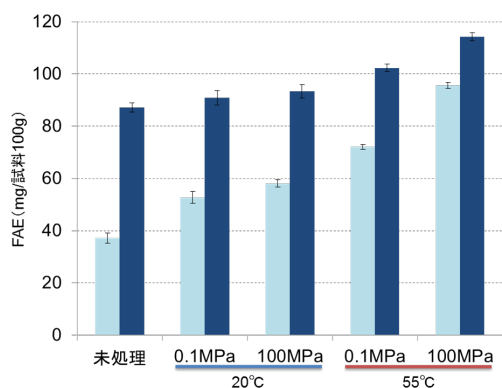


図1-4 精製カルミン酸添加処理を施した精白米および玄米中の総ポリフェノール量  
 ■: 精白米, ■: 玄米  
 数値はフェルラ酸当量 (FAE) で表し、平均値±標準誤差 (n=3) を示す。

#### 高圧処理時間と精白米中のカルミン酸の成分量変化

精製したカルミン酸（0.1%カルミン酸水溶液）を用いて、6, 12, 24 時間処理後の精白米中のカルミン酸量の経時変化を調査した。常温・常圧（20℃, 0.1MPa）処理精白米の6, 12, 24 時間後のカルミン酸量はそれぞれ 1.41 ± 0.01mg, 1.89 ± 0.09 mg, 1.95 ± 0.11 mg であり、常温・加圧（20℃, 100MPa）処理では 1.72 ± 0.12, 2.25 ± 0.11 mg, 2.71 ± 0.23 mg であった。一方、加温・常圧（55℃, 0.1MPa）処理精白米ではそれぞれ 1.96 ± 0.08 mg, 2.82 ± 0.08 mg, 2.85 ± 0.10 mg、加温・加圧（55℃, 50MPa）処理では 2.30 ± 0.07 mg, 2.88 ± 0.07 mg, 3.07 ± 0.09 mg、加温・加圧（55℃, 100MPa）処理では 2.53 ± 0.09 mg, 3.01mg ± 0.06, 3.51 ± 0.11 mg であった。常圧処理試料では、12 時間以降成分の増加は認

められなかったのに対し、加圧処理では 12 時間以降も精白米中のカルミン酸量が増加する傾向が認められた。特に、加温・加圧処理で最も高い成分値を示し、常温・常圧と比べて 1.8 倍の成分値を示した。50MPa 処理よりも 100MPa 処理の方が高いカルミン酸量を示したため、より高い圧力の方が成分移行を高めることが示された。

#### (2) 葉酸水溶液を用いた胚乳中への成分の移行性の評価

カルミン酸の浸透移行性実験を元に、葉酸を添加して胚乳部への葉酸の富化について検討を行った。

0.10%葉酸添加処理後の精白米中の 6, 24 時間後の成分量を測定した。葉酸量はサンプル 100g 中の成分量（mg/100g）で表した。

6 時間処理精白米中の葉酸量は 8.25 ± 0.32mg、24 時間処理では 9.96 ± 0.04mg であった（図 1-5）。同濃度のカルミン酸の浸透性と比較すると、カルミン酸ではそれぞれ 2.35 ± 0.09mg, 3.51 ± 0.11mg であり、葉酸はカルミン酸よりも精白米への浸透性が高いことが示された。処理後の添加した化合物量に対する、精白米への移行度はカルミン酸ではそれぞれ 7.6%, 10.0%、葉酸では 26.6%, 32.0% であった。この結果から中高圧処理による効果はカルミン酸よりも葉酸の方が高く、24 時間処理で添加量の 1/3 が移行することを明らかにした。

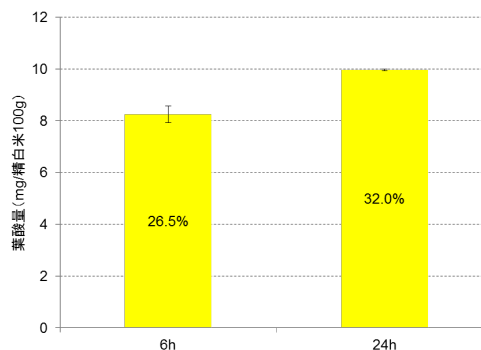


図1-5 葉酸添加処理を施した精白米中の葉酸量  
 数値は平均値±標準誤差 (n=3) を示す。  
 処理条件: 0.1%葉酸添加, 100MPa, 55°C

以上の結果から、水溶性ビタミン類の精白米への富化の可能性が示唆された。カルミン酸と葉酸では移行性が異なることから、化合物の構造や疎水性、分子量などの違いによって精白米への成分移行性は異なるものと推察される。玄米の外皮は疎水性が高く、繊維質であるため、化合物によって糠層に留まる成分量も異なることから、今後さらに加工処理条件等を改良することで成分移行性を高められることが期待される。

#### (3) ソバ種子に対する中高圧処理の影響

玄ソバ及び丸抜きソバを用いて、中高圧処理の影響を調査した。加圧条件は玄米と同様とし、室温で成分量の変化を評価した。

加工処理後のソバ粉中の成分量変化

処理後のソバ粉中の総ポリフェノール量はソバ粉 1g あたりの没食子酸当量 mg, ルチンおよびクエルセチンの各成分量は $\mu\text{g}/\text{ソバ粉 1g}$  で示した。未処理ソバ粉 1g 中の総ポリフェノール量は、 $2.95 \pm 0.05\text{mg}$  であり、ルチンおよびクエルセチン量はそれぞれ  $130 \pm 2.7\mu\text{g}$ 、 $1.5 \pm 0.2\mu\text{g}$  であった。加圧または加水処理では総ポリフェノール量及びルチン量が 1 ~ 2 割減少し、クエルセチン量は加水・常圧処理で  $3.1 \pm 0.4\mu\text{g}$  (207%)、加水・加圧処理で  $5.3 \pm 0.8\mu\text{g}$  (353%) と顕著に増加した。以上の結果から、水を添加した試料では、ソバ粉中の総ポリフェノール量およびルチン量が減少し、逆にクエルセチン量が増加することを明らかにした。また、水の添加の有無に関わらず、常圧処理に比べて加圧処理時の成分量の変化が顕著であった。

丸抜きソバ各処理試料中の総ポリフェノール量および成分量の比較

ソバ粉 1g 中の総ポリフェノール量は  $3.52 \pm 0.01\text{mg}$  であり、ルチンおよびクエルセチン量はそれぞれ  $120 \pm 2.6\mu\text{g}$ 、 $1.4 \pm 0.1\mu\text{g}$  であった。常圧及び加圧処理した成分分析の結果から、処理後の丸抜きソバ粉中の総ポリフェノール量とルチン量の変動傾向はほぼ等しく、加圧によりやや減少し、加水処理によってさらに減少することが明らかになった。逆に、クエルセチン量は玄ソバの時と同様に、加水処理によって顕著に増加した。

玄ソバと丸抜きソバでの加工後の成分量の変動傾向から、玄ソバに加水して中高圧処理を行っても、果皮からの成分移行は生じないことを確認した。また、加水処理によって可食部のルチン量が減少し、逆に、クエルセチン量が増加することも示された。これは果皮からの浸透移行によるものではなく、加水または加圧処理によりルチン分解酵素が活性化されたのではないかと推察した。

中高圧処理による丸抜きソバ中の酵素活性への影響

丸抜きソバから粗酵素液を調製し、 $\beta$ -グルコシダーゼ活性を調査した。粗酵素液の酵素活性は、反応前後の吸光度の差を反応時間(分)で除した傾き(吸光度/min)で表した。未処理の丸抜きソバ粗酵素液の $\beta$ -グルコシダーゼ活性が 0.0089 (100%) であったのに対し、加水・常圧処理では 0.006 (67%)、加水・加圧処理では 0.0045 (51%) であった。処理後の酵素活性は加水・常圧処理では活性が 2/3 に低下し、加水・加圧処理区では 1/2 に低下していた。このことから、中高圧処理後のソバ種子では、酵素活性が低下することが明らかになった。

以上の結果から、玄ソバに加水・中高圧処理を行っても果皮からの成分移行は生じないことが明らかになった。玄ソバの構造が玄米や玄麦とは異なり、果皮と胚乳が癒着していないため加水しても成分の浸透が起こらなかったものと推察される。また、処理後のソバ粉から抽出した粗酵素の活性から、処理

後の加水分解酵素の活性は低下しているものの、加圧下ではその活性が保持されていることからルチナーゼ的作用により、ルチンがクエルセチンに分解されたことが示唆された。また、ソバ粉中の GABA 量は、精白米同様、加水・加圧処理により大きく増加することが示され、加圧処理の有用性が支持された。

#### (4) ウメ未熟果に対する中高圧処理の影響

果実類に対する中高圧処理の影響を明らかにするため、ウメ未熟果を用いて成分量の変化について評価した。

ウメ果肉およびシロップ液の HPLC 分析の結果、加圧加工した果肉中のクロロゲン酸類の成分量は常圧加工のもとと比較して約 1.5 倍であった。一方、シロップ液では、常圧処理の成分濃度が高く、加圧処理試料の成分量は常圧処理試料の 8 割程度であった。この結果から、加圧処理条件ではクロロゲン酸類のシロップ液中への溶出が抑えられ、果肉内に保持されることが示された。また、果肉中の香気成分の組成解析から、主な成分として benzaldehyde, linalool, hotrienol を同定した。ウメ果肉では加圧処理により 3 種の化合物のピーク面積値の増加が認められた。特に、benzaldehyde 量に顕著な差異が認められた。この要因として加圧による果実内酵素の活性が上昇したと推測した。

#### 5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計 3 件)

(1) 中高圧処理によるウメ加工果実中の成分変化, 発表者: 藤田なるみ, 吉田梨維, 藤田智之, 日本食品科学工学会第 63 回大会, 2016 年 8 月 26 日 (名城大学)

(2) 玄米への中高圧処理による胚乳部へのカルミン酸の浸透移行性の評価, 発表者: 山崎一也, 藤田智之, 日本食品科学工学会第 62 回大会, 2015 年 8 月 29 日 (京都大学)

(3) 玄米への高圧処理による色素成分の浸透移行性に関する研究, 発表者: 藤田智之, 甲田万紀子, 日本農芸化学会 2015 年度大会, 2015 年 3 月 27 日 (岡山大学)

〔その他〕

ホームページ等

[http://karamatsu.shinshu-u.ac.jp/lab/mol\\_analysis/index.htm](http://karamatsu.shinshu-u.ac.jp/lab/mol_analysis/index.htm)

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

藤田 智之 (FUJITA, Tomoyuki)

信州大学・学術研究院農学系・教授

研究者番号: 10238579