

高圧処理により γ -アミノ酪酸 (GABA) を蓄積させた 玄米の一般生菌数の変化と加工玄米の性質[†]

杵淵美倭子*・関谷美由紀**・山崎 彬**・山元皓二*

Change in Viable Bacteria Count in Brown Rice Containing
Accumulated GABA by High Pressure Treatment, and
Properties of Processed Brown Rice

(Manufacture of Processed Brown Rice Enriched with GABA
Accumulation Using High Pressure Treatment Part II)

Miwako KINEFUCHI*, Miyuki SEKIYA**, Akira YAMAZAKI** and Koji YAMAMOTO*

* Nagaoka University of Technology, 1603-1, Kamitomioka-machi, Nagaoka-shi, Niigata 940-2136

** Research Institute, Echigo Seika Co., Ltd., 1003-1, Takanashi-machi, Ojiya-shi, Niigata 947-0193

The abundant accumulation of GABA in brown rice which had been soaked after a pressure treatment was discussed in our former paper. Using those results, we manufactured processed brown rice with increased GABA accumulation and reduced viable bacteria counts. In order to reduce the viable bacteria counts, it was necessary to set a brown rice to water with ratio of 1 : 0.5 (w/w) (43.3%) in the course of pressure treatment, and soak the brown rice for 10 hours at 25°C. Water was absorbed rapidly during cooking of the processed brown rice, and the amylogram was very similar to that of the control sample. As a result of measuring GABA in processed brown rice by such a manufacturing method, 13.0 mg GABA was found. The processed brown rice equaling an oral tablet prescribing of 10.0 mg GABA was successfully to manufacture.

(Received Aug. 3, 1998 ; Accepted, Jan. 20, 1999)

我が国では玄米食を愛好する人々も多く、玄米の機能性に関する研究は従来から活発に行われてきた^{1)~3)}。しかし GABA の生成を促進し、増加させて玄米粒中に蓄積させた加工玄米を製造する研究については報告がない。前報において、高圧 (圧力) 処理を施した後玄米を浸漬すると、GABA の蓄積量が増加することを報告した。そこで本研究ではこの現象を利用して GABA を強化した加工玄米を製造することを試みた。

山崎らは圧力処理 (400 MPa 以上) によって玄米に付着している微生物を $1.0 \times 10^1 \sim 1.0 \times 10^2$ cfu/g に低下させることができると報告している⁴⁾。本報では圧力処理

後に玄米を 25°C で浸漬し、GABA を蓄積した場合、玄米中の一般生菌数がどのように変化するかを調べた。その結果を一般生菌数の少ない加工玄米の製造に適用した。

また玄米食によってどの程度の GABA を摂取できるかを、福場の方法⁵⁾で調理して調べ、加工玄米を製造する際の GABA の蓄積量の目安とした。

加工玄米の性質については炊飯性の改善を示す吸水性と、食味の指標となる澱粉の性状を調べた。さらに加工玄米の一般生菌数、蓄積された GABA の量についても測定を行った。

[†] 高圧処理を利用して GABA を蓄積させた加工玄米の製造 (第 2 報)

* 長岡技術科学大学 (〒940-2136 新潟県長岡市上富岡町 1603-1)

** 越後製菓(株)総合研究所 (〒947-0193 新潟県小千谷市高梨町 1003-1)

実験方法

1. 試料

1996年新潟県産コシヒカリ (*Oryza sativa* L. *Japonica*, cv. Koshihikari) の玄米を使用した。農産物規格規定の水稲粳玄米品位規格の1等米⁶⁾から著しい死米、着色粒、異種穀粒は除いたが粒の大小や青未熟米などはそのまま使用した。

2. 試料の調製

(1) 圧力処理を施した浸漬玄米

コシヒカリの玄米(水分, 15%)を10g採取して軽く水洗いし, 玄米と水が1:1 (w/w) (水分, 57.5%)および1:0.3 (w/w) (水分, 34.6%)になるように水を加えた。軟質性樹脂袋(5cm×7cm)に封入し, 25°Cの恒温水槽中に10分間保持して試料の温度を一定にした後, 400 MPa, 700 MPaで圧力処理を施した。圧力処理後も25°Cに設定した恒温振盪器(YAMATO SCIENTIFIC社 WATER INCUBATOR MODEL BT-31)中に保持して一般生菌数の測定を行った。

(2) 玄米米飯

福場の方法⁵⁾によりコシヒカリの玄米288gを軽く水洗いした。この玄米に水を加えて総量で756gとし, 室温(27°C)で10時間浸漬した。その後玄米と浸漬水に分け, 玄米部分から10g, 浸漬水部分から10.9gを採取した。玄米は速やかに乾燥(30°C, 30分)して玄米の水分を15%とし, 小型粉碎機(Tecater社 CYCLOTec 1093 Sample mill)で150 μ mを通過する粉末とした。浸漬水は100°C, 10分間加熱して酵素を失活させた。これらは玄米米飯用として浸漬玄米のGABAの抽出用検体とした。残りの玄米と浸漬水を合わせて圧力釜(理研軽金属 RP-2型)で30分炊飯した。この玄米米飯を乾燥(30°C, 4時間)して150 μ mを通過する粉末とし, 玄米米飯のGABAの抽出用検体とした。

(3) 加工玄米の製造

コシヒカリの玄米を1kg採取して軽く水洗いし, 玄米と水が1:0.5 (w/w) (水分, 43.3%)になるように水を加えた。軟質性樹脂袋に封入後, 25°C, 400 MPa, 10分の圧力処理を施した。10時間浸漬後, 乾燥機(エアビック工業バランスチャンバー AB-1008 R)で水分を15%まで乾燥して加工玄米とした。加工玄米の水分と一般生菌数の測定にはこの玄米を使用した。またアミログラフとGABAの抽出にはこの玄米を(2)で記述した小型粉碎機で粉碎した粉末を使用した。

(4) 膨化加工玄米

市販の膨化加工玄米を購入し, (2)に準じて粉碎しその粉をアミログラフに使用した。

3. 一般生菌数測定

食品衛生検査指針に基づき一般生菌数の測定を行った。玄米5gを採取して45mlの生理食塩水を加えて攪拌し均一な乳剤にした。必要に応じて希釈し, 標準寒天培地で固定後培養した⁷⁾。生育した集落数を colony forming unit/g (cfu/g)として示した。

4. 圧力処理

前報と同じ条件で行った。

5. 水分測定

前報と同じ条件で行った。

6. GABAの抽出とアミノ酸分析

GABAの抽出ならびに分析は前報と同様に行った。

7. 加工玄米のアミログラム

玄米粉40gを採取し, 水460mlを加えてよく攪拌し, アミログラフ(ブラベンダー社 Brabender Amyrograph)に装着して1.5°C/minで温度を上昇させ粘度を測定した⁸⁾。

実験結果

1. 圧力処理および浸漬時間による玄米の一般生菌数変化

Fig. 1に圧力処理および浸漬時間による玄米の一般生菌数の変化を示した。コシヒカリの原料玄米には 3.3×10^6 cfu/gの好気的もしくは通性嫌気的な微生物が存在した。玄米と水を1:1の割合にして圧力処理を施した場合, 圧力処理直後に培養すると, 400 MPaでは 1.3×10^2 cfu/g, 700 MPaでは 1.0×10 cfu/gまで一般生菌数は減少した。圧力処理を施した試料を25°Cで保存すると, 一般生菌数は徐々に増加し, 400 MPaでは10時間後に 1.1×10^3 cfu/g, 18時間後に 2.1×10^4 cfu/g, 700 MPaでは10時間後に 1.5×10^2 cfu/g, 18時間後に 8.5×10^4 cfu/gに増加した。無処理の玄米では, 10時間後に 7.1×10^6 cfu/g, 18時間後に 3.7×10^7 cfu/gに到達して腐敗臭がした。また玄米と水を1:0.3に加えて圧力処理を施し, 圧力処理直後に培養した場合, 一般生菌数は400 MPaで 1.7×10^4 cfu/g, 700 MPaでは 1.1×10^4 cfu/gまで減少した。圧力処理を施した試料を25°Cで保存すると, 一般生菌数は徐々に増加し400 MPaでは10時間後に 1.5×10^4 cfu/g, 18時間後に 2.0×10^6 cfu/g, 700 MPaでは10時間後に 1.1×10^5 cfu/g, 18時間後に 2.8×10^6 cfu/gに増加した。圧力処理を施した玄米では18時

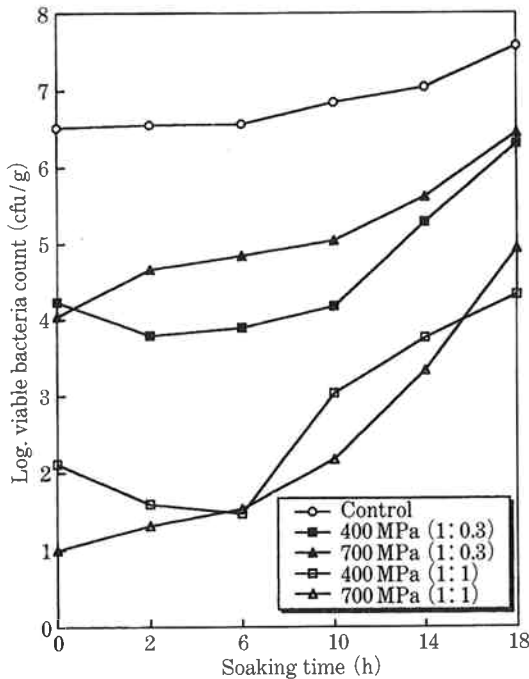


Fig. 1 Change in viable bacteria count according to pressure treatment and soaking time

Table 1 GABA in cooked brown rice (mg/100 g brown rice d.b.)

Process	GABA
Soaked brown rice	7.1
Soaking water	4.9
Cooked brown rice	12.0

間の保存後も腐敗臭は感じられなかった。400 MPa で圧力処理を施した試料は、圧力処理直後に検出した一般生菌数から一度減少して、増加に転じる特徴を示した。

2. 玄米米飯に含まれる GABA の量

Table 1 に福場の方法で玄米を浸漬し、浸漬水の全量を炊飯用の水として高圧釜で炊飯した場合の、玄米米飯に含まれる GABA の蓄積量を示した。浸漬時の室温は 27°C であった。浸漬した玄米の乾物 100 g に含まれる GABA は 7.1 mg、またその玄米量に相應する浸漬水中には 4.9 mg の GABA が含まれていた。炊飯後の米飯には乾物 100 g 中に 12.0 mg の GABA が含まれており、炊飯過程で酵素反応による増加はなかったことが認めら

れた。

3. 加工玄米の性質

(1) 加工玄米の吸水性

Fig. 2 に加工玄米を水に浸漬した場合の吸水性を玄米の水分として示した。圧力処理を施して製造した加工玄米は 15 分後には水分 25% まで吸水した。1 時間後には、圧力処理を施さずに浸漬し乾燥した玄米（無処理の加工玄米）の約 1/3 の吸水時間で水分が 30% に到達した。

(2) 加工玄米のアミログラム

Fig. 3 に加工玄米のアミログラムによる澱粉の状態を示した。圧力処理を施して製造した加工玄米は、無処理の加工玄米と比較して、粘度上昇温度（20 BU に到達する温度）が 84°C から 86°C に上昇した。最高粘性点の温度は 96°C で変化は見られなかったが、最高粘性は 235 BU から 210 BU に低下した。最低粘性点の温度は 87°C から 84°C に、最低粘性は 80 BU から 60 BU に低下した。また市販の膨化玄米は澱粉としてのピークは認められなかった。

(3) 加工玄米の一般生菌数と蓄積された GABA の量
加工玄米に含まれる一般生菌数は 1.0×10^4 cfu/g であった。また GABA の蓄積量は 100 g の乾物玄米当たり 13.0 mg であった。

考 察

1. 圧力処理による微生物の殺菌と浸漬による一般生菌数の増加

圧力処理による微生物の殺菌では、水を媒介として微生物に圧力効果が及ぶことから、Fig. 1 に示したよう

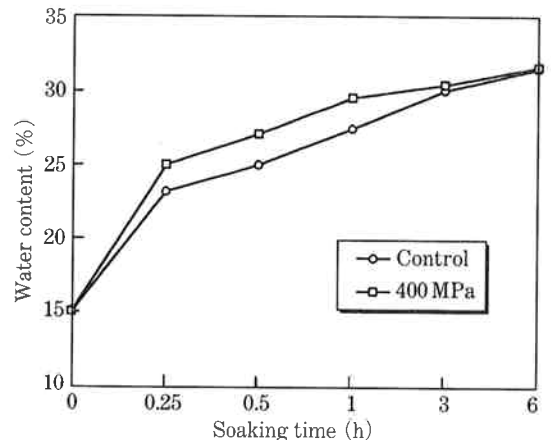


Fig. 2 Water content of processed brown rice soaked for cooking

に、共存する水が少量の場合は殺菌効果の低いことが認められた。玄米と水が1:0.3の場合、米粒の周囲には付着水は十分にあるが、樹脂袋内部の空間が水で満たされてはいない。また、樹脂袋内に含まれるガスの組成により殺菌効果変動することが確認されており、特に空気存在により、殺菌効果が低下することが知られている⁹⁾。したがって圧力媒体として十分な水が存在し、玄米に圧力効果が及んで殺菌できるためには玄米1に対して水0.5以上が必要であることが示唆された。

また一般生菌数は玄米と水が1:1, 1:0.3のどちらの場合も、圧力処理を施した直後は減少するものの、400 MPaで圧力処理を施した場合よりも、700 MPaで圧力処理を施した場合の方が、早く増殖する傾向が見られた。700 MPaでの圧力処理の結果、玄米中にはBacillus属の芽胞のみが生き残っているものと考えられた。嶋田らは細菌孢子の圧力応答の機序は不明点が多いが、温度やpHなどの前処理によって、適当な圧力で発芽が誘引されることを報告している¹⁰⁾。700 MPaの場合はこの発芽が比較的そろって行われたために、増殖速度が速かったのではないかと推察された。

一方、400 MPaの圧力処理を施した場合には、圧力処理直後よりも一般生菌数が減少してから増加に転じる傾向が見受けられた。これは400 MPaの圧力処理では700 MPaでの圧力処理に比較して殺菌が十分ではなく、損傷状態の微生物が多く存在することに起因するのではないかと推察された。熱処理の場合、損傷状態の細胞や孢子は加熱処理直後に栄養豊富な培地（または過酸化物を除去する物質を添加した培地）や33°C付近の培養温度で回復することが知られている¹¹⁾。今回の結果においても、圧力によって損傷した微生物は、圧力処理直後の適当な培養条件によって回復したものと推定された。その後の25°Cの浸漬中に、損傷した細胞は死滅するものと、増殖するもの2通りがあり、死滅するものが多かったためにこのような増殖曲線を描いたものと推察された。

各加工食品の一般生菌数の基準は各都道府県で定められている。新潟県の基準に準じれば加工玄米の一般生菌数は 1.0×10^3 cfu/g以下であることが必要と考えられる。この基準を400 MPaで圧力処理を施した後に25°Cで浸漬した玄米に適用すると、Fig. 1の増殖曲線からGABAを蓄積するための浸漬時間は10時間が妥当と思われた。

2. 玄米米飯に含まれるGABAの量

Table 1で示したように玄米中のGABAの機能に期待する場合、腐敗させないように浸漬して、浸漬水の全

量を炊飯用として利用し炊飯することが望ましい。またGABAの蓄積量は前報の同じ浸漬時間によるGABAの蓄積量に比較して多かった。このことは浸漬温度が高かった結果生じたものと考えられた。福場の方法で炊飯した玄米米飯からは12.0 mg/100 g d. b.のGABAが摂取できることが明らかとなり、経口的処方薬としてGABAが10 mg含まれている錠剤に匹敵する玄米米飯が得られた。

3. 加工玄米の特長

圧力処理を施して製造された加工玄米は、無処理の加工玄米に比較して以下の多くの優れた点が観察された。無処理の加工玄米では微生物による変敗臭がし、外観が荒れて白くなり、粉を付着させたようになった。一方、圧力処理を施して製造した玄米は米の外観や香りが未加工の玄米と比較して遜色なく、食味としては旨味と甘味があった。

またFig. 2から圧力処理を施して製造した玄米は、1時間の浸漬で水分が30%となり、未加工の玄米が水中で平衡となる水分の94%が吸水されていた。すなわち圧力処理を施さずに製造した加工玄米に比較して、約1/3の時間で吸水が可能となった。この吸水性の向上は圧力処理を施すことで、強制的な空気の圧縮・強制的な水の進入などによって米粒の組織に微細な亀裂が入ったためと考えられた。

Fig. 3から圧力処理を施して製造した加工玄米は、アミログラムでは、無処理の加工玄米に近い粘性を残していた。しかし若干最高粘性の低下を示し、加熱前歴があるかのような挙動を示した¹²⁾。米に圧力処理を施した場合、米の澱粉の結晶構造は500 MPa付近で崩壊が始ま

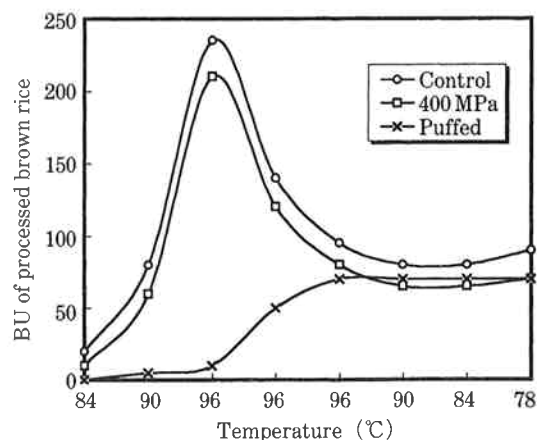


Fig. 3 Amylogram of processed brown rice

ると報告されている¹³⁾。圧力による結晶構造の崩壊が澱粉の粘性の低下に現われていると推定された。また圧力処理を施して製造した加工玄米は、従来の膨化処理玄米に比較して損傷の少ない澱粉が残されていることが示された。

圧力処理を施して製造した加工玄米の一般生菌数は浸漬時よりも1/100に低下しており、乾燥工程中で死滅する微生物がいるものと推察された。また玄米中のGABAの蓄積量は13.0 mgで、前報と同様な蓄積が認められた。

本研究をふまえ、今後玄米の種皮に対する圧力処理の効果を上昇させ吸水を早めれば、更に短時間でGABAを蓄積することが可能になると思われる。圧力処理を利用してより良質な加工玄米が市場に提供できることが期待される。

要 約

1. 圧力処理による玄米中の微生物の変化

(1) コシヒカリの玄米中には、好氣的・通性嫌氣的な微生物が 3.3×10^6 cfu/g 検出された。25°Cで浸漬すると18時間後には 3.7×10^7 cfu/gまで増殖した。玄米と水を1:1として圧力処理を施した場合、圧力処理直後には400 MPaで 1.3×10^2 cfu/g、700 MPaで 1.0×10 cfu/gに減少した。18時間後には400 MPaで 2.1×10^4 cfu/g、700 MPaで 8.5×10^4 cfu/gまで増殖した。玄米と水を1:0.3として圧力処理を施した場合、圧力処理直後には400 MPaで 1.7×10^4 cfu/g、700 MPaで 1.1×10^4 cfu/gに減少した。18時間後には400 MPaで 2.0×10^6 cfu/g、700 MPaで 2.8×10^6 cfu/gまで増殖した。

(2) 圧力を媒介として殺菌効果を十分なものにするためには、玄米1に対して水0.5以上が必要で、微生物の増殖を考慮すると、GABAを蓄積するための浸漬時間は10時間が一つの目安となった。

2. 玄米米飯のGABAの蓄積量

玄米に水を1.3倍量加えて27°Cで10時間浸漬し、浸漬水を捨てずに炊飯すると、乾物100gの米飯中に12.0

mgのGABAが含まれていた。

3. 圧力処理を施して製造した加工玄米の性質

加工玄米は、吸水を開始して1時間後には30%の水分となり、未加工の玄米が水中で平衡となる水分の94%が吸水されていた。無処理の約1/3の時間で吸水が可能となった。加工玄米のアミログラムの結果、最高粘性点の粘度は約10%程低下した。しかし膨化玄米に比較して澱粉の損傷が少ないことが観察された。加工玄米の一般生菌数は10 cfu/g、GABAの蓄積量は13.0 mgであった。

参 考 文 献

- 1) 鈴木雅子：栄養と食糧，**35**，155 (1982)。
- 2) 芦田優子・斎藤義幸・川戸章嗣・今安 聡：日本農芸化学会誌，**66**，1233 (1992)。
- 3) 青江誠一郎：化学と生物，**31**，428 (1993)。
- 4) 山崎 彬・笹川秋彦・杵淵美倭子・山田明文：高圧バイオサイエンス，功刀 滋・嶋田昇二・鈴木敦士・林 力丸編（さんえい出版，京都），p.328 (1994)。
- 5) 福場博保：炊飯の科学，（全国米穀協会，東京），p.109 (1985)。
- 6) 農産物検査手帳，食糧庁検査課監修，p.72 (1992)。
- 7) 伊藤 武・小久保彌太郎・工藤泰雄：食品衛生検査指針（微生物編），厚生省生活衛生局監修（日本食品衛生協会，東京），p.67 (1992)。
- 8) 前田 巖：澱粉・関連糖質実験法，中村道徳・貝沼圭二編（学会出版センター，東京），p.174 (1989)。
- 9) 落合信哉・中川善博：生物と食品の高圧科学，林力丸編（さんえい出版，京都），p.250 (1993)。
- 10) 嶋田昇二・高田良雄：食品への高圧利用，林力丸編（さんえい出版，京都），p.31 (1989)。
- 11) 芝崎 勲：新・食品殺菌工学，（光琳，東京），p.35 (1983)。
- 12) 斎藤昭三：澱粉科学ハンドブック，二國二郎監修（朝倉書店，東京），p.545 (1982)。
- 13) HIBI, Y., MATSUMOTO, T. and HAGIWARA, S.: *Cereal Chem.*, **70**, 671 (1993)。

（平成10年8月3日受付，平成11年1月20日受理）