

サロシ

高压食品開発物語(その2)

-炊飯性に優れた加工玄米の製造方法-

Story of Development of High-Pressure Processed Foods, Part 2

-A method of producing rapidly cookable processed unpolished rice-

山崎 彬

Yamazaki, Akira

Whole-rice foods are well known to be beneficial for health. This is a story the development of our processed unpolished rice with excellent cookability, openly disclosing our failures in the course of these development. Our experience will hopefully be useful for any kind of rice research in the future.

[*high-pressure processed foods, whole-rice foods, processed unpolished rice*]

1. はじめに

私たちは、生物体を食物として摂取し、その生物体に蓄えられた化学エネルギーを利用して生きています。他の形のエネルギー、例えばお尻にコンセントがあり、そこに電気のコードをつないでおけば生きていける、という訳にはいきません。

人は、かつては自然の一部として生態系の中で生きていましたが、今では文明系の中で生活するようになり、その生活はほとんど自然から独立してしまっただにもかかわらず、生きるためのエネルギーの獲得方式は他の生物と変わらないのです。

「食」に根本的な生態学的基礎を求めれば、この事実が出発点であろうと思います[1]。

世界中で私たちが食糧として栽培し、利用している穀類は50種類を超えといわれています。しかし、全体の80%以上が、コムギ、コメ、トウモロコシの三種類で占められています。一位のコムギは年間収穫量で5億トン強、コメはこれに次いで5億トン弱です。単位面積当りの生産量はコメが最も多く、またコメの90%以上がアジアの地域で生産されています[2]。

一方、世界人口は2000年には62億人、2050年には100億人に達すると推定されています。そして、この人口増加の64%はアジア地域での増加になると考えられています[3]。

コメはアジア地域での主食であり、他の作物に比べて、安定した収量が得られるので、将来さらに重要な作物となることでしょう。このような状況の中で、今回はコメの良さを再認識し、加工玄米への高压力の利用例について紹介したいと思います。

2. 玄米の性状と「ふつうに炊ける玄米」の開発

玄米食の効用は古くから知られ、多くの人々に親しまれています。また、最近では米に含まれる薬理物質やその効果についての研究も進み、高コレステロール、高血圧症、便秘、過酸化脂質の増加や老化に伴う免疫力の低下などに対して、玄米に含まれる生理活性物質の機能性が見直されています[4, 5, 6]。

しかし、玄米は白米に比べて吸水に時間を要することや、糊化時に果皮、種皮、糊粉層などによ

って胚乳中のデンプンの膨潤が阻害され、炊飯性に劣ることが欠点です。これを補うために、圧力釜などで 100℃ 以上の加熱を行なうと、ビタミンB₁、B₂、ナイアシンおよびビタミンEの破壊や脂質の酸化、タンパク質の熱分解などによる風味の変化や異常物質の生成[7]が懸念されます。

さらに、玄米の表面には多くの微生物が生息していて菌数が多く、カビが生え易いので保存には低温で乾燥した場所が必要です。

そこで、玄米の香りや特徴を残したままで、炊飯性や保存性に優れた「ふつうに炊ける玄米が出来るか?」と考えました。

企業での開発には市場性が必要です。社内で営業員やお客様の意見を聞き、調査をしましたが結局、「人の健康に役立つ開発は、必ず社会に求められ、売れる筈だ!」と信じて開発することに決定しました。

3. アプローチの視点と開発の見通し

本誌に発表した事前の研究等もあり、下記のこととは既知でしたので、玄米に吸水性を付与することは可能であると予測していました。

- 1) 水中で高圧処理することによって玄米粒に水の通路が形成されること[8]。
- 2) 高圧によってデンプン粒が変性し、その後の炊飯では糊化が促進され、粘りのある美味しいご飯となること[8]。
- 3) 玄米中の微生物は70℃、400~700 MPa、10 minの処理で無菌化が可能で[9]、これを利用して玄米餅が既に製品化されていること。

また、一般に白米の初期水分は15.5%、玄米では16%程度ですが、炊飯可能となる米粒の水分は28%以上であることが知られています。したがって、目的とする玄米は、水浸時に白米と同様に吸水し、15分で28%の水分となるような高圧処理および乾燥条件(高圧処理で濡れた玄米を乾燥する)を求めれば完成すると考えていました。

★ 落とし穴に注意!

多くの報告書は、結果が出てから書かれるために、読み易く整理されてしまいます。結果だけが重要なものもありますが、開発に至った経緯や、失敗して回り道となったことから得られる教訓が

大切なことも多いのです。

失敗を隠して、うまくいった実験だけを後輩に示したら次の研究者も回り道をする確率が高くなり、不親切な先達だと言わなければなりません。「洞察力があれば見抜ける筈だ!」と思われるかも知れません。しかし、研究分野によっては地図もなく、方位も明確でないことが多いのです。

現象だけが予測通りに進んで、有頂天になっている時が最も危険です。

この物語では、敢えて結果を先に述べません。

4. 高圧処理を施した玄米の性状

4.1 吸水性の改善

水に浸けたままの米粒に圧力処理を施すと、米粒内部の空隙に水が浸入し、デンプンやタンパク質が強制的に水和され圧力変性を受けます。

炊飯時に必要な最低の米粒水分は28%ですが、事前研究の結果では、600 MPaの圧力処理を施した米粒は、米粒中のデンプンの結晶構造が変化し、その後の水浸漬により含水量が急激に高くなると報告されています[8]。

そこで、600 MPa、10 minで処理した玄米を、水分18%まで乾燥し、その後水浸漬を行ない、未加工玄米や白米と吸水時間の比較を行ないました。Fig.1には水温18℃の時の結果を示しました。

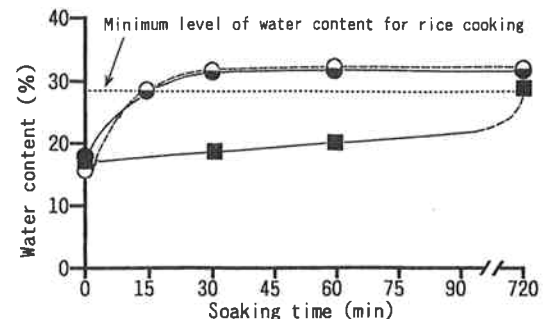


Fig.1. Changes in water content of rice grains during soaking in water at 18°C.

○, polished rice; ■, unpolished rice(control); ●, unpolished rice after pressurization at 600 MPa for 10 min.

この結果から、高圧処理玄米は白米と同様に、浸漬時間が約15分で炊飯可能な水分である28%の水分を吸収することがわかります。同様な水分

を吸収するには、未加工玄米では12時間以上が必要で。

また、浸漬米の吸水速度は水温に大きく左右されます。40℃で吸水速度は約2倍となり、10分以内で炊飯可能となります。また、乾燥時に玄米の水分を28~32%にすることによって、炊飯時の水浸漬時間を省く「即炊き」も可能となりますが、水分が高いと微生物が繁殖し易く、冷蔵庫での保存が必要となります。

★ 忘れちゃいけない開発のポイント！

最も大切なことは、お客さまの立場に立って使い易い製品にすること。

メーカーの立場で作り易いことを優先し、「黴が発生しないように冷蔵庫に保存してください」などの条件は禁物！

結局、長い間には売れなくなってしまう。

したがって、初期水分は常温で保存が可能な最高水分の18%程度が適当だと判断しました。白米でさえも最低15分の浸漬時間が必要であり、これを無視して「即炊き」を行なった場合には、米粒の芯まで糊化しないので美味しいご飯にはなりません。即ち、18%の水分の圧力処理玄米は、白米と同様に15分の浸漬時間で28%の炊飯可能な水分を吸収するため、好みの比率で白米と混合して炊飯できるのです。

4.2 保存性（微生物安定性）の向上について

Fig.2に示したように、玄米を無菌化するには70℃、400~700MPa、10minの処理が必要です。しかし、これには前処理として100℃、15minの蒸気殺菌が必要です。

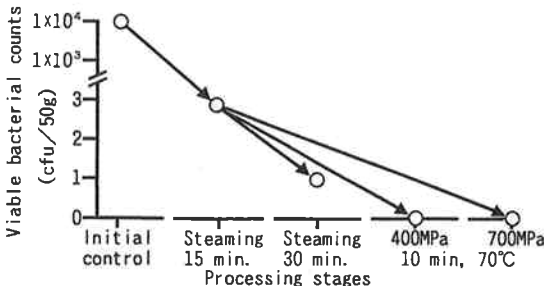


Fig.2. Effects of different processing stages on the viable bacterial counts in unpolished rice. →, direction of next process; Steaming, exposed to steam at 100℃.

4.3 糊化温度と粘性から炊飯条件を確認

高圧処理玄米についての糊化温度と粘性の変化をアミログラフで測定し、Fig.3に示しました。

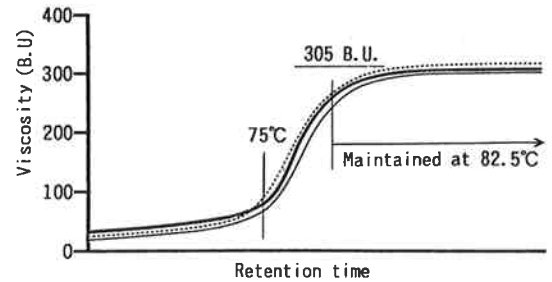


Fig.3. Amylogram of rice flour milled from rice grains. , polished rice; —, unpolished rice; —, unpolished rice after pressurization at 600 MPa for 10 min.

高圧処理の玄米は75℃前後で糊化が始まり粘性が増加します。82.5℃のまま白米とほぼ同じ粘性の305 B.U.を示したことは、100℃以上で炊飯する圧力釜が不要なことを意味します。即ち、この玄米は、白米と自由な比率で混合しても普通の炊飯器で炊飯できることを示しています。

5. 「ふつうに炊ける玄米」の試作

製造工程のあらまし

- 4.2 (Fig.2)の結果を考慮し、保存性の向上のために前処理として、100℃、15minの蒸気殺菌を行なう。
- 吸水性の向上のため、4.1 (Fig.1)から圧力処理条件を600MPa、10minとする。
- 圧力処理時の温度は、無菌化を達成するため4.2 (Fig.2)に従い70℃を選択する。
- 仕上げの乾燥水分は前述の18%とする。

以上の条件で処理し、199X年X月X日、遂に「ふつうに炊ける玄米」の試作品が完成した。

「バンザイ！」

みんなで美味しい玄米ご飯を試食しながら乾杯した。本当に美味しかった。

「予定通り、便利な玄米が出来てよかったね！」

「これからはこの玄米で、もっと健康になろう！」

「女性も美人になれるぞ？」

「高血圧よサヨウナラ！」

この時、誰かが呟いた。

「いったい、玄米のどんな成分が血圧を下げるのだろうか？」

当然の疑問である。早速、薬理物質の成分について分析を行なった。

そして、結果を知って愕然とした。

血圧降下作用があるγ-アミノ酪酸(GABA)の含有量が非常に少なかったからです。

・・・ガッカリ・・・

試作のための事前調査が不足だったのです。

★ 玄米中のγ-アミノ酪酸の多くは、最初から含まれているものではなく、炊飯前の水浸漬時に玄米中のグルタミン酸からグルタミン酸脱炭酸酵素(GAD)によって生成される成分だったのです。

試作品は、水浸漬の時間が短く、GABAが生成される時間がなかったのです。

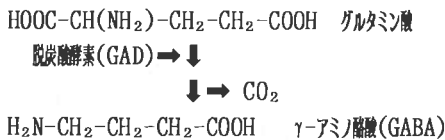
便利で、早く、美味しく、と現象だけに心を奪われ、「玄米の効果を大切にす」という本質的な開発目的を見失っていたのです。

昔から、玄米は吸水に時間がかかるため、前日から水に浸けていました。GABAはこの間にGADによって作られていたのです。

・・・ナルホド・・・

6. γ-アミノ酪酸の物性と生成について

γ-アミノ酪酸は、甲殻類の神経接合部、哺乳動物の小脳、海馬などに多く存在する抑制性神経伝達物質の一つです。経口投与によって血圧降下作用が認められることから血圧降下剤として市販されています。また、玄米、胚芽米、お茶などにも含まれていて、下記のようにグルタミン酸からグルタミン酸脱炭酸酵素の働きによって作られるといわれています[10]。



6.1 GABAの生成実験

グルタミン酸を試料としてGABAを生成し、Fig.4 に示しました。

★ 生成実験の詳細は冗長になるため、この物語の趣旨に沿わないので割愛し、興味をお持ちの

方のために条件だけを記載しました。

- 1) グルタミン酸13.0 mgを10.0 mlの水に溶かして基質溶液としました。
- 2) GADは、力価がCO₂ activityで ≥200 μl/h·mgのものを、1.0 mlの水に4.0 mg溶かして使用した。この場合、GABAの最大生成速度の理論値は 35.72 × 10⁻⁶ mol/h となります。
- 3) 反応温度を 0 °C、30 °Cとし、30分間の振盪で反応を行ないました。
- 4) GABAの分析は、PTC化したγ-アミノ酪酸をHPLC(UV検出)により同定し、定量しました。

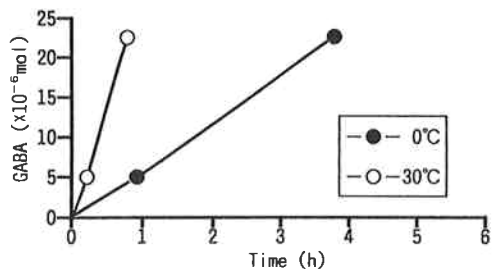


Fig.4. Influence of temperature on GABA accumulation.

文献[11]によると 30~40 °Cでの反応速度が大きいと示されています。しかし、0 °Cでも反応が進行することが判りました。昔から玄米は冷水に浸漬していた筈だから、きっと生成されるだろうと考えたのですが、これが裏付けられたのです。

6.2 圧力処理玄米からのGABAの生成

圧力処理を行なった玄米でのGABAの生成速度をFig.5 に示した。

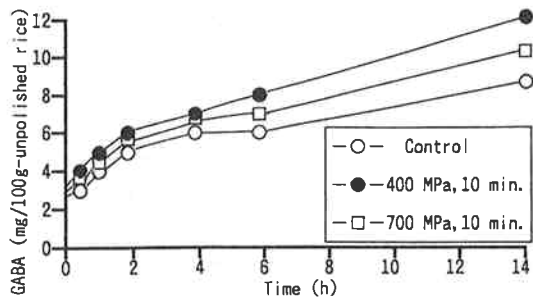


Fig.5. GABA accumulation in rice grains during soaking in water at 25 °C.

無処理と比較して、700 MPa、10 minの処理でもGABAの生成は減少せず、試作品に施した 600 MPa、10 minの処理に問題はなかったのです。

7. 「ふううに炊ける玄米」の完成

試作品では何故GABAの生成が認められなかったのでしょうか？

原因は二つあったのです。

第一の要因は前処理（100℃、15minの蒸気殺菌）によってGADが失活していたこと。

第二の要因は製造工程に酵素反応が進行する時間がなかったことです。

その後の確認で、生成されたGABAは耐熱性があり、120℃以下の炊飯でも殆ど分解されないことが判りました。その後、試行錯誤により、GADが失活しないように前処理の蒸気殺菌を止めて熱水での2分間のブランピング（湯通し）に切り替えても無菌化することに成功しました。

さらにGABAの生成時間として昔ながらの冷水に浸漬する工程を加えました。

これにより、生成されるGABAの量は昔ながらの玄米ご飯と同じ（4mg/100g-cooked rice）か、それ以上になったのです。・・・そして・・・数日後、遂に健康に役立つ「ふううに炊ける玄米」が誕生しました。

この日は、みんな無口でした。

★ 「ふううに炊ける玄米」の特徴

- 1) 白米と自由な比率で混ぜ、普通の炊飯器で手軽に炊けます。
- 2) γ-アミノ酪酸をはじめ、食物繊維などの多くの生体調節機能物質を含み、血圧の正常化、便秘の改善、悪玉コレステロール値の改善、成人病の予防などが期待できます。
- 3) 従来の加熱された加工玄米に比べ、デンプンやタンパク質が熱変性を受けていないため、本来の玄米の美味しさが保たれています。
- 4) ビタミンB₁、B₂、E、カルシウム、鉄、などが新鮮な玄米と同様に含まれています。
- 5) 無菌包装により開封しない限りカビや菌による心配がなく、また脱酸素剤と共に窒素包装されているので油脂の酸化も防止され、長期間（6カ月）の保存ができます。

8. 更なる開発に向けて

玄米の生体調節機能は、歴史的にも評価され利

用されてきました。成分の一つであるγ-アミノ酪酸については、血圧降下作用だけでなく、塩分の排出促進、腎臓、肝臓の機能の活性化、中性脂肪の減少と肥満防止などにも効果があることが知られています。ここで取り上げた酵素反応は、胚芽中で最も効率よく進行します。玄米食が苦手な方のために、玄米を白米に精白する工程で胚芽を分離しておき、この胚芽から得られるγ-アミノ酪酸を白米の炊飯時に加えて生産すれば「美味しい白飯で玄米効果」の夢が期待できます。

健康は何物にも代えがたい固有の宝です。是非とも健康に役立つ「更なる開発」に夢を託したいと思っています。

参考文献

- [1] 梅棹忠夫, 吉良竜夫: 「地球時代の食の文化」, 石毛直道編, 平凡社, 1982年, “食と文明”
- [2] 中川原捷洋: 「米のはなし」, 横尾政雄編, 技報堂出版, 1989年, “世界の稲作地と米の生産量”
- [3] 国連人口活動基金 (UNFPA): 「世界人口白書 1996」, 1997年
- [4] 鈴木雅子: 栄養と食糧, 35(3), 155-160(1982) “玄米のいわゆるdietary fiberによるコレステロール、トリグリセライド上昇抑制作用”
- [5] 村元 学, 河村幸雄: 食品工業, 11(30), 18-26 (1991) “米タンパク質と米タンパク質由来の抗血圧上昇性ペプチド”
- [6] 芦田優子, 斉藤義幸, 川戸章嗣, 今安 聡: 農化, 66(8), 1233-1240(1992)
- [7] 林 力丸編: 「食品への高圧利用」, さんえい出版, pp. 26, 1989年
- [8] 山崎 彬, 杵淵美倭子, 山本和弘, 山田明文: 高圧力の科学と技術, 5, 168-178(1996), “高圧処理を施した浸漬米の炊飯後の微細構造と物性”
- [9] 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」, 林 力丸編, さんえい出版, 1994年, 第41章 “高圧処理を利用した餅の製造”
- [10] 田中千賀子, 加藤隆一編: 「NEW 薬理学」, 南江堂, 1994年, 第2章 “生体内情報伝達と生理活性物質”
- [11] T. Saikusa, T. Horino and Y. Mori: J. Agric. Food Chem. 42, 1122-1125 (1994)

[1997年7月14日受理]