

脱酸素剤の発芽玄米保存への影響と 化学発光による品質評価

小浜恵子[§], 三浦達夫*, 涌井 徹**

岩手県工業技術センター

* (株)ニッテツ・ファイン・プロダクツ

** (株)大潟村あきたこまち生産者協会

Effect on Germinated Rice of Packaging
with Deoxidant, and Quality Evaluation
by Chemiluminescence

Keiko Kohama[§], Tatsuo Miura* and Thoru Wakui**

Iwate Industrial Research Institute, 3-35-2

Iiokashinden, Morioka Iwate 020-0852

*Nittetsu Fine Products Co., Ltd, 23-15

Suzukochou, Kamaishi, Iwate 026-8567

**Ogatamura Akitakomachi Seisansyakyokai Co., Ltd,
4-88 Ogata, Minamiakita, Akita 010-0492

We investigated quality maintenance in the preservation of germinated rice which had been dried at 35°C to avoid damage due to high-temperature drying. Germinated rice was packed with or without deoxidant. The γ -aminobutyric acid (GABA) contents of the samples packed with or without deoxidant were not observed to be different, and microorganisms did not grow. Oxidant contents in the packs without deoxidant significantly decreased after two months, and the germinated rice deteriorated. After six months, the fat acidity index of the germinated rice packed without deoxidant increased from 23 to 52 KOH mg/100 g, and an oxidized smell was noted. In addition, the chemiluminescence (CL) intensity of germinated rice packed with deoxidant remained constant for six months, but decreased in the samples packed without deoxidant. These results suggest that the maintenance of high quality in germinated rice under these dry conditions may be attributed to preservation with deoxidant. Measurement of CL intensity proved a simple and useful method of evaluating the quality of the rice. (Received Nov. 26, 2004 ; Accepted Jul. 19, 2005)

発芽玄米は γ -アミノ酪酸 (GABA) が多い, ビタミン豊富, 繊維含量が高いなどの理由から健康食品として人気がある. さらに初のまま発芽させる¹⁾²⁾など製造法による製品差別化の動きも見られる. 商品としては, 水に浸漬して発芽させ密閉した後, レトルト加熱殺菌するウェットタイプ, あるいは発芽させた後, 乾燥させて水分 15%前後の製

品とするドライタイプがある. ドライタイプは, 取り扱いやすく, 保存しやすい利点がある. しかし, 乾燥工程においては高温短時間乾燥による米粒の胴割れ, 着色, 食味低下が問題となり, 逆に低い温度での長時間の乾燥は雑菌の繁殖による製品および製造ラインの汚染が問題となる. ドライタイプのこれら製造上の問題を解決するため, 湿熱処理により風味や保存性を維持する方法や³⁾, 乾燥速度による胴割れの防止法⁴⁾が検討されている. 本研究では, 高温による品質劣化を避けるため, 35°C で乾燥させた場合のドライタイプ発芽玄米の品質と保存について検討した. 殺菌と発芽停止のための加熱処理をしないことから, 保存中に酵素分解により生じる遊離アミノ酸や脂肪酸を測定し, 保存性向上のため脱酸素剤を封入して発芽玄米の品質保持について検討した. また, 発芽玄米の保存中の品質については明確な基準が無く, 製造企業が自主的に食味や化学分析による品質評価を実施している. 中でも脂肪酸度は米の劣化の良い指標であるが, 有機溶媒を使用する, 滴定の終点判定が困難などの問題があり, 簡単な評価方法の開発が望まれている. そこで, 発芽玄米自身の発する化学発光 (極微弱発光) に着目し, 光電子増倍管を用いたシングルフォトンカウンティング法による品質評価を試みたので合わせて報告する.

1. 実験方法

(1) 材料

発芽玄米の材料は 15°C, 65% RH で保存した玄米 (平成 15 年産, 秋田県, あきたこまち) を用いた. 玄米を 30°C の温水にて 24 時間発芽させた後, 35°C で風乾, 表面を研磨して製造したドライタイプ発芽玄米 1 kg をガスバリアー性のナイロンフィルム (20×30 cm, スーパーニール, 三菱樹脂) に入れ, 脱酸素剤 (酸素吸収量 200 ml, サンソカット GN 有機系, ニッテツ・ファイン・プロダクツ) を 1 個封入 (脱酸素剤包装区) あるいは入れずに (対照区) 密封した. 保存は室温 (25°C, 50% RH), 暗所で 6 ヶ月間とした.

(2) 分析方法

発芽玄米包装袋内の酸素及び二酸化炭素濃度は, シリンジにより包装内のガスを抜き取り, O₂/CO₂濃度計 (包装用 O₂/CO₂濃度計 PG-1000, 東レエンジニアリング) を用いて測定した. 遊離アミノ酸, γ -アミノ酪酸の抽出と分析は新食品分析法⁵⁾に準じ, 以下のように実施した. 玄米をミルで粉碎し, 粉碎物 2.5 g に 75% エタノールを 30 ml 加え, 30 分環流抽出を 2 回行った. 抽出液を 5000 rpm で遠心分離した上清を蒸発乾固させ, 10 mmol/l HCl 5 ml に溶解し, 0.45 μ m のフィルターでろ過したものを試料とした. 分析はアミノ酸自動分析計 (JLC-3000, 日本電子) で行った. 水分は発芽玄米粒を常圧加熱法 (135°C 3 時間) で測定した. 発芽玄米に付着している一般生菌数は, 発芽玄米粒 2.5 g を生理食塩水 25 ml に入れボルテックスミキサーで 30 秒攪拌した溶液を標準寒天培地 (ニッスイ) にプレーテ

〒020-0852 岩手県盛岡市飯岡新田 3-35-2

* 〒026-8567 岩手県釜石市鈴子町 23-15

** 〒010-0492 秋田県南秋田郡大潟村字西 4-88

[§] 連絡先 (Corresponding author), kohama@pref.iwate.jp

イングし、37℃、48時間培養し生育したコロニー数を調査した。脂肪酸度は、食糧庁標準計測方法⁶⁾に準じて試料10gから脂肪酸をトルエン抽出しKOH溶液で滴定して求めた。また発芽玄米を水に30分浸漬し、炊飯器により通常飯米の条件で炊飯して、におい、外観、食味の変化を観察した。

(3) 化学発光計測

化学発光は発芽玄米粒試料1.5gをステンレスシャーレ(51mmφ×9mm)にとり、ケミルミネッセンスアナライザー(CLD-100, 東北電子産業)で測定した。発芽玄米の化学発光量は70℃で10秒ごとに、20分間測定して積算し、1g、1分間あたりのカウント量を算出した。

2. 実験結果および考察

(1) 脱酸素剤の発芽玄米品質への影響

本研究では乾燥工程を35℃で実施していることから、発芽玄米中の各種酵素類による分解を把握する必要がある。特にGABA含量は製品として重要である。表1に保存期間中の遊離アミノ酸量、GABA含量の変化を示した。両試験区共に、3ヶ月後に総アミノ酸量が増大し、6ヶ月後にはそれ以上の変化はみられなかった。GABA含量は顕著な変化がみられず、保存時に分解等は受けないと思われる。脱酸素剤の有無による差も見られなかった。大久ら²⁾は、発芽玄米の温水加熱処理を検討した結果、アラニンが増大しGABAが少ない傾向となることを論じて、市販品中の発芽玄米でもGABA含量の少ないものはアラニン含量が多く、50℃以上の温水加温が原因と報告している。従って35℃乾燥工程はGABA含量を保持するのに有利であると考えられ、さらに貯蔵してもGABA含量の顕著な変動はみられなかった。一方、表2にこのときの試料の水分含量、一般生菌数、脂肪酸度を示した。水分含量は、脱酸素剤の有無に関わらず、ほぼ15%を6ヶ月間維持していた。一般生菌数は製造直後の 10^3 から両試験区共にゆるやかに減少し、6ヶ月後には両区とも 10^2 以下となった。本研究において35℃乾燥工程で製造した発芽玄米では、初発の菌数が充分低く抑えられ、増殖もみられず、芽胞細菌や糸状菌の混入も少なく、死滅したものと思われる。また、脂肪酸度は両試験区で保存2ヶ月目までは製造直後より上昇がみられるものの、大きな差はみられず約25KOHmg/100gであった。しかし、3ヶ月後には脱酸素剤を入れない対照区が30KOHmg/100gと明らかに高い値を示した。6ヶ月後でも脱酸素剤包装区では脂肪酸度28KOHmg/100gであるのに対し、対照区では52KOHmg/100gであり、脂質の分解が進んでいた。図1に試料発芽玄米の保存中の袋内酸素、二酸化炭素濃度を示した。対照区では、製造時の袋内酸素濃度20%から、1ヶ月経過後、急速に減少し、3ヶ月を過ぎるとほぼ0%となった。これに伴い二酸化炭素濃度は約3%まで上昇した。包装内の酸素量と微生物数に関係は見られないことから、包装内酸素は主に発芽玄米が消費しているものと推察された。発芽玄米の呼吸による

消費は製造直後の方が旺盛と思われるが、1ヶ月を経過したところで急激に低下した。また、二酸化炭素量は呼吸から換算される推定発生量より少ないことは、酸素消費の原因として、発芽玄米の酸化で消費されたこと、あるいは呼

表 1 遊離アミノ酸含量の変化

保存期間	遊離アミノ酸含量 (μmol/g)			
	対照区		脱酸素剤包装区	
	総量	GABA	総量	GABA
製造直後	4.5	1.1	4.5	1.1
3ヶ月	5.5	1.2	5.6	1.2
6ヶ月	5.4	1.1	5.4	1.1

表 2 保存中の品質変化

	対照区	脱酸素剤包装区
水分含量 (%)		
製造直後	15.1	15.1
1ヶ月	15.0	15.0
2ヶ月	15.0	15.1
3ヶ月	15.1	15.1
6ヶ月	14.8	15.0
一般生菌数 (cfu/g)		
製造直後	1.0×10^3	1.0×10^3
1ヶ月	1.6×10^2	1.6×10^2
2ヶ月	1.8×10^2	1.6×10^2
3ヶ月	1.0×10^2	$< 10^2$
6ヶ月	$< 10^2$	$< 10^2$
脂肪酸度 (KOH mg/100 g)		
製造直後	22.6	22.6
1ヶ月	23.8	23.8
2ヶ月	25.5	25.0
3ヶ月	30.0	25.1
6ヶ月	51.9	28.1

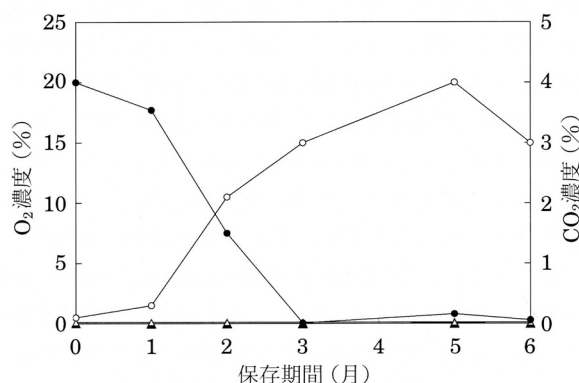


図 1 包装内中のO₂及びCO₂濃度の変化

- ▲—脱酸素剤包装区 O₂ 濃度,
- △—脱酸素剤包装区 CO₂ 濃度
- 対照区 O₂ 濃度
- 対照区 CO₂ 濃度

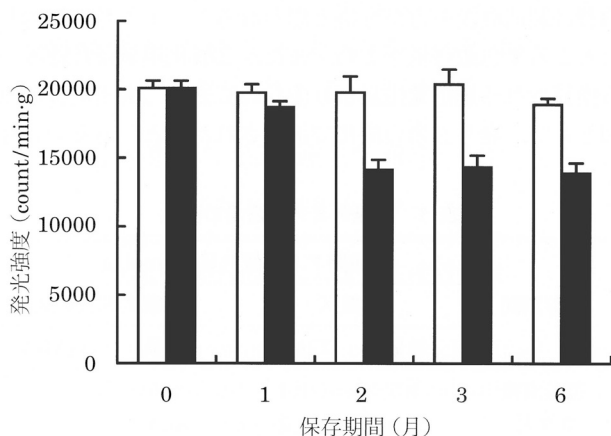


図 2 化学発光量の変化
□: 脱酸素剤包装区 ■: 対照区
測定温度 70℃. 値は平均値±S.D. で示した.

吸により発生する二酸化炭素が発芽玄米に吸着されたこと等が考えられる. 試料を炊飯すると, 保存期間 2 ヶ月を経過した脱酸素剤包装区では製造直後と差が感じられないのに対し, 脱酸素剤を入れない対照区ではパサツキ感がみられ, 3 ヶ月後には臭いが感じられた. 対照区では脂肪酸度の増大にみられるように遊離脂肪酸が増大し, 酸化分解を経て, 古米臭, 酸化臭が生じたと考えられる. 一方で脱酸素剤包装区では 6 ヶ月後も臭いが感じられず, 脱酸素剤包装は発芽玄米の品質保持に有効であると思われる.

(2) 発芽玄米の化学発光量による品質評価の可能性

発芽玄米保存中, 脱酸素剤を入れない対照区では 3 ヶ月後から脂肪酸度が上昇し品質劣化がみられる. しかし, 炊飯時の食味の相違が 2 ヶ月目から生じている変化は反映しない. そこで, 発芽玄米の品質変化を化学発光量により簡便に, 鋭敏に測定できないかを検討した. 測定温度を 30℃, 50℃, 70℃ としそれぞれ 20 分間測定したところ, 試料間の差は 30℃ でも検出できたが, 測定温度に対して化学発光量は対数的に上昇した. 測定感度を考慮し, 本研究では 70℃ での測定を行った. 図 2 に示したように脱酸素剤包装区では, 6 ヶ月保存後も化学発光量に差はみられないのに対比, 対照区では 1 ヶ月後から減少し始め, 2 ヶ月後に明らかに低下し, それ以降の変化はみられなかった. 菰原ら⁷⁾は, 2 次元カメラを用いた画像計測により, 精米歩合を変化させた米の化学発光を測定した結果, 脂肪酸度との相関がみられ, 脂肪酸度が 0~28 KOH mg/100 g の範囲での推定が可能と報告している. 食品の品質劣化と化学発光については, 碎米の貯蔵による発光量増大と TBA (チオバルビツール酸) 値の相関⁸⁾, 食用油酸化劣化に伴う増大⁹⁾など, 過酸化物の増加に伴う発光量増加の報告が多い. 一方, 本研究では発芽玄米の脂肪酸度が増大しても発光量は増加せず, 対照区の袋内酸素濃度が顕著に低下し, 品質劣

化が開始したとみられる 2 ヶ月目に一気に低下した. 西場ら¹⁰⁾は劣化を加速するために玄米を粉末とし, 40℃ で貯蔵したところ, 初期に脂質以外の成分が変動して化学発光が低下すると報告しており, タンパク質など水溶性画分の影響を指摘している. 発芽玄米の製造工程では加水と共に, 貯蔵物質である炭水化物やタンパク質の分解が開始する. 特に本研究では加熱処理を行わないことから, 劣化が進み, 対照区では化学発光量が減少したものと推察される. 脱酸素剤包装区では, 化学発光の低下はみられず, 化学発光量に影響する成分の変動が抑制されていると思われる. 今回の結果では発光因子の解明には至らず, 他の関与因子も含めて今後更に検討する必要があるが, 貯蔵中の化学発光量の減少による発芽玄米の品質評価は非常に簡単な計測方法として期待される.

3. 要約

- (1) 35℃ 乾燥した発芽玄米の生菌数は脱酸素剤の有無に関わらず増大せず, GABA 含量も 6 ヶ月の保存期間中に顕著な変化はみられなかった.
- (2) 脱酸素剤を入れないに保存した対照区の試料発芽玄米の 6 ヶ月後の脂肪酸度は 52 KOH mg/100 g であり, 脱酸素剤包装区に比較して劣化が進行した.
- (3) 対照区では 2 ヶ月後に化学発光量が明らかに低下したが, 脱酸素剤包装区の発芽玄米は, 6 ヶ月後も製造時の発光量を維持していた. 脱酸素剤の封入は, 製造時の品質を保持するのに有効であり, 化学発光量が品質評価の簡便な指標となりうることが示唆された.

文 献

- 1) ドーマー(株), 発芽玄米の製造方法及び製造装置, 特許公開 2002-253148 (2002.9.10).
- 2) 大久長範, 大能俊久, 森 勝美, 発芽玄米と粳発芽玄米の γ -アミノ酪酸および遊離アミノ酸含量, 食科工, **50**, 316-318 (2003).
- 3) 株式会社ファンケル, 発芽玄米, 特許公開 2001-352917 (2001.12.25).
- 4) 株式会社ファンケル, 発芽玄米の製造法, 特許公開 2002-136263 (2002.5.14).
- 5) 鈴木忠直, アミノ酸組成の定量法, 「新・食品分析法」(社)食品科学工学会編, (光琳, 東京), pp. 493-508 (1996).
- 6) 標準計測方法, (食糧庁, 東京) pp. 86-88 (1989).
- 7) 菰原昌司, 齋藤高弘, 志賀 徹, 大谷敏郎, 米の極微弱発光現象の画像計測と脂肪酸度の推定, 食科工, **49**, 719-725 (2002).
- 8) 金田弘孝, 狩野幸信, 越野昌平, 碎米の化学発光, 醸協, **89**, 412-413 (1994).
- 9) 薄木理一郎, ケミルミネッセンス測定による食用油劣化度の判定, 日食工誌, **32**, 74-81 (1985).
- 10) 西場洋一, 吉田 収, 須田郁夫, 化学発光分析等による貯蔵米の品質劣化判定技術の開発, 第 13 回非破壊計測シンポジウム講演要旨, pp. 97-102, つくば市 (1997).

(平成 16 年 11 月 26 日受付, 平成 17 年 7 月 19 日受理)