

生産現場で収穫した飼料用米の化学組成ならびに保管条件が玄米と粳米の脂肪酸度におよぼす影響

誌名	日本養豚学会誌 = The Japanese journal of swine science
ISSN	0913882X
著者名	勝俣,昌也 石田,藍子 豊田,裕子
発行元	日本養豚学会
巻/号	50巻4号
掲載ページ	p. 164-172
発行年月	2013年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



原 著

生産現場で収穫した飼料用米の化学組成ならびに
保管条件が玄米と粳米の脂肪酸度におよぼす影響

勝俣昌也・石田藍子・豊田裕子

(独)農業・食品産業技術総合研究機構, 畜産草地研究所, 茨城県つくば市, 305-0901

(2013年7月24日受付, 2013年9月11日受理)

要約 生産現場で栽培した飼料用米の化学組成の情報をえるために, 国産飼料資源活用総合対策事業に参加した17協議会から, 平成20年と平成21年産の飼料用米(玄米が14品種25サンプル, 粳米が10品種17サンプル)を入手して分析した。さらに, 保管条件による酸化劣化の程度を明らかにするために, 玄米と粳米を28℃相対湿度80%の条件で保管して脂肪酸度の変化を調査し, 4℃で保管したときと比較した。測定したすべての玄米の化学組成と粳米の化学組成のあいだに差があった($P<0.01$)。総エネルギー, 粗蛋白質, 粗脂肪, 総リンの含量は玄米のほうが高く, 粗灰分, カルシウム, NDFの含量は粳米のほうが高かった。さらに, 玄米の必須アミノ酸含量のほうが, 粳米の必須アミノ酸含量よりも高かった($P<0.05$)。また, 調査した玄米と粳米の粗蛋白質含量と総リン含量には正の相関があった($P<0.05$)。28℃相対湿度80%で保管すると4℃で保管するよりも脂肪酸度が高く($P<0.01$), 玄米として保管するほうが粳米として保管するよりも脂肪酸度が高かった($P<0.01$)。28℃相対湿度80%で保管しても, 粳米であれば脂肪酸度は変化しなかった。玄米と粳米の粗蛋白質含量と総リン含量の正の相関は, 施肥量が多いと粗蛋白質含量が高くなったことを示唆している。保管中の酸化劣化の結果は, 常温で保管するなら, 粳米で保管するのが望ましいことを示唆している。

緒 論

平成22年3月に閣議決定された食料・農業・農村基本計画は, 26%の飼料自給率を38%にする目標をかかげた。呼応するように, 2011年と2012年の飼料用米の作付面積は, それぞれ33,955haと34,525haで, 2009年の作付面積4,129haの約8倍, 2005年の作付面積45haの約770倍に増えた(農林水産省)。作付面積増加の推進役は, 農業者戸別所得補償制度の水田利活用自給力向上事業(平成22年度から平成24年度, 新規需要米の作付けに対して80,000円/10aの補助)や経営所得安定対策(平成24年度から, 戦略作物助成として飼料用米の作付けに対して80,000円/10aの補助)など, 農林水産省の事業である。

養豚における飼料用米の利用は大規模経営で広がっている。たとえば, 日本農業新聞2013年5月26日号によると, 山形県の平田牧場, 秋田県のポークランドグループ, 神奈川県フリーデン, 神奈川県のブライトピッググループなどの大手生産者が, 飼料用玄米を10~15%配合した飼料を肥育豚に給与している。小規模経営でも利用しているが, 残念ながら, 詳細なデータは無い。

飼料を配合設計するためには, 当然のことながら, 原料の化学組成を分析しなければならない。日本標準飼料成分表2009年版(農研機構, 2009)は, 玄米と粳米の化学組成を掲載しており, 配合設計の際に参照できる。一方, 1968年の政府買入れ米の玄米250試料の粗蛋白質含量の調査によると, 乾物中粗蛋白質含量には7.11~11.54%の変動があった

連絡者: 勝俣昌也 (E-mail: masaya@affrc.go.jp TEL. 029-838-8656)

(平と平, 1971)。本庄 (1971), 本庄と平野 (1979) や若松ら (2008) は, 窒素施用量が多いと玄米の粗蛋白質含量が高くなると報告している。生産現場における玄米の粗蛋白質含量を調査した報告でも, 窒素施用量が多いほうが粗蛋白質含量が高かった (平, 1970)。さらに, 品種間差も検出している (本庄と平野, 1979)。以上は, 食用米を対象とした結果だが, 飼料用米でも結果がえられている。飼料用米のタカナリとモミロマン, 食用米の日本晴の施肥量を多くすると, 粗蛋白質含量が高くなった (加藤ら, 2009)。いずれの施肥量でもタカナリと日本晴の方が, モミロマンよりも粗蛋白質含量が高く, 品種間差も検出している (加藤ら, 2009)。

現在, 全国各地で飼料用米栽培に取り組んでいるが, 同じ栽培方法を採用しているとは考えにくい。さらに, 栽培する品種も複数である。したがって, 収穫した飼料用米の化学組成には変動があると予想する。しかし, 生産現場で栽培した飼料用米の実際の化学組成はどうなっているのか, 1次情報は無い。この1次情報をえる重要性を痛感した筆者らは, 国産飼料資源活用総合対策事業に参加した17協議会から, 平成20年と平成21年産の飼料用米のサンプルの提供を受け, 化学組成を分析した。

飼料用米の保管方法も検討課題の一つである。秋に収穫したのち配合するまで, 飼料用米を保管する必要がある。JAなどの倉庫にフレコンバックで保管, あるいは, カントリーエレベーターに保管するなどが想定できる。冬季の保管に課題は少ないと考えるが, 高温多湿となる夏季の保管には注意が必要である。奥西と大坪 (2008) は, 食用米品種日本晴の玄米を28℃, 相対湿度85%で保管し, 脂肪酸度, 過酸化価, カルボニル価を測定した。過酸化価は保管開始直後から, カルボニル価は10日目ごろから, 脂肪酸度は30日目ごろから高くなった。飼料用の専用品種でも, 同じように酸化劣化すると予想するが, データはない。また, 奥西と大坪 (2008) は, 玄米のみを供して検討している。穀実が直接は外気に接触しない粳米のほうが, 高温多湿条件でも酸化劣化が進みにくいと予想できる。上記の化学組成の調査にくわえ, 本研究では, 飼料用米専用品種 (ふくひびき), 飼料用の系統 (奥羽409号と410号), 多収品種 (つぶゆたか) の玄米と粳米を, 28℃相対湿度80%の条件で保管し, 脂肪酸度の変化を調査した。

材料と方法

国産飼料資源活用総合対策事業に参加した協議会のうち17協議会から, 平成20年と平成21年産の飼料用米を入手して化学組成を測定した。17協議会は, 岩手県から福岡県まで分布し, 東北, 関東, 東海, 北部九州をカバーしている。北海道, 近畿, 中国, 四国, 南部九州で栽培した飼料用米は入手できなかった。2年分のサンプルを整理すると, 玄米が14品種25サンプル, 粳米が10品種17サンプルであった。また, 平成20年度には, 17協議会中9協議会が食用品種を飼料用米として栽培していた。平成21年度に協力を得た協議会は9協議会となったが, このうち4協議会が食用品種を飼料用米として栽培していた。各協議会からは, 500~1000g程度の飼料用米サンプルを入手した。各サンプルは宅配便 (常温) で畜産草地研究所に配達され, 到着直後から4℃で保管した。

すべてのサンプルはレッチェ社の超遠心粉碎機ZM100で超遠心粉碎してから分析に供した。各成分の含量は以下の方法で測定した。水分 (乾物): 135℃2時間乾燥法。粗脂肪: ジエチルエーテルで16時間抽出。粗灰分: 600℃で2時間灰化。粗タンパク質: 全窒素全炭素測定装置 (スミグラフNC-220F) で測定。アミノ酸: 塩酸加水分解 (110℃24時間) し, 和光純薬社製のアミノ酸混合標準液 (Type AN-II と Type B) を標準試料として, 全自動アミノ酸分析装置 (日立L8900) で測定。

平成20年度に収集したサンプルの総リンおよびカルシウム含量は, 試料を硝酸および過塩素酸を用いた湿式灰化の前処理後に定法 (AOAC International, 2000) に従い測定した。総リン含量はバナドモリブデン酸法により測定し, カルシウム含量は塩化ランタンを添加して原子吸光法で測定した。平成21年度のサンプルの総リンとカルシウムの含量は, 日本食品分析センターに依頼して測定した。両元素とも, 500℃で乾式灰化後, 1%塩酸で抽出してICP発光分析法で測定した。NDF含量を測定するために, 試料に亜硫酸ナトリウムを加え, 中性デタージェント溶液で還流煮沸後, アミラーゼ (Sigma Amylase heat stable) を処理した。その残渣をアセトンで洗浄し, 135℃で2時間乾燥し秤量した後, 500℃で2時間加熱し, 放冷後秤量し, その差をNDFとした (藤田, 2001)。

平成21年度産のふくひびき, 奥羽409号と410

号, つぶゆたかを, 平成21年12月に農研機構東北農研センターから入手し, 脂肪酸度の分析に供した。サンプルは4℃あるいは28℃相対湿度80%の条件で, 4あるいは8週間保管した。4℃で保管したサンプルは, 畜産草地研究所内の飼料保管用大型冷蔵庫を4℃に設定して保管した。大型冷蔵庫の相対湿度は制御しておらず, 成りゆきとした。なお, 大型冷蔵庫の相対湿度は測定していない。28℃相対湿度80%で保管したサンプルは, 実験室内に設置した恒温恒湿装置(ヤマト, IG400)内で保管した。また, 保管開始前の脂肪酸度を0日の値として測定した。脂肪酸度は日本食品分析センターに依頼し, 食糧庁標準計測法(食糧庁, 1989)にのっとり測定した。

統計処理にはSASのバージョン9.1.3を使った。玄米と粳米の化学組成(一般成分と必須アミノ酸)の差を, GLM procedureを使い, 1元配置の分散分析によって検定した。粗蛋白質と総リンの含量ならびに粗蛋白質とリジンの含量, それぞれに相関があるかどうかを, REG procedureを使って検定した。

保管条件, サンプル米の形態(玄米か粳米か)および保管期間が脂肪酸度におよぼす影響を, Mixed Procedureを使い, 保管条件, 形態, 保管期間を固定効果, サンプル米をランダム効果として検定した。保管条件が同じとき, 形態と保管期間が脂肪酸度におよぼす影響を, Mixed Procedureを使い, 形態と保管期間を固定効果, サンプル米をランダム効果として検定した。各最小2乗平均値間の差は, lsmeans ステートメントを使い, 最小有意差法で検定した。

結 果

収集した飼料用米は, 移植日に4月15日から7月1日の幅があり, 収穫日も9月5日から11月19日までの幅があった。収量は, 玄米で378~717kg/10a, 粳米で156~721kg/10aの幅があった。

平成20年度産と平成21年度産の玄米の乾物あたりの化学組成(一般成分)を表1に示した。粳米の化学組成(一般成分)は表2に示した。各サンプルの品種名と測定値にくわえ, 平均値, 標準偏差, 変動係数, 最小値と最大値を示している。測定したすべての玄米の化学組成と粳米の化学組成のあいだに差があった($P<0.01$)。総エネルギー, 粗蛋白質, 粗脂肪, リンの含量は玄米のほうが高く, 粗灰分, カルシウム, NDFの含量は粳米のほうが高かった。

玄米のNDFの変動係数が33.9%と高かったが, それ以外の化学組成の変動係数は, 玄米と粳米の間に明確なちがいはなかった。

平成20年度産と平成21年度産の玄米の乾物あたりの必須アミノ酸含量を表3に示した。粳米の必須アミノ酸含量は表4に示した。前処理として, 塩酸加水分解法を採用したので, 含硫アミノ酸とトリプトファンの含量は測定できなかった。玄米の必須アミノ酸含量のほうが, 粳米の必須アミノ酸含量よりも高かった($P<0.05$)。変動係数は, 玄米と粳米の間に明確なちがいはなかった。

粗蛋白質含量と総リン含量に相関があるか検定した。玄米では, $P=0.014 \times CP + 0.174$ ($R^2=0.41$, $P<0.05$, P:リン含, CP:粗蛋白質含量)の回帰式をえた。粳米では, $P=0.019 \times CP + 0.166$ ($R^2=0.63$, $P<0.01$, P:リン含量, CP:粗蛋白質含量)の回帰式をえた。このように, 飼料用米の粗蛋白質含量と総リン含量の間に正の相関があった。

保管条件, 米の形態, 保管期間が脂肪酸度におよぼす影響を表5に示した。保管条件と米の形態が脂肪酸度に影響をおよぼした。28℃相対湿度80%で保管すると4℃で保管するよりも脂肪酸度が高く($P<0.01$), 玄米として保管するほうが粳米として保管するよりも脂肪酸度が高かった($P<0.01$)。保管期間の影響はなかった。

4℃で保管したときの玄米と粳米の脂肪酸度の変化を図1に示した。4℃であっても, 玄米を4週間保管すると, 脂肪酸度は開始前より高くなった($P<0.01$)。玄米を4℃で8週間保管したときの脂肪酸度は, 4週間保管したときよりも, さらに高くなった($P<0.01$)。

28℃相対湿度80%で保管したときの玄米と粳米の脂肪酸度の変化を図2に示した。28℃相対湿度80%で玄米を保管すると, 保管前よりも脂肪酸度は高くなった($P<0.01$)。一方, 28℃相対湿度80%で保管しても, 粳米であれば脂肪酸度は変化しなかった。

考 察

本庄(1971), 本庄と平野(1979), 若松ら(2008)は, 窒素施用量を高くすると食用玄米の粗蛋白質含量が高くなると報告している。加藤ら(2009)は, 飼料用米のタカナリとモミロマンの玄米で, 同様の結果をえている。研究機関で実施した試験結果だけでなく, 生産現場でも窒素施用量が高いと玄米の粗

表 1. 平成 20, 21 年度産の飼料用玄米の化学組成 (一般成分, 乾物あたりの % あるいは乾物あたりの cal/g)

Table 1. Chemical composition (%/dry matter or cal/g dry matter) of rice for forage (brown rice) harvested in 2008 or 2009

品種	乾物	総エネルギー	粗蛋白質	粗脂肪	粗灰分	総リン	カルシウム	NDF
コシヒカリ	90.2	4299	7.2	2.4	1.3	0.28	0.012	3.8
あきたこまち	89.4	4403	7.8	2.5	1.9	0.29	0.010	5.1
ほそおもて	89.4	4305	8.0	2.3	1.3	0.28	0.009	4.5
ふくひびき	89.1	4365	7.4	2.3	1.2	0.29	0.009	4.8
どんぴしゃり	89.7	4353	8.7	2.4	1.3	0.29	0.008	5.3
あさひの夢	89.8	4347	7.7	2.4	1.3	0.28	0.008	4.9
たちあおば	89.8	4324	7.8	2.7	1.4	0.28	0.014	4.8
みえのゆめ	90.7	4350	7.0	2.8	1.3	0.28	0.014	6.6
きぬひかり	90.2	4329	9.0	2.4	1.4	0.30	0.012	5.0
夢あおば	90.3	4297	7.4	2.5	1.4	0.26	0.011	4.4
ふくひびき	90.4	4320	8.6	2.5	1.3	0.28	0.010	6.1
どんぴしゃり	89.7	4318	7.9	2.1	1.3	0.26	0.010	3.8
べこあおば	89.4	4333	7.5	2.3	1.7	0.29	0.008	5.5
コシヒカリ	92.0	4195	7.4	2.2	1.3	0.28	0.008	4.6
ふくひびき	91.3	4218	7.4	2.0	1.2	0.27	0.008	4.6
夢あおば	87.9	4457	6.9	2.6	1.3	0.26	0.011	1.9
ふくひびき	87.5	4475	7.7	2.1	1.4	0.28	0.009	2.3
モミロマン	87.7	4445	7.0	1.9	1.3	0.25	0.013	2.7
みずほちから	87.6	4566	12.2	2.3	1.7	0.36	0.013	2.3
みずほちから	87.7	4495	7.9	2.5	1.4	0.28	0.017	2.6
きぬひかり	89.6	4381	8.8	2.2	1.3	0.32	0.011	2.3
夢あおば	89.7	4395	8.5	3.0	1.6	0.30	0.022	3.3
夢あおば	89.2	4405	7.4	2.4	1.5	0.29	0.011	2.6
べこあおば	89.3	4389	7.5	2.2	1.5	0.29	0.011	2.6
まなむすめ	89.2	4382	7.3	2.4	1.3	0.30	0.012	2.6
平均値	89.5	4366	7.9	2.4	1.4	0.29	0.011	4.0
標準偏差	1.1	82	1.1	0.2	0.2	0.02	0.003	1.3
変動係数	1.3	1.9	13.4	10.0	11.7	7.6	28.7	33.9
最大値	92.0	4566	12.2	3.0	1.9	0.36	0.022	6.6
最小値	87.5	4195	6.9	1.9	1.2	0.25	0.008	1.9

蛋白質含量が高かった (平, 1970)。本研究では, 残念ながら, 各協議会の圃場における窒素施用量を正確に把握できなかった。しかし, 玄米, 粳米ともに粗蛋白質含量と総リン含量の間に正の相関があった。この結果は, 施肥量が高いと, 粗蛋白質含量が高くなると示唆している。本研究で観察した粗蛋白質含量の変動の一因は, 窒素施用量のちがいだと考えるのが妥当である。

また, 本庄と平野 (1979) と加藤ら (2009) は,

玄米の粗蛋白質含量に品種差を観察している。本研究では, 食用米と飼料用米の両方を調査しており, 玄米 14 品種, 粳米 10 品種の粗蛋白質含量を測定した。粗蛋白質含量の変動には, 品種の影響があったかもしれない。平と平 (1971) の調査では, 等級が低い玄米は粗蛋白質含量が高かった。等級には玄米の熟期が影響しており, 未熟米は完熟米と比較して窒素含量が高い (平と平, 1964)。結果の冒頭で述べたように, 収集した飼料用米は, 移植日に 4 月 15 日

表 2. 平成 20, 21 年度産の飼料用籾米の栄養価 (一般成分, 乾物あたりの % あるいは乾物あたりの cal/g)

Table 2. Chemical composition (%/dry matter or cal/g dry matter) of rice for forage (unhulled rice) harvested in 2008 or 2009

品種	乾物	総エネルギー	粗蛋白質	粗脂肪	粗灰分	総リン	カルシウム	NDF
あきたこまち	90.4	4220	6.7	2.2	5.2	0.29	0.020	20.2
ほそおもて	89.7	4302	7.3	2.0	3.7	0.27	0.018	19.3
みえのゆめ	90.6	4279	6.3	2.4	3.3	0.23	0.035	20.6
べこあおば	90.1	4257	6.5	2.0	3.9	0.25	0.014	18.6
クサノホシ	91.5	4301	6.2	2.2	3.9	0.28	0.035	18.6
はまさり	91.2	4318	7.0	2.2	4.7	0.26	0.034	18.7
はまさり	91.3	4316	8.9	1.8	4.8	0.30	0.035	19.3
クサホナミ	91.4	4273	7.0	2.0	4.7	0.28	0.025	19.2
クサノホシ	91.3	4324	6.3	2.0	3.4	0.26	0.027	20.5
クサホナミ	91.3	4301	6.7	1.8	4.3	0.25	0.027	20.1
クサホナミ	91.3	4231	6.3	1.7	4.9	0.27	0.025	18.5
はまさり	91.6	4297	6.6	2.3	4.8	0.27	0.027	18.1
はまさり	91.5	4290	8.9	2.2	5.0	0.29	0.035	19.9
はまさり	91.6	4237	6.2	2.2	5.6	0.25	0.027	20.8
みえのゆめ	89.7	4367	6.5	1.8	3.7	0.26	0.039	15.1
あきたこまち	90.3	4254	6.3	1.4	5.0	0.29	0.018	15.1
つぶゆたか	90.4	4294	6.3	1.3	3.9	0.24	0.022	14.2
平均値	90.9	4286	6.8	2.0	4.4	0.27	0.027	18.6
標準偏差	0.7	38	0.9	0.3	0.7	0.02	0.007	2.0
変動係数	0.7	0.9	12.5	15.4	15.4	7.3	26.5	10.9
最大値	91.6	4367	8.9	2.4	5.6	0.30	0.039	20.8
最小値	89.7	4220	6.2	1.3	3.3	0.23	0.014	14.2

から7月1日の幅があり, 収穫日も9月5日から11月19日までの幅があった。収量は, 玄米で378~717kg/10a, 籾米で156~721kg/10aの幅があった。品種や地域の条件がちがうこともあり, 齊一な条件で栽培できなかったことがうかがえる。収穫したときの熟期にも差異があったとすれば, 粗蛋白質含量の変動の一因になったかもしれない。

イクヒカリへの窒素施肥量が背白米発生割合におよぼす影響を検討した若松ら(2008)のデータを使い, 玄米収量と粗蛋白質含量に相関があるか筆者らが検討したところ, $R^2=0.93$ の正の相関があった。同一品種であれば, 収量と粗蛋白質含量に相関が存在することを示唆する結果である。今後, 各飼料用米品種に適合した多収向けの栽培技術が完成すれば, 粗蛋白質含量の高い飼料用米の栽培が同時に期待できる。一方で, 筆者らが収集した飼料用米の収

量と粗蛋白質含量, 平(1970)が報告している収量と粗蛋白質含量のデータからは, 収量と粗蛋白質含量の相関はみとめられなかった。若松ら(2008)の報告とちがいで, 複数品種から得たデータという点で, 相関の有無のちがいでいると考える。品種がちがうケースでは, 粗蛋白質含量などの栄養価を収量から推定するのは今後の課題だろう。

リジン含量と粗蛋白質含量の間に相関があるかどうか検定したところ, 玄米ではリジン含量 $=0.024 \times$ 粗蛋白質含量 $+0.085$ ($P<0.01$, $R^2=0.66$), 籾米ではリジン含量 $=0.038 \times$ 粗蛋白質含量 -0.006 ($P<0.01$, $R^2=0.65$)という結果をえた。粗蛋白質含量には窒素施肥量の影響があったと考察した。アミノ酸含量にも窒素施肥量の影響があったと考えてよいだろう。

飼料用米の栽培コストを低減するには, 多収を目

表 3. 平成 20, 21 年度産の飼料用玄米の必須アミノ酸含量 (乾物あたり %)

Table 3. Contents of essential amino acids (%/dry matter) of rice for forage (brown rice) harvested in 2008 or 2009

品種	Lys	Thr	Val	Ile	Leu	Tyr	Phe	His
コシヒカリ	0.24	0.22	0.32	0.21	0.50	0.28	0.31	0.12
あきたこまち	0.27	0.22	0.31	0.22	0.54	0.29	0.34	0.16
ほそおもて	0.28	0.23	0.35	0.23	0.57	0.28	0.35	0.16
ふくひびき	0.26	0.24	0.37	0.25	0.54	0.29	0.34	0.15
どんびしゃり	0.29	0.27	0.41	0.29	0.64	0.29	0.40	0.16
あさひの夢	0.27	0.23	0.36	0.24	0.55	0.28	0.35	0.13
たちあおば	0.32	0.26	0.36	0.24	0.59	0.28	0.35	0.16
みえのゆめ	0.26	0.21	0.31	0.21	0.50	0.28	0.31	0.14
きぬひかり	0.29	0.27	0.42	0.30	0.65	0.30	0.40	0.16
夢あおば	0.28	0.23	0.37	0.25	0.54	0.26	0.34	0.16
ふくひびき	0.29	0.23	0.35	0.24	0.53	0.28	0.31	0.13
どんびしゃり	0.31	0.23	0.36	0.26	0.57	0.26	0.35	0.16
べこあおば	0.28	0.23	0.35	0.25	0.58	0.29	0.35	0.16
コシヒカリ	0.24	0.22	0.32	0.22	0.50	0.28	0.29	0.12
ふくひびき	0.27	0.21	0.36	0.24	0.54	0.27	0.34	0.15
夢あおば	0.23	0.19	0.26	0.18	0.43	0.26	0.28	0.14
ふくひびき	0.25	0.21	0.29	0.21	0.48	0.28	0.31	0.15
モミロマン	0.24	0.19	0.25	0.18	0.44	0.25	0.27	0.13
みずほちから	0.37	0.34	0.48	0.34	0.82	0.36	0.53	0.23
みずほちから	0.25	0.21	0.26	0.18	0.49	0.28	0.30	0.14
きぬひかり	0.27	0.22	0.30	0.21	0.55	0.32	0.35	0.16
夢あおば	0.30	0.23	0.30	0.21	0.51	0.30	0.32	0.14
夢あおば	0.25	0.20	0.28	0.19	0.46	0.29	0.29	0.16
べこあおば	0.25	0.20	0.27	0.19	0.47	0.29	0.29	0.13
まなむすめ	0.25	0.20	0.26	0.18	0.46	0.30	0.29	0.13
平均値	0.27	0.23	0.33	0.23	0.54	0.29	0.33	0.15
標準偏差	0.03	0.03	0.06	0.04	0.08	0.02	0.05	0.02
変動係数	11.3	14.0	17.4	17.7	15.3	7.6	15.6	13.6
最大値	0.37	0.34	0.48	0.34	0.82	0.36	0.53	0.23
最小値	0.23	0.19	0.25	0.18	0.43	0.25	0.27	0.12

Lys リジン, Thr トレオニン, Val バリン, Ile イソロイシン, Leu ロイシン, Tyr チロシン, Phe フェニルアラニン, His ヒスチジン

指すのが解決方法のひとつになる。生産現場では、慣行の食用米とはちがう施肥管理になると予想できる。しかし、それぞれの飼料用米品種に適合した多収栽培方法はまだ開発されていない。したがって、粗蛋白質、アミノ酸の含量は食用米より変動が大きくなる可能性がある。飼料用米の配合割合を高く設定するほど、粗蛋白質、アミノ酸の含量には注意が必要になる。

平ら (1974) によると、水稻玄米の乾物あたりの

粗脂肪含量、粗灰分含量、総リン含量は、それぞれ 2.69~3.03%、1.27~1.67%、0.32~0.36% だった。平と平 (1976) は、北海道産水稻うるち玄米の乾物あたりの粗脂肪含量、粗灰分含量、総リン含量を、2.47~2.78%、1.48~1.82%、0.35~0.41% と報告している。本研究では、それぞれの分析値は、1.9~3.0%、1.2~1.9%、0.25~0.36% で、平ら (1974) ならびに平と平 (1976) の報告と大きな差は無かった。なお、NDF とカルシウムは分析値の報告が無く、比較で

表 4. 平成 20, 21 年度産の飼料用粳米の必須アミノ酸含量 (乾物あたり %)

Table 4. Contents of essential amino acids (%/dry matter) of rice for forage (unhulled rice) harvested in 2008 or 2009

品種	Lys	Thr	Val	Ile	Leu	Tyr	Phe	His
あきたこまち	0.24	0.20	0.29	0.20	0.46	0.22	0.29	0.13
ほそおもて	0.27	0.21	0.35	0.23	0.52	0.26	0.32	0.14
みえのゆめ	0.23	0.19	0.28	0.19	0.44	0.22	0.28	0.12
べこあおば	0.21	0.20	0.30	0.21	0.48	0.26	0.28	0.10
クサノホシ	0.25	0.19	0.25	0.17	0.43	0.22	0.26	0.11
はまさり	0.25	0.20	0.29	0.20	0.46	0.22	0.27	0.11
はまさり	0.32	0.25	0.34	0.24	0.59	0.31	0.36	0.15
クサホナミ	0.27	0.21	0.33	0.23	0.50	0.25	0.32	0.13
クサノホシ	0.25	0.19	0.28	0.20	0.43	0.21	0.27	0.12
クサホナミ	0.25	0.20	0.30	0.21	0.47	0.24	0.30	0.13
クサホナミ	0.25	0.20	0.31	0.21	0.46	0.23	0.28	0.12
はまさり	0.27	0.21	0.29	0.21	0.46	0.23	0.28	0.13
はまさり	0.34	0.26	0.37	0.26	0.62	0.32	0.38	0.16
はまさり	0.26	0.20	0.28	0.20	0.44	0.21	0.27	0.12
みえのゆめ	0.20	0.18	0.23	0.17	0.40	0.20	0.26	0.12
あきたこまち	0.19	0.17	0.20	0.14	0.38	0.20	0.24	0.11
つぶゆたか	0.20	0.17	0.23	0.15	0.40	0.21	0.25	0.11
平均値	0.25	0.20	0.29	0.20	0.47	0.23	0.29	0.13
標準偏差	0.04	0.03	0.04	0.03	0.06	0.03	0.04	0.02
変動係数	15.7	12.6	15.1	15.2	13.8	14.5	12.8	13.3
最大値	0.34	0.26	0.37	0.26	0.62	0.32	0.38	0.16
最小値	0.19	0.17	0.20	0.14	0.38	0.20	0.24	0.10

Lys リジン, Thr トレオニン, Val バリン, Ile イソロイシン, Leu ロイシン, Tyr チロシン, Phe フェニルアラニン, His ヒスチジン

表 5. 保管条件, 米の形態, 保管期間が飼料用米の脂肪酸度におよぼす影響

Table 5. Effects of conditions of storage on fat acidity index of rice for forage

	保管条件		米の形態		保管期間		Pooled SE	P 値 条件	P 値 形態	P 値 期間
	4℃	28℃ 80%	玄米	粳米	4 週間	8 週間				
脂肪酸度 [†]	7.7	12.4	13.1	6.9	10.5	9.5	0.7	**	**	NS

[†] 100g 中和するのに必要な KOH の mg 数

** : P<0.01

きなかった。

保管条件による酸化劣化を評価したところ, 28℃ 相対湿度 80% で保管すると, 玄米の脂肪酸度が高くなった。一方で, 28℃ 相対湿度 80% で保管しても, 粳米の脂肪酸度は高くならなかった。さらに, 4℃ で保管しても, 玄米のほうが脂肪酸度は高かつ

た。このように, 夏季の気温・湿度に類した高温多湿条件 (28℃ 相対湿度 80%) で玄米を保管すると, 脂肪酸度は高くなる。一方で, 本研究で観察した酸化劣化の程度が, 飼養成績に影響をおよぼすかどうかは不明である。この点は今後の検討が必要である。奥西と大坪 (2008) の報告では, 玄米を 28℃ 相

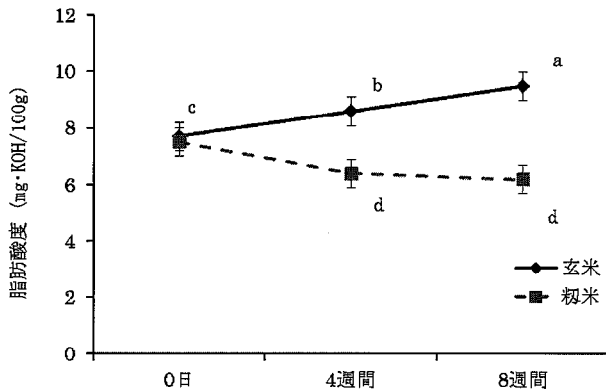


図 1. 4°Cで玄米あるいは粳米を保管したときの脂肪酸度の変化

Fig. 1. Change of fat acidity of brown rice and rough rice kept at 4°C either for 4 or 8 weeks a, b, c, d; $P < 0.01$

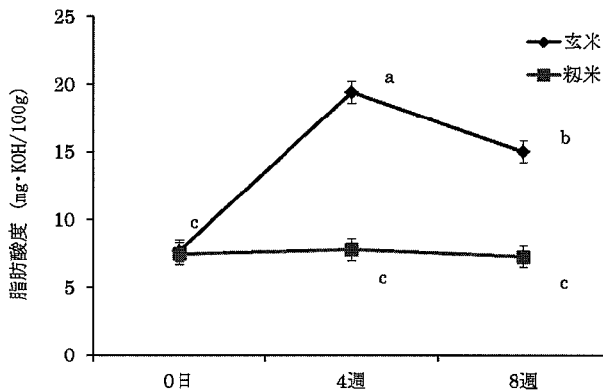


図 2. 28°C 80%で玄米あるいは粳米を保管したときの脂肪酸度の変化

Fig. 2. Change of fat acidity of brown rice and rough rice kept at 28°C 80% either for 4 or 8 weeks a, b, c; $P < 0.01$

対湿度 85% で保管すると、過酸化価とカルボニル価が、脂肪酸度より早く高くなった。本研究では測定していないが、過酸化価とカルボニル価も、28°C 相対湿度 80% で高くなっていたと考えるのが妥当である。いずれにしても、常温で保管するならば、粳米で保管するのが望ましいことを、本研究の結果は示唆している。また、玄米で保管するならば、低温庫を準備したほうがよい。

平成 20 年度と平成 21 年度に、生産現場で栽培した飼料用米の化学組成について、1 次情報をえた。粗蛋白質含量と必須アミノ酸含量には、窒素施肥量

のちがいによると考えられる変動を観察した。飼料用米のコストは、地域によってことなり、同じ地域内でもいまだ流動的である。一方で、輸入穀物に依存する体系も維持が難しくなっている。飼料用米のコストが安定し、養豚用飼料への配合割合を高く設定できるようになれば、飼料用米の化学組成、とくに粗蛋白質と必須アミノ酸の含量には、一層の注意が必要になる。

謝 辞

サンプルをご提供いただいた 17 協議会の皆様、元農研機構東北農業研究センター大仙研究拠点（現農研機構中央農業総合研究センター北陸研究センター）の山口誠之氏に深甚なる謝意を表す。本研究は、農林水産省「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」の課題「豚への飼料米給与による新規栄養機能の解明およびその実用化（課題番号 21065）」の一部として実施した。また、本研究の一部は農林水産研究情報総合センターのシステムを利用して実施した。

文 献

- AOAC International : 2000, Calcium in Animal Feed Wet Ash Method, in Official Methods of Analysis of AOAC International. (ed.) Horwitz W., Chapter 4. 41, AOAC Int., Gaithersburg, MD.
- AOAC International : 2000, Phosphorus in Animal Feed Photometric Method, in Official Methods of Analysis of AOAC International. (ed.) Horwitz W., Chapter 4. 44, AOAC Int., Gaithersburg, MD.
- 藤田泰仁 : 2001, 「中性デタージェント繊維」, 改訂粗飼料の品質評価ガイドブック, 自給飼料品質評価研究会編, 12-13, 日本草地畜産種子協会, 東京.
- 加藤 浩・勝俣昌也・太田久稔・石田藍子・京谷隆侍・中島一喜 : 2009, 多肥栽培した飼料米品種・系統の粗蛋白質含量および粗脂肪含量, 育種学研究, **116**, 410.
- 農業・食品産業技術総合研究機構 : 2009, 「(2) 一般成分組成, 消化率, 栄養価 : 豚および鶏」, 日本標準飼料成分表 (2009 年版), 106-107, 中央畜産会, 東京.
- 本庄一雄 : 1971, 米のタンパク質含量に関する研究 第 2 報 施肥条件のちがいが玄米のタンパク質含有率およびタンパク質総量に及ぼす影響, 日本作物学会紀事, **40**, 190-196.
- 本庄一雄・平野 貢 : 1979, 米のタンパク質含量に関する研究 第 4 報 穂揃期追肥による米粒タンパク質含有率の品種間差異, 日本作物学会紀事,

- 48, 525-530.
 奥西智哉・大坪研一:2008, 玄米保管時における酸化劣化とその制御方法, 日本食品科学工学会誌, 55, 76-77.
 食糧庁:1989, 標準計測方法, 86-88.
 平 宏和:1970, 多収穫栽培米のタンパク質含量に与える施肥の影響, 日本作物学会紀事, 39, 200-203.
 平 宏和・平 春枝:1964, 食用作物のアミノ酸組成(第6報) 米の全アミノ酸および遊離アミノ酸における移植期および熟期の差異の影響, 栄養と食糧, 16, 449-452.
 平 宏和・平 春枝:1971, 水稻うるち玄米のタンパク質含量, 日本作物学会紀事, 40, 21-26.
 平 宏和・平 春枝:1976, 北海道産水稻うるち玄米の生産地と化学成分組成, 日本作物学会紀事, 45, 343-350.
 平 宏和・平 春枝・松崎昭夫・松島省三:1974, 水稻玄米の化学成分組成におよぼす窒素施肥の影響, 日本作物学会紀事, 43, 144-150.
 若松謙一・佐々木修・上菌一郎・田中明男:2008, 水稻登熟期の高温条件下における背白米の発生に及ぼす窒素施肥量の影響, 日本作物学会紀事, 77, 424-433.

Chemical Compositions of Rice for Forage Harvested in Production Sites and Effects of Conditions of Storage on Fat Acidity of Brown Rice and Unhulled Rice

Masaya KATSUMATA, Aiko ISHIDA and Hiroko TOYODA

NARO Institute of Livestock and Grassland Science, Tsukuba, Ibaraki 305-0901, Japan

In order to obtain information on chemical composition of rice for forage harvested in production sites, we analyzed chemical compositions of 25 samples (14 varieties) of brown rice and 17 samples (10 varieties) of unhulled rice harvested in 2008 and 2009. Further, we determined fat acidity of brown rice and unhulled rice after kept at either 28°C 80% or 4°C. All the chemical compositions analyzed were different between the brown rice and the unhulled rice ($P < 0.01$). Contents of gross energy, crude protein, crude fat, and total phosphorus were higher in the brown rice while those of crude ash, calcium, and neutral detergent fiber were higher in the unhulled rice. Contents of essential amino acids of the brown rice were higher than those of the unhulled rice ($P < 0.05$). There was a positive correlation between the content of crude protein and that of total phosphorus both in the brown rice and the unhulled rice ($P < 0.05$). Fat acidity of the rice grains kept at 28°C 80% was higher than that of the rice grains kept at 4°C ($P < 0.01$). Fat acidity of the brown rice was higher than that of the unhulled rice ($P < 0.01$). On the other hand, fat acidity of the unhulled rice did not change even though kept at 28°C 80%. The positive correlation between the content of crude protein and that of total phosphorus suggested that higher input level of fertilizer resulted in higher content of crude protein. When the rice grains are kept without control of temperature and humidity, it is advisable to keep as unhulled rice.

Jpn. J. Swine Science, 50, 4 : 164-172

Key words : chemical composition, rice for forage, fat acidity