

令和3年度畜産関係学術研究委託調査研究報告書（詳細版）

米作を基盤とした持続可能な我が国独自の鶏肉生産への挑戦

国立大学法人神戸大学
大学院農学研究科
本田 和久

【要約】

我が国は、家禽用配合飼料の約6割を占めるトウモロコシと、約3割を占める大豆粕を輸入に依存している。本研究では、米作を基盤とした持続可能な我が国独自の鶏肉生産の為の一環として、トウモロコシと大豆粕の代わりに玄米と酒粕を給与して生産された鶏肉の特徴を明らかにすることを試みた。その結果、玄米と酒粕の給与は、鶏肉の生産性に悪影響を及ぼすことなく、肉色、脂肪酸組成、および食味に特徴のある鶏肉生産に寄与することが示唆された。これらの結果から、我が国で生産可能な玄米と酒粕を主体とする飼料を給与することによって、持続可能で高品質な国産鶏肉の生産が可能であることが示唆された。

1 はじめに

我が国の食料自給率は約20年もの間、40%前後という先進国の中では最も低い値で推移している¹⁾。この間、耕地面積は縮小し続けている²⁾が、このような食糧生産基盤の脆弱化は、世界的な有事における我が国の食料調達を不可能にする極めて深刻な問題と言える。また、畜産の分野においては、飼料の海外への依存による自給率の低下が問題となっている。例えば、我が国の令和二年度の鶏卵の国産率は97%、鶏肉の国産率は66%に上るが、この値は飼料自給率を反映した自給率に換算すると、それぞれ12%と8%にまで低下する³⁾。今後も、トウモロコシのバイオエタノール生産への利用促進や中国を始めとする新興国における食肉需要の増加に基づく飼料穀物の国際価格の高騰が懸念されることから、我が国の畜産物需給は更に逼迫すると予想される。これらのことから、我が国においては耕畜連携による持続可能な飼料と畜産物の生産体系の確立が急務と言える。

家禽用配合飼料の約60%はトウモロコシから、約30%は大豆粕から、それぞれ構成されている。ここで、トウモロコシの栄養成分組成は、我が国で生産可能な飼料用米と同等であり、多くの報告が配合飼料中のトウモロコシを飼料用米に置換することが可能であることを示唆している。農林水産省の試算においても、肉用鶏（ブロイラー）の配合飼料の60%、数量にして年間229万トンまで飼料用米を配合できる可能性があるとされている³⁾。一方、トウモロコシに次いで配合割合の高い飼料原料であり、主要なタンパク質源である大豆粕に代わる国産飼料原料は未だ見出されていない。例えば、豆腐粕、醤油粕、および焼酎粕は粗繊維、ナトリウム、水分の含有率の高さから、家禽用の飼料原料としては利用が困難である。また、日本酒製造時に生産される酒粕は、高タンパク質であることから不足するアミノ酸を補充すれば栄養成分組成としては大豆粕に置換し得るが、水分含有率が高いため、これまで殆ど利用されていない。しかしながら、酒粕はその原料が国産であり、我が国でしか生産されない食品製造副産物であることから、これを給与して肉質に特徴のある鶏肉を生産できれば、他国には模倣できない我が国独自の食肉となる可能性が高い。

最近、我々は配合飼料におけるトウモロコシの全量を飼料用米に置換しても、鶏肉の産肉量と食味には悪影響がないことを見出した⁵⁾。それ故、配合飼料のトウモロコシを飼料用米に、大豆粕を酒粕に置換出来れば、我が国の低い食料自給率の向上、すなわち持続的社会的

構築に大きく貢献できると判断される。本研究では、米作を基盤とした持続可能な我が国独自の鶏肉生産のための一環として、玄米と酒粕を給与して生産された鶏肉の特徴を明らかにすることを試みた。

2 材料および方法

(1) 玄米と酒粕の給与が肉用鶏の産肉量と肉質に及ぼす影響

21日齢の雄のブロイラー（Ross 308、株式会社ヤマモト）を平均体重が等しくなるよう4群に分け、トウモロコシ大豆粕主体飼料、玄米大豆粕主体飼料、トウモロコシ酒粕主体飼料、あるいは玄米酒粕主体飼料（いずれもCP18%、ME 3.1 Mcal/kgに調整）の何れかを、42日齢まで給与した。酒粕は60°Cで8時間温風乾燥したものをを用いた。10時間絶食後、体重を測定し、炭酸ガス麻酔下で安楽死後、むね肉およびもも肉を摘出した。むね肉およびもも肉は重量を測定後、減圧包装し、氷水中で急速冷却後、48時間、4°Cの低温室で保存した。むね肉、もも肉、およびもも肉脂肪組織の色調は分光色査計（NF 333、日本電飾工業株式会社）を用いて測定した。右のもも肉は挽肉にして減圧包装後、化学分析に供するまでマイナス30°Cで冷凍保存し、左のもも肉は中央部を内転筋に対して垂直に1cm幅でスライスし、内転筋、大腿二頭筋、および縫工筋他を含む3枚のスライス肉を減圧包装後、官能検査に供するまでマイナス30°Cで冷凍保存した。

(2) 化学分析

冷凍保存した挽肉を解凍し、化学分析に供した。粗脂肪含有率はソックスレー法により測定した。脂肪酸組成はクロロホルム-メタノール抽出した脂質を市販のキット（脂肪酸メチル化キット、ナカライテスク株式会社）を用いてメチル化し、ガスクロマトグラフィー（TC-70、ジューエルサイエンス株式会社）を用いて解析した。また、挽肉をヘキサソール処理して脱脂後、除タンパクした上清の濾液を、核酸関連物質分析（Atlantis® dC18 Column、日本ウォーターズ株式会社）あるいはフェニルチオカルバモイル化後、アミノ酸分析（ワコーパック®ワコーシル®-PTC 4.0、和光純薬工業株式会社）に供した。

(3) 官能検査方法

冷凍保存したスライス肉を解凍後、3倍量の1%食塩水を加えた後、90°C以上で15分間湯煎した鶏肉を官能検査に供した。パネラーには、供した鶏肉の特徴については説明せず、官能検査項目〔香り（鶏肉らしい香り、獣臭、異臭、全体の強さ、総合評価）、風味（鶏肉らしい風味、獣風味、異風味、全体の強さ、総合評価）、食感（咀嚼しやすさ、歯ごたえ、ジューシー感、噛み切りやすさ、総合評価）、および味（うま味、甘味、酸味、塩味、苦味、異味、コク、脂っこさ、まろやかさ、持続性、全体の強さ、総合評価）〕について、最初に食べた鶏肉を基準値0として、次に食べた鶏肉の評価を上下3段階（+3、とても強い；+2、強い；+1、やや強い；-1、やや弱い；-2、弱い；-3、とても弱い、或いは、+3、とても良い；+2、良い；+1、やや良い；-1、やや悪い；-2、悪い；-3、とても悪い）で評価させた。

(3) 統計解析

官能検査を除く結果は二元配置分散分析により、官能検査の結果は、マン・ホイットニーの U 検定により、それぞれ統計解析した。

3 結果および考察

玄米と酒粕の給与が肉用鶏の体重と産肉成績に及ぼす影響を図 1 に示した。体重は玄米給与により有意に増加した。González-Alvarado らは、トウモロコシ主体飼料、或いはコメ主体飼料の何れかを 21 日齢までブロイラーに給与した場合、体重に有意差は認められないことを報告している⁶⁾。この報告においては、破碎したコメが使用されているが、本研究においては破碎していない玄米を用いている。しかしながら、Zhang らは、破碎した玄米と精白米を 14 日齢のブロイラーの配合飼料のトウモロコシおよび大豆粕と一部置換して 7 日間給与し、その栄養価を調べた結果、破碎した玄米と精白米の消化性と代謝エネルギーはほとんど変わらないことを報告している⁷⁾。それ故、本研究において認められた玄米給与による体重の増加の原因については不明であるが、少なくともブロイラーの後期飼料に用いる上で支障はないことが示唆された。

また、酒粕給与により、むね肉割合は有意に低下し、もも肉割合は有意に上昇した。酒粕は我が国独自の飼料原料であることから、その給与がブロイラーの成長成績に及ぼす影響については殆ど調べられていない。我が国においては、むね肉よりももも肉の需要が多いことから、本研究において認められた部位による産肉割合の違いは望ましい変化と言える。しかしながら、飼育環境は鶏肉の生産性に影響すると判断される。例えば、飼育密度の上昇は脛骨やむね肉の発達を抑制することが報告されている⁸⁾。今後、大規模な飼育条件において玄米と酒粕給与の影響を明らかにする必要がある。

玄米と酒粕の給与がむね肉、もも肉およびもも肉脂肪の色調に及ぼす影響を図 2 に示した。玄米および酒粕の給与により、むね肉の L*値および b*値は有意に上昇し、a*値は有意に低下した。もも肉においても同様に、玄米および酒粕の給与による、L*値および b*値の有意な上昇が認められた。もも肉の脂肪組織の色調は、玄米および酒粕の給与により、a*値および b*値が有意に低下した。トウモロコシの玄米への置換による骨格筋および脂肪組織の色調変化について、Nanto らは、飼料中トウモロコシの全量を玄米に置換してブロイラーに 11 日齢から 28 日齢まで給与すると、むね肉および腹部脂肪組織の b*値が低下すること⁹⁾を、力丸らは、飼料中トウモロコシの全量を玄米に置換して比内地鶏に 14 週齢から 22 週齢まで給与すると、むね肉および腹部脂肪組織の L*値が上昇し、腹部脂肪の b*値が低下すること¹⁰⁾を、それぞれ報告している。トウモロコシの玄米への置換によるトウモロコシに含まれる色素(キサントフィル)摂取量の減少がこれらの色調変化の原因と判断されるが、本研究において認められた酒粕給与が肉色に及ぼす影響の原因については今後の検討課題と言える。

玄米と酒粕の給与がもも肉の粗脂肪含有率と脂肪酸組成に及ぼす影響を図 3 に示した。酒粕の給与により、もも肉の粗脂肪含有率は有意に上昇した。また、パルミチン酸およびパ

ルミトレイン酸の含有率が有意に上昇し、リノール酸含有率が有意に低下した。酒粕の脂肪酸組成に関する報告は極めて少ないが、パルミチン酸含有率が高いことが報告されている¹¹⁾。それ故、酒粕給与によるもも肉脂肪における脂肪酸組成の変化は、酒粕に含まれる脂肪酸の影響が大きいのかもしれない。

飼料中のトウモロコシと大豆粕の玄米と酒粕への置換がもも肉の食味に及ぼす影響を図4に、飼料中の大豆粕の酒粕への置換がもも肉の食味の及ぼす影響を図5に、それぞれ示した。玄米と酒粕の給与は、もも肉の、風味全体の強さ、鶏肉らしい風味、うま味、コク、および持続性を有意に高めることが、酒粕の給与は、もも肉の、かみ切りやすさ、咀嚼しやすさ、およびまろやかさを有意に改善することが、それぞれ示された。また、玄米と酒粕の給与は、風味と味の総合評価を、酒粕の給与は香りの総合評価を、それぞれ有意に高めた。総合評価は鶏肉に対する好みが大きく影響することから、本実験の結果をもって食味に優れた鶏肉であるとするのは早計であるが、少なくとも今回の官能検査の結果から、飼料用米と酒粕の給与が食味に特徴のある鶏肉生産に貢献することが示唆された。

鯉節のうま味成分であるイノシン酸および昆布のうま味成分であるグルタミン酸には、鶏肉スープの香りを増強する効果があることが知られている¹²⁾。しかしながら、もも挽肉抽出液のグルタミン酸濃度には玄米および酒粕給与による有意な差は見られず（トウモロコシ大豆粕, $0.88 \pm 0.13 \mu\text{mol/mL}$; 玄米大豆粕, $0.89 \pm 0.08 \mu\text{mol/mL}$; トウモロコシ酒粕, $0.86 \pm 0.07 \mu\text{mol/mL}$; 玄米酒粕, $0.88 \pm 0.12 \mu\text{mol/mL}$ ）、イノシン酸濃度は玄米および酒粕給与によりむしろ有意に低下した（トウモロコシ大豆粕, $30.3 \pm 3.4 \text{ nmol/mL}$; 玄米大豆粕, $18.6 \pm 5.6 \text{ nmol/mL}$; トウモロコシ酒粕, $20.2 \pm 9.1 \text{ nmol/mL}$; 玄米酒粕, $11.6 \pm 1.3 \text{ nmol/mL}$ ）。それ故、官能検査において認められた風味や味における変化にこれらのうま味成分が関与する可能性は低いと判断された。

酒粕の給与によるもも肉の、かみ切りやすさ、咀嚼しやすさ、およびまろやかさにおける変化については、もも肉の粗脂肪含有率の上昇や脂肪酸組成の変化が関与している可能性が考えられる。例えば、牛肉においては、粗脂肪含有率が和牛の美味しさに大きく影響することが報告されている¹³⁾。分子量の小さい脂肪酸の増加は脂肪の融点を低下させることから、酒粕給与鶏肉におけるパルミチン酸含有率の上昇も、官能検査の結果に影響しているかもしれない。今後、大規模な飼育条件下で生産された鶏肉を用いて、より多くの消費者における官能評価を実施する必要がある。

4 おわりに

日本学術会議の答申¹³⁾によれば、農業による洪水防止機能、水源涵養機能、土壌浸食防止機能および土砂崩壊防止機能を合わせれば、年間約6兆円を超える経済価値を有すること、水田は、生物多様性の維持や景観の保全など、換金し得ない機能も有することから、耕地面積の拡大は、我が国の食料需給に関する経済的収支の観点からだけでなく、災害に対する危機管理や環境保全を含めた我が国全体の生活基盤を維持するためにも重要と判断される。

また、中国を始めとするアジア諸国における畜産物の消費量は1971年以降増加し続けており¹⁴⁾、世界の鶏肉需要量も2005～2007年に比べ、2050年までには約2.2倍に増加することが見込まれている¹⁵⁾。最近、鶏肉とは比較にならないほど高額な和牛の輸出量が年々増加していることを考えれば、食味に優れた鶏肉であれば、この拡大する世界の鶏肉市場に我が国で生産された高品質な鶏肉が参入できる可能性は高いと判断される。また、日本酒粕を給与して鶏肉を生産することは恐らく我が国にしかできない。それ故、玄米と日本酒粕を給与して高品質な鶏肉が生産できれば、その鶏肉は和牛に次ぐ我が国の有力な輸出品目になる可能性もあると期待される。

日本政策金融公庫の調べによれば、飼料用米で育てた畜産物やその加工品は、48.9%の消費者が「国産で安心ができる」と判断すること、飼料用米で育てた鶏肉については、価格が1割以上割高でも50%の消費者が購入する意思があること、残りの43.8%の消費者も価格が同等であれば購入する意思があることが、それぞれ報告されている¹⁶⁾。それ故、我が国の大地が育んだ飼料米と酒粕を用いて生産された鶏肉となれば、その購買意欲は更に高まると判断される。但しこの場合、その鶏肉の価格は比較的高額になると予想されるため、現在主流となっているトウモロコシ大豆主体飼料で生産された国産鶏肉とは競合することなく、輸入牛肉の市場を獲得するものとなろう。すなわち、飼料米と酒粕による鶏肉生産の実用化とその発展は、我が国鶏肉生産業全体の底上げに寄与するものと言えよう。

【参考文献】

- 1) 食料需給表, 令和2年度食料需給表, 関連指標 5-1, 自給率の推移, 総合自給率等の推移
- 2) 作物統計調査, 令和2年耕地及び作付面積統計, 累年統計 1-1, 耕地面積及び耕地の拡張・かい廃面積, 耕地面積, 田畑別耕地面積
- 3) 食料需給表, 令和2年度食料需給表, 結果の概要, PFC 供給熱量比率, 食料自給率及び飼料需給表
- 4) 飼料用米の推進について, 平成30年10月, 農林水産省政策統括官
- 5) 本田和久. 国産飼料の増産・鶏肉の輸出促進に向けた飼料用米による国産鶏肉のおいしさの向上. 畜産の情報 2019; 3: 59-66.
- 6) González-Alvarado JM, Jiménez-Moreno E, Lázaro R, Mateos GG. Effect of type of cereal, heat processing of the cereal, and inclusion of fiber in the diet on productive performance and digestive traits of broilers. *Poultry Science* 2007; 86: 1705-1715.
- 7) Zhang YC, Luo M, Fang XY, Zhang FQ, Cao MH. Energy value of rice, broken rice, and rice bran for broiler chickens by the regression method. *Poultry Science* 2021; 100:100972.
- 8) Li XM, Zhang MH, Liu SM, Feng JH, Ma DD, Liu QX, Zhou Y, Wang XJ, Xing S. Effects of stocking density on growth performance, growth regulatory factors, and endocrine hormones in broilers under appropriate environments. *Poult Science* 2019; 98:6611-6617.
- 9) Nanto F, Kikusato M, Ito C, Sudo S, Toyomizu M. Effects of defulled, crushed and untreated

whole-grain paddy rice on growth performance in broiler chickens. The Journal of Poultry Science 2012; 49: 291-299.

- 10) 力丸宗弘, 青谷大希, 佐藤悠紀. 飼料中トウモロコシの玄米全量代替給与が比内地鶏の肉質および鶏肉スープの評価に及ぼす影響. 日本家禽学会誌 2018; 55: J41-50.
- 11) 笠原猛, 大栗弾宏, 藤本武, 田辺創一, 澤則之, 西村敏英. 清酒粕と植物性油脂の給与による高品質ブロイラー生産試験. 徳島県立農林水産総合技術センター畜産研究所研究報告 2004; 64-73.
- 12) Nishimura T, Goto S, Miura K, Takakura Y, Egusa AS, Wakabayashi H. Umami compounds enhance the intensity of retronasal sensation of aromas from model chicken soups. Food Chemistry 2016; 196: 577-583.
- 13) Iida F, Saitou K, Kawamura T, Yamaguchi S, Nishimura T. Effect of fat content on sensory characteristics of marbled beef from Japanese Black steers. Animal Science Journal 2015;86:707-15.
- 14) 日本学術会議. 2001. 地球環境・人間生活にかかわる農業及び森林の多面的な機能の評価について (答申)
- 15) 石田元彦. 2009. アジアにおける飼料イネ生産の重要性. 日本畜産学会報 80, 363-389.
- 16) Alexandratos N, Bruinsma J. 2012. World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. ESA Working paper No. 12-03. Rome, FAO.
- 17) 日本政策金融公庫. 2015. 飼料用米で育てた畜産物、約9割が購入に意欲. ニュースリリース, 2015.

【図の説明文】

図 1. 飼料中トウモロコシと大豆粕の玄米と酒粕への置換が肉用鶏の体重、飼料摂取量、むね肉割合、およびもも肉割合に及ぼす影響
値は平均値±標準誤差を示す。

図 2. 飼料中トウモロコシと大豆粕の玄米と酒粕への置換が肉用鶏のむね肉、もも肉、およびもも肉脂肪の色調に及ぼす影響

A、B、C、および D はそれぞれ、トウモロコシ大豆粕、玄米大豆粕、トウモロコシ酒粕、および玄米酒粕を示す。値は平均値±標準誤差を示す。

図 3. 飼料中トウモロコシと大豆粕の玄米と酒粕への置換が肉用鶏のもも肉の粗脂肪含有率および脂肪酸組成に及ぼす影響

値は平均値±標準誤差を示す。

図 4. 飼料中トウモロコシと大豆粕の玄米と酒粕への置換が肉用鶏の湯煎もも肉の食味に及ぼす影響

黒丸はトウモロコシ-大豆粕主体飼料、白丸は玄米-酒粕主体飼料を給与した群の値を示す。数値は、それぞれの項目について、+3 はとても強い、+2 は強い、+1 はやや強い、-1 はやや弱い、-2 は弱い、-3 はとても弱い、或いは、+3, とても良い; +2, 良い; +1, やや良い; -1, やや悪い; -2, 悪い; -3, とても悪い、を示す。*はトウモロコシ-大豆粕主体飼料に比べて、危険率 5%未満で有意差があることを示す。

図 5. 飼料中大豆粕の酒粕への置換が肉用鶏の湯煎もも肉の食味に及ぼす影響

黒丸はトウモロコシ-大豆粕主体飼料、白丸はトウモロコシ-酒粕主体飼料を給与した群の値を示す。数値は、それぞれの項目について、+3 はとても強い、+2 は強い、+1 はやや強い、-1 はやや弱い、-2 は弱い、-3 はとても弱い、或いは、+3, とても良い; +2, 良い; +1, やや良い; -1, やや悪い; -2, 悪い; -3, とても悪い、を示す。*はトウモロコシ-大豆粕主体飼料に比べて、危険率 5%未満で有意差があることを示す。