

採卵鶏への希少糖含有粉末飼料給与試験（第1報）

萱原由美・川田建二[※]・秋光和也^{※※}・何森健^{※※}

Feeding test of rare sugar sweet-containing feed to layer (first report)

Yumi KAYAHARA, Kenji KAWADA, Kazuya AKIMITU, Ken IZUMORI,

要 約

卵用讃岐コーチンの産卵後期鶏に希少糖（レアシュガースウィート、以下 RSS）含有粉末を4週間給与すると、RSS 給与区に血液総コレステロールの低下と卵巣重量増大、さらに産卵した卵重量が有意に小さくなることが確認できた。このことから、希少糖給与により産卵する卵サイズを小さくし、また産卵後期鶏の産卵率が上昇させることも期待できる。

また、卵の嗜好型官能評価試験では、RSS 給与区が美味しいとの回答が58%あった。これは、希少糖による効果の可能性があり、さらに詳しい官能評価が望まれる。

緒 言

希少糖は、国際希少糖学会で「自然界にその存在量が少ない単糖とその誘導体」と定義されている。一般的な単糖であるぶどう糖（D-グルコース）や果糖（D-フラクトース）は、自然界に多く存在し、細胞構成成分やエネルギーなどとして生命活動に欠かせないものである一方、希少糖は、種類は約50種類あるものの、自然界での存在量は非常に少ない。

希少糖の生理機能については、少しずつ解明されてきており、特にD-プシコースに関して、医学分野、食品分野、植物分野等で実用に向けて研究がされている。動物分野の研究としては、希少糖のうちのD-プシコースを含む異性化糖食をラットに給与し、腎周囲脂肪と脂肪組織重量が減少したとの報告^{1),2)}や、食後血糖値の上昇抑制作用等が報告³⁾されている。

現在、その利用研究を畜産分野でも模索中であり、今回は採卵鶏に希少糖含有粉末給与試験を実施し、その影響を調査した。

材料及び方法

1. 試験期間

平成28年3月9日～4月5日（4週間）

2. 供試鶏

卵用讃岐コーチン28羽（平成26年10月22日生、試験開始時505日齢、産卵後期）

3. 試験区分および供試飼料

試験区分は、表1のとおりで、各区7羽、2反復とした。

配合飼料は市販の採卵鶏用配合飼料を用い、混合粉末は、松谷化学工業株式会社製の2種類（表1のうち 混合粉末AおよびB）を使用し、配合飼料に混合した。

※ 現 香川県西部家畜保健衛生所 ※※国際希少糖研究教育機構

採卵鶏への希少糖含有飼料給与試験（第1報）

表1 試験区分および給与飼料

対照区	配合飼料 94%、混合粉末A 6% (HFCS 1.93%、コーンスターチ 4.07%)
RSS区	配合飼料 94%、混合粉末B 6% (RSS 2%、コーンスターチ 4%)

※ HFCS：異性化糖（果糖 55%、ブドウ糖 45%）

RSS：ラフィネースイート（異性化糖 85%、D-ブドウ糖 7%、その他の希少糖 8%）

4. 飼養管理

単飼ケージにて飼養し、飼料は朝夕2回給餌、水はニップルによる自由飲水とした。

5. 調査項目

体重、産卵率、卵質検査、飼料摂取量、卵質検査、解体調査、血清生化学検査（総コレステロール (Tcho)、グルコース (Glu)、グルタミン酸オキサロ酢酸トランスアミナーゼ (GOT)、アルブミン (Alb)、総蛋白 (TP)、カルシウム (Ca)、血中尿素窒素 (BUN)) および肝臓内脂質量の測定、また給与終了後に鶏卵の嗜好型官能評価試験をおこなった。

測定値は平均値±標準偏差を示し、区間の統計的な差はt検定により解析した。サンプル数は各表にnで示した。

成績

1) 体重

表2に体重の比較を示した。開始時、終了時ともに各区間に有意差は無かった。

表2 体重 (g) 各区 n = 14

	試験開始時	試験終了時
対照区	2272.1 ± 180.1	2214.3 ± 188.1
RSS区	2289.3 ± 142.2	2254.3 ± 169.7

2) 産卵率および飼料消費量の推移

表3に各区のHD（ヘンディ）産卵率と飼料消費量の推移を示した。区間に差は無かった。

表3 産卵率および飼料消費量

		試験開始前	第1週	第2週	第3週	第4週
対照区	HD産卵率 (%)	87.5	92.9	86.7	84.7	87.8
	飼料消費量 (g/日・羽)	-	116.6	139.8	125.4	127.4
RSS区	HD産卵率 (%)	91.8	87.8	85.7	84.7	86.7
	飼料消費量 (g/日・羽)	-	131.9	134.6	128.1	123.5

採卵鶏への希少糖含有飼料給与試験（第1報）

3) 血清生化学検査（試験終了時）

血清中総コレステロール量は、RSS 区が低くなり 5%水準で有意差があったが、その他の項目は、値も同等で有意差はなかった（表4）。

表4 血清生化学検査

各区 n=10

	Tcho	Glu	GOT	ALB	TP	Ca	BUN
	mg/dl	mg/dl	U/l	g/dl	g/dl	mg/dl	mg/dl
対照区	84.20±12.96 a	140.20±16.98	212.70±58.51	1.36±0.24	5.06±0.67	10.88±0.49	1.80±0.29
RSS区	73.60±7.50 b	143.00±46.39	235.30±89.40	1.33±0.28	4.94±0.47	11.26±0.67	2.09±0.64

P<0.05 a, b 異符号間で有意差あり

4) 試験終了後の解体調査（体重、臓器重量、肝臓内脂質量）

生体重、と体重、肝臓、卵管、腹腔内脂肪重量は区間に有意差は無く、RSS 区の鶏にラット給与試験で見られたような腹腔内脂肪の減少、肝臓の肥大等はなかった（表5）。

卵巣重量は偏差があり有意差はなかったが、対照区（平均値 52.4 g）より RSS 区（平均値 60.7 g）が大きく、外観も対照区には卵巣に白色細胞が多いことと比べ、RSS 区では、黄色卵胞や排卵前の発達した卵胞が多いことが確認できた（写真1）。

肝臓内脂質量は、個体差が大きく有意差はなかったものの、RSS 区で高い値を示した（対照区平均値 6.5g<RSS 区平均値 8.37g）。

表5 解体調査

各区 n=10（肝臓内脂質量は n=6）

	生体重	と体重	肝臓	卵巣	卵管	腹腔内脂肪	肝臓内脂質量
	g	g	g	g	g	g	g/100g
対照区 (歩留り%)	2161.5±180.3	2011.0±179.0	31.1±2.8 (1.44)	52.4±11.9 (2.43)	73.9±15.6 (3.45)	93.2±36.1 (4.24)	6.5±1.0
RSS区 (歩留り%)	2146.5±182.8	1944.0±179.0	30.8±3.4 (1.44)	60.7±16.0 (2.81)	72.6±12.1 (3.40)	93.7±32.9 (4.32)	8.37±2.3



写真1 卵巣（左：対照区、右：RSS区）

5) 卵質検査

試験開始前にはどの項目も有意差がなかったが、試験終了後は、RSS 区の鶏卵が有意に小さくなっており、卵重、長径、短径、卵黄卵重比に 1%水準で有意差があり、卵重では平均値で 4.3g 小さくなった。卵黄重など他の項目では、値に差がなかった（表6）。

採卵鶏への希少糖含有飼料給与試験（第1報）

表6 卵質検査

○試験開始前

各区 n=30

	卵重 g	長径 mm	短径 mm	卵形係数	卵殻強度 kg/cm ²	卵殻厚 10 μ	高さ mm	HU
対照区	62.0±4.7	57.4±1.8	44.0±1.3	76.7±2.3	2.9±0.5	35.9±3.3	6.4±0.9	82.1±7.1
RSS区	61.9±4.6	57.7±2.1	43.6±1.2	75.7±2.0	2.6±0.7	36.8±3.0	6.6±0.9	83.7±6.0

○試験終了後

対照区 n=33、RSS区 n=35 (卵黄重、卵黄卵重比は各区 n=20)

	卵重 g	長径 mm	短径 mm	卵形係数	卵殻強度 kg/cm ²	卵殻厚 10 μ	高さ mm	HU
対照区	62.4±4.5 A	58.2±1.7 A	44.1±1.1 A	75.9±2.1	2.7±0.6	35.6±3.3	6.7±1.3	83.3±9.2
RSS区	58.1±3.6 B	57.0±1.8 B	43.3±1.0 B	76.1±2.3	2.6±0.7	36.4±2.5	6.5±1.1	83.4±7.5

	卵黄重 g	卵黄卵重比
対照区	18.2±1.7	0.29±0.02 A
RSS区	18.2±0.8	0.31±0.02 B

※P<0.01 A, B 異符号間で有意差あり

また、卵質検査に用いた鶏卵を鶏卵取引規格（畜産物の価格安定に関する法律施行規則の規定に基づく鶏卵の規格）で区分すると表7になり、開始前は、M～Lサイズが中心（対照区では73.3%、RSS区では70.0%）であった。終了後は、対照区ではM～Lサイズが75.8%とほぼ変わらないが、RSS区では、MSサイズ～Mサイズの規格が増加した。（MSサイズ45.7%、Mサイズ42.9%）

表7 鶏卵取引規格による区分

試験開始前

各区 n=30

	Sサイズ 46g以上52g未満	MSサイズ 52g以上56g未満	Mサイズ 56g以上64g未満	Lサイズ 64g以上70g未満	LLサイズ 70g以上76g未満
対照区		20%	53.3%	20%	6.7%
RSS区		26.7%	33.3%	36.7%	3.3%

試験終了後

対照区 n=33, RSS区 n=35

	Sサイズ	MSサイズ	Mサイズ	Lサイズ	LLサイズ
対照区		18.2%	36.4%	39.4%	6.0%
RSS区	5.7%	45.7%	42.9%	5.7%	

6) 鶏卵の嗜好型官能評価試験

当畜産試験場職員12人を対象とし、試験終了日に産卵した卵を固ゆでにし、評価試験を実施した。結果は表8のとおりで、7人(58%)が、RSS区が美味しいと回答し、そのうち3人からは「特に黄身が美味しい」との意見があった。

表8 鶏卵嗜好型官能試験

対照区	2人(17%)
RSS区	7人(58%)
どちらも同じ	3人(25%)
計	12人

考 察

採卵鶏は140日齢前後で産卵開始し、200日齢前後で産卵ピークを迎えた後は、次第に産卵率が下降する。そして、強制換羽（または誘導換羽）をしない場合は、産卵率が65～70%程度に低下する500日～600日齢で廃用となる。また、日齢が上がるにつれて産む卵サイズが大きくなるが、一般的にMS～Mサイズの市場価格が高く、LLサイズ～規格外になると価格が半減する。

これまで動物への希少糖給与試験で確認された効果としては、実験動物であるラットへのD-プシコース給与試験で、血糖値低下作用³⁾、脂質代謝改善作用^{2), 4)}、体重低下^{1), 5)}、肥満予防^{6), 7)}、腎周囲脂肪および脂肪組織重量の低下^{1), 2)}が確認されている。また臓器への影響として、腎臓と肝臓重量の肥大^{5), 8), 9)}も報告されているが、長期間の摂取により血液学および組織学的に明確な毒性が認められない^{8), 10)}ことも確認されている。

鶏の脂質代謝（脂肪酸合成、脂肪酸エステル化、脂質貯蔵、血中への分泌等）は、ほとんど肝臓で行われており、合成された脂質は卵巣の卵胞（卵黄）発達に関わることから、特に採卵鶏の高産卵期には脂質代謝が亢進する。今回、RSS区の肝臓内脂質量が上昇し、卵巣重量の増大と卵胞の発達があったことから、産卵後期鶏の卵巣機能の回復を確認した。今回は4週間給与であったが、鶏生体における変化から、さらに長期の希少糖含有粉末給与で産卵率が上昇すると推察された。

希少糖による肝臓の脂肪酸合成に係わる酵素への影響については、ラットにおいて研究され、D-プシコースとD-ソルボースは脂肪酸合成酵素の活性を抑制し、一方D-タガースは上昇させる^{2), 11)}と報告されている。同じ希少糖でも脂質代謝に異なる影響を与えるが、今回RSS区に血清総コレステロールの低下があったことは、D-プシコースの作用と考えられた。

卵質検査においては、RSS区で卵重量が有意に小さくなったが、卵黄重量では区間の差は無かった。卵殻重量は、卵サイズが違ってもほぼ差が無いので、RSS区の卵は卵白量が減少したと考えられる。卵白は、卵管膨大部の管状腺細胞において合成が行われ^{12), 14)}卵黄が卵管内を移動する機械的刺激により管状腺細胞から分泌されると推定されている¹⁴⁾。また、週齢を重ねた採卵鶏は、雌性ホルモンの分泌低下や腹腔内脂肪の卵管圧迫により産卵機能が低下し、卵形成及び卵白分泌時間が延長することで、卵白量が増えて卵重量が増加するとされる。しかし、今回、試験期間中を通じてHD産卵率は区間に差は無いにもかかわらず、試験終了後のRSS区の卵重量、卵の長径、短径が1%の有意差で小さくなった。このことから、希少糖含有粉末給与が、卵管膨大部の卵白分泌に影響を与えたと考えられた。

一方、卵の嗜好型官能評価試験では、RSS区が美味しいとの意見が58%あり、希少糖の効果の可能性が示唆された。D-プシコースの作用としては、ラットやマウスにおいて、肝臓における脂肪酸合成酵素の発現抑制、コレステロール低下機構の促進等¹³⁾が明らかになっており、成分の約30%程度が脂質である卵黄^{12), 14)}にも影響すると推察される。そして、このことが「特に黄身が美味しい」との意見と関連があると考えられる。いずれにせよ、希少糖を給与した畜産物の評価は初めてであり、さらに詳しい官能評価を実施したい。

今回の試験では、希少糖含有粉末給与により産卵後期鶏の産卵率が上昇し市場価値の高い卵サイズを産卵することで、経済寿命の延長も期待できる結果であり、希少糖により卵胞発達作用や卵管膨大部の卵白分泌への作用が推察されたことから、それらを誘導するエストロゲンやプロゲステロンなどステロイドホルモン¹⁴⁾にも希少糖が影響すると考えられた。しかしながら、希少糖の生体への影響及び作用については、まだ解明されていないことが多く、今後の課題である。

また近年、動物福祉の観点から、採卵鶏の経済寿命延長のために実施される「強制換羽（数週間の絶食）」が問題視される傾向にあるが、希少糖を給与することで強制換羽せずに経済寿命延長が期待できる。今後は長期給与試験により、更なる希少糖給与効果を実証したいと考えている。

謝 辞

本研究の実施にあたり、希少糖（レアシュガースウィート、RSS）含有粉末等の御提供をはじめとする御助言・御指導を賜りました松谷化学工業株式会社様ならびに御協力いただきましたすべての関係者に厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 山田貴子・飯田哲郎・林範子・大賀浩史・大隅一裕・何森健 異性化糖食で飼育したラットの体脂肪蓄積に対するD-プシコースの作用, 日本食品科学工学会誌 57 卷 6 号, 263-267 (2010 年 6 月).
- 2) Matsuo, T., Baba, Y., Hashiguchi, M., Takeshita, K., Izumori, K. and Suzuki, H., Dietary D-psicose, a C-3epimer of D-fructose, suppresses the activity of hepatic lipogenic enzymes in rats. *Asia Pacific J. Clin. Nutr.*, 10, 233-237 (2001).
- 3) 松尾達博, ラットにおける D-プシコースの血糖値上昇抑制作用, 栄食誌, 59, 119-121 (2006 年).
- 4) Matsuo, T., Baba, Y., Hashiguchi, M., Takeshita, K., Izumori, K. and Suzuki, H., Less body fat accumulation with D-psicose diet versus D-fructose diet. *J. Clin. Biochem. Nutr.*, 30, 55-65 (2001).
- 5) Yagi, K. and Matsuo, T., The study on long-term toxicity of D-psicose in rats. *J. Clin. Biochem. Nutr.*, 45, 271-277 (2009).
- 6) Matsuo, T. and Izumori, K., Effects of supplemental D-psicose on glucose tolerance and serum adipocytokine levels in rats fed a high-fat diet or a low-fat diet. *J. Oleo Sci.*, 53, 453-460 (2004).
- 7) Chung YM, Hyun Lee J, Youl Kim D, Hwang SH, Hong YH, Kim SB, Jin Lee S, Hye Park C, Dietary D-psicose reduced visceral fat mass in high-fat diet-induced obese rats. *J Food Sci. Feb;77(2):H53-8.* (2012).
- 8) 松尾達博 長期間 (12 および 18 ヶ月) D-プシコース食を摂取させたラットにおける生化学的および組織学的研究, 香川大学農学部学術報告, 61 卷, 67-75 (2009 年 2 月).
- 9) Matsuo, T., Tanaka, T., Hashiguchi, M., Izumori, K. and Suzuki, H., Effects of oral acute administration and subchronic feeding of several levels of D-psicose in rats. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, 48, 512-516 (2002).
- 10) 檜垣俊介・松尾達博, ラットにおける希少糖 D-プシコースの 6 か月長期摂食試験, 生物工学会誌 第 92 卷第 9 号, 500-503 (2014 年).
- 11) Yasuo Nagata, Narumi Mizuta, Akane Kanasaki, Kazunari Tanaka, Rare sugars, d-allulose, d-tagatose and d-sorbose, differently modulate lipid metabolism in rats, *J Sci Food Agric.* 2018 Mar;98(5):2020-2026. (2018).
- 12) 古瀬允宏, ニワトリの科学, 48-52, 128-134, 朝倉書店 (2014).
- 13) 徳田雅明, 希少糖の健康機能について～希少糖研究最前線～, 生物試料分析, 第 42 卷第 5 号, 222-230 (2019 年).
- 14) 中村亮, 卵の科学, 30-41, 朝倉書店 (1998).