

地域未利用資源の養豚用飼料利用に関する研究

日本大学大学院生物資源科学研究科 生物資源生産科学専攻

鈴木雅大

2022

目次

序論	1
第1章 日本酒粕、守口漬残さおよび液状ビール酵母の栄養成分の検討	6
1. 緒言	6
2. 材料および方法	7
3. 結果および考察	7
第2章 日本酒粕の保存性および肥育豚に対する嗜好性の検討	13
第1節 日本酒粕の保存性の検討	13
1. 緒言	13
2. 材料および方法	14
3. 結果および考察	14
第2節 日本酒粕の肥育豚に対する嗜好性の検討	22
1. 緒言	22
2. 材料および方法	22
2-1. 保存日数が異なる日本酒粕の飼料添加に対する豚の飼料摂取量	22
2-2. 保存日数が異なる日本酒粕の飼料添加割合に対する豚の飼料摂取量	23
2-3. 統計処理	24
3. 結果および考察	24
3-1. 保存日数が異なる日本酒粕の飼料添加に対する豚の飼料摂取量	24
3-2. 保存日数が異なる日本酒粕の飼料添加割合に対する豚の飼料摂取量	24
第3章 守口漬残さが肥育成績に及ぼす影響	30
第1節 守口漬残さの給与が肥育豚の発育と肉質に及ぼす影響	30
1. 緒言	30
2. 材料および方法	31
2-1. 飼料の設計と供試豚の取扱い	31
2-2. 発育調査	31

2-3. 飲水回数調査	31
2-4. リキッドフィードとした場合における飲水回数調査	32
2-5. 統計処理	32
3. 結果および考察	32
3-1. 発育成績	32
3-2. 飲水回数調査	33
3-3. リキッドフィードとした場合における飲水回数調査	34
第2節 守口漬残さの給与が肥育豚の糞便性状と抗酸化活性に及ぼす影響	39
1. 緒言	39
2. 材料および方法	40
2-1. 飼料の設計と供試豚の取扱い	40
2-2. 基礎飼料および守口漬残さにおける抗酸化活性の測定	40
2-3. 血漿中における TBARS 値の測定	41
2-4. 糞便の細菌数、pH 及び糞便性状スコア	41
2-5. 肉質調査	42
2-6. 官能評価試験	42
2-7. 統計処理	43
3. 結果および考察	43
3-1. 発育調査	43
3-2. 飼料の抗酸化活性及び血漿中の TBARS 値	43
3-3. 糞便の細菌数、pH および糞便性状スコア	44
3-4. 肉質調査および官能評価試験	46
第4章 液状ビール酵母が肥育成績に及ぼす影響	57
第1節 液状ビール酵母の給与が肥育豚の発育と肉質に及ぼす影響	57
1. 緒言	57
2. 材料および方法	58

2-1. 飼料の設計と供試豚の取扱い	58
2-2. 飼料中の脂肪酸組成	58
2-3. 発育調査	59
2-4. 肉質調査	59
2-5. 統計処理	60
3. 結果および考察	60
3-1. 飼料中の脂肪酸組成	60
3-2. 発育成績	61
3-3. 肉質成績	62
第2節 液状ビール酵母の給与が肥育豚の抗酸化活性に及ぼす影響	69
1. 緒言	69
2. 材料および方法	70
2-1. 飼料の設計と供試豚の取扱い	70
2-2. 発育成績および肉質調査	70
2-3. 飼料中の総 GSH 含有量およびポリフェノール含有量の測定	71
2-4. 血漿中および胸最長筋における TBARS 値の測定	72
2-5. 官能評価試験	72
2-6. 統計処理	72
3. 結果および考察	73
3-1. 発育および肉質成績	73
3-2. 血漿中および胸最長筋中の TBARS 値	73
3-3. 官能評価試験	75
第5章 本研究で得られた知見および飼料自給率の向上に対する貢献	82
5-1. 本研究で得られた知見	82
5-2. 飼料自給率の向上に対する貢献	84
参考文献	86

序論

我が国における豚肉の年間豚肉消費量は186万トンにのぼる(農林水産省, 2022a)。このうちの約半数は家庭で消費されており, 牛肉や鶏肉と比較して高い割合である(農林水産省, 2022b)。豚肉は牛肉と比較して安価であることに加え, ビタミンB₁を豊富に含み, 良質なタンパク質源として食されている。わが国で消費される豚肉のうち約50%は国内で生産されているが(農林水産省, 2022c), 豚に給与する飼料穀物の大部分を輸入に依存しており, 飼料自給率は25%と低い状況にある。さらに, 濃厚飼料の自給率は13%と非常に低く(農林水産省, 2022d), 濃厚飼料の給与が主体となる養豚業において, 飼料自給率の向上は喫緊の課題である。そのため, 日本では2025年までに濃厚飼料の自給率を15%にするという目標を設定している。この目標を達成するために, 国は国産飼料基盤に立脚した生産への転換を掲げており, 水田や耕作放棄地の有効活用等による飼料生産の増産, 食品残さ等未利用資源の利用拡大などを推進している(農林水産省, 2022d)。

飼料生産の増産に対する政策として, 飼料用米の増産及び活用が挙げられ, 国は水田活用の直接支払交付金等の事業により, 飼料用米の生産や活用が推進されている。2008年では0.1万haであった飼料用米の作付面積は, 2021年には11.6万haまで増産されている(農林水産省, 2022e)。一方で, 飼料用米の活用方法についても, 飼料用米の保存条件と化学組成への影響(勝俣ら, 2013), 飼料中への飼料用米の配合割合(勝俣ら, 2015; 京谷ら, 2014), 飼料用米の粒度の違いによる産肉成績等への影響(重田ら, 2012; 脇屋ら, 2012)など様々な試験研究が行われている。2021年度では, 養豚の配合飼料572万トンのうち49万トンの飼料用米が供給されており, ブランド豚として販売されている事例も数多くある(農林水産省, 2022e)。

食品残さ等の未利用資源の利用拡大については, 食品に係る資源の有効な

利用の確保及び食品に係る廃棄物の排出の抑制を図ることを目的として、2001年に食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律(義村, 2002)が施行された。この法律では、食品製造副産物等の再生利用は飼料化が最優先とされており、2019年度では排出された食品廃棄物等1,756万トンのうち、約5割にあたる919万トンが飼料として再生利用されている(農林水産省, 2022f)。食品製造副産物等を利用して製造された家畜用飼料は、エコフィードと呼ばれ(農林水産省, 2022f)、その利用が推進されている。

食品残さは従来から、養豚現場において残飯養豚として使用されてきたが、肉質の低下があることが多かった(入江, 2009)。一方で、近年では技術革新が進み、低品質の豚肉の発生を予防できるだけでなく、配合飼料を上回る品質の豚肉が生産されるようになった(入江, 2009)。エコフィードを用いた豚肉の高品質化の例として、パンやカンショなどを飼料中に配合することで、筋肉内脂肪含量を高めた豚肉の生産がある(家入ら, 2007; 岩本ら, 2005; 大口ら, 2009)。この原理としては、飼料中の粗タンパク質やリジン含量を低下させることによって、筋肉内脂肪の合成が促進されることによると考えられている(KATSUMATA *et al*, 2005)。近年では、粗タンパク質含量を養分要求量より高めつつ、リジン/タンパク質比を低下させた飼料を豚に給与することによって、筋肉内脂肪含量を高める方法(アミノ酸バランス法)が開発されている(MAEDA *et al*, 2014)。筋肉内脂肪含量は柔らかさやジューシーさとの間には正の相関があるとされており(CASTELL *et al*, 1994; DEVOL *et al*, 1988)、筋肉内脂肪含量が高い豚肉は摂食時に好まれることが報告されている(FONTI-I-FURNOLS *et al*, 2012)。

また、豚肉の酸化は、風味、色、食感、栄養価および外観の低下をもたらすが(入江, 2002; KANNER, 1994)、豚肉の酸化を抑制することを目的に、育豚に対してカテキンの給与や(MASON *et al*, 2005)、ビタミンEの給与(LAHUCKY *et al*, 2007)など、数多くの研究が行われている(ALARCON-ROJO *et al*,

2013；祐森ら，2014)。そのほかにも，食品製造副産物を活用し，エゴマやアマニを活用した機能性脂肪酸を多く含む豚肉（山田ら，2001；石田ら，1995）， β グルカンなど免疫賦活化物質による免疫能への効果（鈴木ら，2009），抗酸化物質を含む食品残さの給与によって抗酸化効果を高めた豚肉（坂井ら，2007）など様々な研究が行われ，ブランド化されている事例もある（石田，2010）。

愛知県は発酵食品の製造が多く，歴史的に見ても，特に日本酒や味噌，漬物，醤油，みりん，酢などの製造が盛んな地域であった（加藤，2021）。また，昭和期には大手ビール製造メーカーの工場の創業に加え，平成期には地ビールの製造が開始されるなど（黄金井，2012），ビールの生産高も全国第3位と多い（国税庁，2020）。

日本酒の製造工程では，日本酒粕が排出される。これは蒸米に麴や水を加えてできるもろみを熟成させ，清酒を造るために圧搾したのちに残る固形物である（峰時，2014）。日本酒粕のうち一部は甘酒や漬け粕などの食用として再利用されるが，その多くは廃棄されており（斎藤，1994），日本酒粕の飼料利用は進んでいない。また，愛知県の地域特産品の漬物である守口漬は，塩漬けにした守口大根を酒粕やみりん粕，砂糖などで漬け込みを行なって製造され，その製造過程では漬粕である守口漬残さが排出される。この残さの一部は家庭用の漬粕として販売されるなど再利用されているが，大部分は産業廃棄物として廃棄されており，高塩分であるために堆肥利用がしにくいのが現状である。守口漬残さの主原料である酒粕は，ラットやヒトにおいて，腸内細菌代謝に影響を与え，整腸作用が報告されている（持田ら，2000；渡辺，2012）。また，守口漬残さの褐色は，酒粕の製造や保存過程でメイラード反応によって産生されるメラノイジンに主に由来し，メラノイジンには抗酸化作用や食物繊維類似作用，腸内細菌叢における乳酸菌数の増加などの腸内環境改善効果が報告されている（加藤，1991；三浦，2016）。さらに，ビールの製造工程では，食品製造副産物として麦汁の搾り粕であるビール粕に加え，ア

ルコール発酵に使用され余剰となったビール酵母が、ビールに懸濁された液状で排出される。液状ビール酵母は、タンパク質を豊富に含むため養豚飼料としての活用が期待できる。さらに、ビールには抗酸化物質である種々のポリフェノールが含まれていることに加え(本間と徳田, 2014; VIEIRA *et al*, 2016), ビール酵母にはグルタチオン (GSH) が含まれており (PODPORA *et al*, 2015), これらは生体内における重要な抗酸化物質となる(渡辺と平竹, 2015)。

以上のように、愛知県には栄養成分や機能性物質の観点からも有用と考えられる食品製造副産物が多く存在する。これらの食品製造副産物は、高水分であるため、市販の配合飼料に配合する際のハンドリングや保存性の悪さなどの課題があり、利用されにくかった。しかし、飼料を液状の状態で給与するリキッドフィーディング技術が近年発達し、水分の多い食品残さであっても飼料に配合できるようになってきた。また、食品製造副産物の運搬にはコストがかかるため、それらの発生場所と養豚農家の場所が離れている場合にはコストが高くなる。愛知県における養豚農家は 140 戸あり、豚の飼養頭数は約 29 万頭と全国で 11 番目に多く (農林水産省, 2022g), さらに、リキッドフィードを導入している養豚農家も存在する。食品製造副産物の発生量と豚の飼養頭数の両方が多い愛知県では、運搬やコストの面からも食品製造副産物が利用しやすいと考えられる。

そこで、本研究における第 1 章では、日本酒粕、守口漬残さ、液状ビール酵母の栄養成分を分析した。また、第 2 章では日本酒粕の保存性や嗜好性について、検討を行った。さらに、第 3 章では、守口漬残さを配合した飼料を給与することで、肥育豚の発育および肉質、官能評価、腸内環境に与える影響を検討した。そして、第 4 章では、液状ビール酵母を配合した飼料を給与することによって、肥育豚の発育および肉質、抗酸化効果に与える影響を検討した。本研究を通じて、日本酒粕および守口漬残さ、液状ビール酵母の飼料特性を明らかにすることで、食品製造副産物の活用が促進され、食糧自給

率の向上を可能とし、高品質な豚肉の生産にも貢献できるものとする。

第1章 日本酒粕，守口漬残さおよび液状ビール酵母の栄養成分の検討

1. 緒言

本論文で対象とした日本酒粕および守口漬残さ，液状ビール酵母は，いずれも高水分の食品製造副産物である。豚の配合飼料に含まれる水分含量は13%程度であるため，高水分の食品製造副産物は飼料に配合するにはハンドリングの悪さが課題となる。高水分の食品製造副産物における飼料化の方法としては，乾燥処理やサイレージ化，リキッドフィーディングなどが考えられる（石田，2010）。乾燥処理では，水分が少なくできるため，保存性に優れ，従来の飼料給餌システムを利用できるという利点がある。この方法は，比較的水分が少ないものには活用できるが，水分が多いものについては，乾燥に係るコストが高くなるといった問題点もある。リキッドフィーディングは飼料を液状の状態でするため，水分の多い食品残さであっても配合しやすいという利点がある（川島，2007）。乾燥させることなく利用できるため，より低価格での飼料利用が可能となる。そこで本研究では，これらの食品製造副産物について，リキッド飼料としての利用を想定して飼料利用性を検討した。

飼料の設計を行うに当たっては，各食品製造副産物について栄養成分の分析が必要となる。日本酒粕に含まれる粗タンパク質および可溶無窒素物の含量は，日本標準飼料成分表（2009）（独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構，2009）では33.1%および52.7%と表記されており，粗タンパク質の含量が特に高い。また，守口漬残さは原料が酒粕であるため，タンパク質および可溶無窒素物の含量が高いと推測される。さらに，液状ビール酵母は，主成分が酵母であることから，タンパク質含量が多いと推測される。そのためこれらの食品製造副産物は，いずれもタンパク質源としての飼料利用が見込まれる。

本章では、それぞれの食品製造副産物の栄養成分を分析し、実際に飼料設計を行うための方法について検討した。

2. 材料および方法

日本酒粕，守口漬残さおよび液状ビール酵母は，いずれも愛知県内の食品工場から排出されたものを供試した。各食品製造副産物の栄養成分は，水分，粗タンパク質，粗脂肪，粗繊維，粗灰分，可溶無窒素物，各アミノ酸割合（守口漬残さおよび液状ビール酵母のみ）およびエタノール含量，食塩相当量（守口漬残さのみ）を測定した。水分は通風乾燥法，粗タンパク質はケルダール法，粗脂肪はジエチルエーテル抽出法（液状ビール酵母については酸分解法），粗繊維はろ過法，粗灰分は直接灰化法で測定し，可溶無窒素物は100%から上記の5成分の含量を差し引くことにより算出した。アミノ酸含量および食塩相当量については，外注によりアミノ酸自動分析計および原子吸光分析法により測定した。日本酒粕のエタノール含量については，Fキットエタノール（株式会社ジェイ・ケイ・インターナショナル，東京）を用いて測定した。守口漬残さおよび液状ビール酵母のエタノール含量については，外注によりガスクロマトグラフにより測定した。

3. 結果および考察

日本酒粕の栄養成分を表 1-1 に示した。原物中の水分は 49.0%と高く，エタノール含量は 10.45%であった。乾物中では，可溶無窒素物が 77.2%，粗タンパク質が 21.0%と高く，粗脂肪，粗繊維および粗灰分は 0.4～0.8%であった。守口漬残さの栄養成分を表 1-2 に示した。原物中の水分は 57.1%と高く，エタノール含量は 2.3%であり，日本酒粕と比べると低かった。乾物中では，可溶無窒素物が 59.7%と最も高く，粗灰分が 22.8%，粗タンパク質が 12.8%であり，粗脂肪および粗繊維はそれぞれ 2.1%，2.6%と低かった。また乾物中の

食塩相当量は 21.4%と高く、粗灰分のほとんどは食塩であると考えられる。液状ビール酵母の栄養成分を表 1-3 に示した。原物中では水分は 85.7%と非常に高く、エタノールは 4.3%含有していた。乾物中では、粗タンパク質が 58.4%と高く、次いで可溶無窒素物が 27.7%と高かった。粗脂肪、粗繊維および粗灰分はいずれも 10%を下回っていた。

各食品製造副産物とも、水分は約 50%を超えており、高水分の残さであった。また、乾物中の粗タンパク質は、液状ビール酵母が 58.4%と最も高く、次いで日本酒粕が 21.0%、守口漬残さが 12.8%であった。液状ビール酵母の粗タンパク質含量は、大豆粕の乾物中粗タンパク質含量（51.1%）よりも高く、液状ビール酵母は大豆粕の代替として活用できる可能性が示唆される。さらに、乾物中のアミノ酸含量についても、大豆粕ではリジンが 3.29%、メチオニン+シスチンが 1.46%、トレオニンが 1.61%、トリプトファンが 0.68%であるのに対して、液状ビール酵母では、それぞれ 3.36%、1.61%、2.38%、0.63%であり、おおむね同等以上の含量であった。これらのことから、液状ビール酵母はタンパク質源としての活用ができると考えられた。また、日本酒粕についても、乾物中の粗タンパク質含量は、液状ビール酵母ほどではないものの大豆粕の 4 割程度は含まれており、タンパク源としても活用されうると考えられる。一方で、守口漬残さは、主な原料が日本酒粕であるため、タンパク質含量が高いと推測されたが、乾物中の粗タンパク質は、日本酒粕よりも 4 割程度低かった。守口漬残さは漬物粕であるため、その製造工程では食塩が対象に含まれるようになる。守口漬残さの乾物中塩分相当量は 21.4%と非常に高いため、相対的に粗タンパク質は低くなったと考えられる。

乾物中の可溶無窒素物は、日本酒粕が 77.2%と最も高く、守口漬残さが 59.7%、液状ビール酵母は 27.7%と低めであった。日本酒粕の可溶無窒素物含量は、トウモロコシの乾物中可溶無窒素物含量（83.4%）と同程度であり、日本酒粕はエネルギー源としても活用できる可能性が示唆される。一方で、守

口漬残さは、トウモロコシの乾物中可溶無窒素物含量より 3 割程度低いものの、エネルギー源として活用されうると考えられる。

以上のことから、日本酒粕はタンパク源に加えてエネルギー源としても活用できるため、飼料の一部を代替するような使い方ができる。液状ビール酵母はタンパク質源として、大豆粕の代替として活用できる可能性がある。守口漬残さの可溶無窒素物の含量は、飼養標準の値より 3 割程度低いものの、エネルギー源として活用できる可能性が示唆された。

表 1-1. 日本酒粕の栄養成分 (%)

	原物中	乾物中
水分	49.0	
粗タンパク質	10.7	21.0
粗脂肪	0.2	0.4
粗繊維	0.3	0.6
粗灰分	0.4	0.8
可溶無窒素物	39.4	77.2
エタノール	10.45	

(鈴木ら, 2023b)

表 1-2. 守口漬残さの栄養成分 (%)

	原物中	乾物中
水分	57.1	
粗タンパク質	5.5	12.8
粗脂肪	0.9	2.1
粗繊維	1.1	2.6
粗灰分	9.8	22.8
可溶無窒素物	25.6	59.7
リジン	0.15	0.35
メチオニン+シスチン	0.26	0.61
スレオニン	0.22	0.51
トリプトファン	0.06	0.14
食塩相当量	9.2	21.4
エタノール	2.3	

(鈴木ら, 2020)

表 1-3. 液状ビール酵母の栄養成分 (%)

	原物中	乾物中
水分	85.7	
粗タンパク質	8.3	58.4
粗脂肪	0.6	4.2
粗繊維	0.1	0.6
粗灰分	1.3	9.1
可溶無窒素物	4.0	27.7
リジン	0.48	3.36
メチオニン+シスチン	0.23	1.61
スレオニン	0.34	2.38
トリプトファン	0.09	0.63
エタノール	4.3	

(Suzuki *et al*, 2019)

第2章 日本酒粕の保存性および肥育豚に対する嗜好性の検討

第1節 日本酒粕の保存性の検討

1. 緒言

愛知県における日本酒の生産量は、年間約1.2万キロリットルと、日本の都道府県の中では7番目に多い（国税庁，2020）。日本酒の製造工程では、日本酒粕が排出される。日本酒粕は蒸米に麴や水を加えてできるもろみを熟成させ、清酒を造るために圧搾したのちに残る固形物である（峰時，2014）。日本酒粕のうち一部は甘酒や漬け粕などの食用として再利用されるが、その多くは廃棄されており（斎藤，1994）、日本酒粕の飼料利用は進んでいない。この要因としては、日本酒粕は高水分であるため、市販の配合飼料に添加する際のハンドリングや保存性の悪さ、嗜好性への影響、輸送コストなどの課題が挙げられる。しかし、第1章の結果では、日本酒粕は粗タンパク質および可溶無窒素物の含量が高く、前述のような問題はあるものの、飼料原料としては有用なものと考えられる。また、保存性という課題においても、日本酒粕は静菌作用を有するエタノール（谷口と野村，2012）の含量が高いことから（山下ら，1982）、乾燥処理やサイレージ処理を行わずに保存しても、保存による変質等は少ない可能性が考えられる。

日本酒粕を活用した過去の研究として、佐藤ら（2019）が密閉保存した酒粕を添加した飼料を肥育豚に給与したところ、飼料摂取量に影響はみられず、日本酒粕は飼料原料として活用できることを報告している。しかし、生産現場においては、一度に全てのコンテナの日本酒粕を使用しきれず、しばらくの期間は空気に触れた状態で保管されることが想定されるものの、この状態での日本酒粕の保存性についてはこれまでに検討されていない。

そこで、本章では、好気性条件における日本酒粕の保存温度に伴う変化について検討した。

2. 材料および方法

保存性調査は、日本酒粕をビニール袋に入れた状態で常温保存(25~31℃)した常温区、フリーザーバッグにいれた状態で 10℃ (冷蔵保管室), 20℃ (保管室), 30℃ (インキュベータ) で保存した 10℃区, 20℃区, 30℃区の 4 区を設定し、各区ともに 3 袋を用意して調査を行った。いずれの保存条件においても、日本酒粕が空気に触れるように袋の口を開けた状態で保管し、保存開始後 0, 3, 7, 14 日目の検体について、pH, エタノール, 乳酸および揮発性脂肪酸含量を測定した。pH は日本酒粕を蒸留水で 5 倍に希釈し、ガラス電極式水素イオン濃度指示計 (D-51, HORIBA) を用いて測定した。エタノール含量は、F-キット エタノール (株式会社ジェイ・ケイ・インターナショナル, 東京) により測定した。乳酸含量は、日本酒粕を蒸留水で 10 倍希釈し、リフレクトクアント乳酸テスト (関東化学株式会社, 東京) を用いて測定した。揮発性脂肪酸については、日本酒粕を 10%メタリン酸水溶液で 4 倍希釈し、キャピラリーカラム (DB-23, 30m×0.53mm0.5 μ m, Agilent Technologies J&W Scientific) を装着したガスクロマトグラフ (6890N, Agilent Technologies) を用い、内部標準にはクロトン酸を用いて酢酸, プロピオン酸, 酪酸の濃度を測定した。

3. 結果および考察

1. pH の経時的変化

pH の経時的変化を表 2-1 に示した。保存開始時の pH は各区とも 5.19 であったが、保存 3 日目では 10℃, 20℃, 30℃保存でそれぞれ 4.89, 5.04, 5.04 と低下したものの、その後 7 日目および 14 日目とその値は上昇し、14 日目は保存開始時に近い値となった。一方、常温保存においては保存日数を経るごとにその値は低下し、14 日目が 5.00 と最も低い値となった。しかし、全

体的にみると、各保存温度において保存日数に伴う pH には大きな変化はなかった。

2. エタノール含量の経時的変化

エタノール含量の経時的変化を表 2-2 に示した。保存開始時のエタノール含量は各区とも 10.45%であった。その後においては 10℃保存では、3日目に 9.40%と低下したものの、7日、14日では増加傾向を示した。20℃保存では、3日目では変化はなかったものの、7日目で 5.23%と急激に低下し、14日目では開始時と同程度の含量まで増加した。30℃保存では、3日目で若干低下したものの、7日目では 6.69%と急激に低下し、14日目では 7日目と同程度の含量であった。常温保存においては 3日目に 12.83%と増加し、7日目では 3日目と同程度の含量を示したものの、14日目では若干その含量は低下した。

3. 乳酸含量の経時的変化

乳酸含量の経時的変化を表 2-3 に示した。保存開始時の乳酸含量は各区とも 0.0093%であった。保存後の推移でも、各保存温度において開始時からの変化量は 0.001~0.0026%と微量な濃度変化量で推移し、大きな変化はみられなかった。

4. 揮発性脂肪酸含量の経時的変化

揮発性脂肪酸含量の経時的変化を表 2-4 に示した。酢酸、プロピオン酸、酪酸の保存開始時の含量はそれぞれ 0.177%、0.006%、0.006%であった。保存後の推移でも各保存温度において開始からの変化量は酢酸では 0.004~0.01%、プロピオン酸では 0.006~0.01%、酪酸では 0.001~0.013%と、各成分で微量な濃度変化量で推移し、大きな変化はみられなかった。

高水分の食品製造副産物は保存性の低さが課題となることが多い（大森，2009）。佐藤ら（2019）は、酒粕を空気に触れないよう密閉した状態で約半年間保管し、肥育豚に給与したところ、採食性には影響がなかったと報告している。しかし、実際の養豚現場では、購入した日本酒粕を空気に触れた状態

で保管する場合がありますと考えられる。本試験では、そのような状況を想定して、日本酒粕が空気に触れた状態で保管した際の保存性について検討した。本試験においては、保存開始時と比較して3日目および7日目のpHが全ての区でやや低い値を示した。しかし、10℃、20℃および30℃区では保存14日目には保存開始時に近い値まで上昇したものの、常温保存区では14日目まで低下を続けていた。常温保存の最低平均気温は25℃、最高平均気温は31℃と、温度帯としては20℃区または30℃区となるが、これらの区に比べその変化が異なっていたのは、常温保存区では気温の変動が影響した可能性が考えられた。しかし、本試験におけるpHの変動範囲は4.89～5.19と全体的に大きな変化はなかった。乳酸や酢酸、プロピオン酸および酪酸などの揮発性脂肪酸は発酵産物であり、乳酸菌や酪酸菌、その他の雑菌などが増殖して、基質を発酵することにより増加し、pHにも影響を与える。発酵飼料であるサイレージでは、乾物中の乳酸や酪酸の含量はおおむね数%以上は検出される(逢坂, 2001)。また、腐敗や発酵が起きている場合は、より大きな範囲で変動することも報告されている(今井, 2001; 西野ら, 2001)。本試験において保存期間中の日本酒粕における乳酸や酢酸、プロピオン酸、酪酸含量は非常に微量であった。さらに上記のとおり、保存に伴うpHの変化も大きいものではなかった。このことから、本試験において用いた日本酒粕は保存に伴う種々の微生物の増殖や発酵はおおむね抑制されていたと推測される。この要因としては、日本酒粕に含まれるエタノールの影響が考えられる。エタノールは76.9～81.4%の濃度で消毒薬として用いられるが(厚生労働省, 2021)、谷口と野村(2012)は、*Staphylococcus aureus* に対しては9%の濃度、*Pseudomonas aeruginosa* や *Escherichia coli* などに対しては5%程度の濃度で静菌効果が見られると報告しており、エタノールは低濃度でも静菌作用を有することが考えられる。本試験における日本酒粕中のエタノール含量はおおむね9%を超えており、最も低い含量でも5%を超えていたことから、日本酒

粕に含まれるエタノールにより多くの微生物の増殖は抑制され、発酵が進まなかったことから、保存中の pH や乳酸、揮発性脂肪酸含量には経時的変化はみられなかったものと考えられる。

本節の結果から、日本酒粕は好気性条件での保存であっても、保存温度 30℃以下で 14 日間までの保存であれば、保存性に大きな問題はないものと考えられた。

表 2-1. 日本酒粕の 14 日間保存における pH の継時的変化

	保存日数			
	0 日	3 日	7 日	14 日
10°C ¹	5.19	4.89	5.05	5.14
20°C ¹	5.19	5.04	5.06	5.16
30°C ¹	5.19	5.05	5.07	5.12
常温 ¹	5.19	5.17	5.12	5.00

¹保存温度

(鈴木ら, 2023b)

表 2-2. 日本酒粕の 14 日間保存におけるエタノール含量の継時的変化 (%)

	保存日数			
	0 日	3 日	7 日	14 日
10°C ¹	10.45	9.40	11.03	11.67
20°C ¹	10.45	10.47	5.23	10.60
30°C ¹	10.45	10.34	6.69	6.98
常温 ¹	10.45	12.83	12.90	11.09

¹保存温度

(鈴木ら, 2023b)

表 2-3. 日本酒粕の 14 日間保存における乳酸含量の継時的変化 (%)

	保存日数			
	0 日	3 日	7 日	14 日
10°C ¹	0.0093	0.0067	0.0096	0.0071
20°C ¹	0.0093	0.0088	0.0084	0.0081
30°C ¹	0.0093	0.0083	0.0087	0.0101
常温 ¹	0.0093	0.0070	0.0069	0.0090

¹保存温度

(鈴木ら, 2023b)

表 2-4. 日本酒粕の 14 日間保存における揮発性脂肪酸含量の継時的変化(%)

	保存日数			
	0 日	3 日	7 日	14 日
酢酸				
10°C ¹	0.017	0.021	0.014	0.013
20°C ¹	0.017	0.007	0.018	0.017
30°C ¹	0.017	0.009	0.017	0.015
常温 ¹	0.017	0.018	0.017	0.019
プロピオン酸				
10°C ¹	0.006	0.015	0.005	0.011
20°C ¹	0.006	0.007	0.016	0.011
30°C ¹	0.006	0.016	0.008	0.007
常温 ¹	0.006	0.009	0.008	0.012
酪酸				
10°C ¹	0.006	0.019	0.017	0.011
20°C ¹	0.006	0.010	0.022	ND
30°C ¹	0.006	0.007	0.007	0.007
常温 ¹	0.006	0.008	0.005	0.006

¹ 保存温度

(鈴木ら, 2023b)

ND : 検出なし

第 2 節 日本酒粕の肥育豚に対する嗜好性の検討

1. 緒言

第 1 節では、好気性条件での日本酒粕の保存温度に伴う保存性を検討するため、日本酒粕を好気条件下で 10℃、20℃、30℃および常温（25～31℃）で保存し、0、3、7、14 日目の pH、乳酸、酢酸、プロピオン酸、酪酸およびエタノール含量を測定した。その結果、保存期間に伴うこれらの含量に大きな変化はみられず、日本酒粕は、保存温度 30℃以下で 14 日間までの保存であれば、保存性に大きな問題はないものと考えられた。しかし、好気性条件下で保存された日本酒粕について、豚に対する嗜好性を検討した報告はない。

そこで、本節では好気条件下における保存日数や、保存した日本酒粕の飼料への添加割合が肥育豚の嗜好性に及ぼす影響について検討した。

2. 材料および方法

日本酒粕の保存日数および添加割合の違いが、豚の嗜好性に与える影響を検討するため、2つの嗜好性試験を行った。

2-1. 保存日数が異なる日本酒粕の添加に対する豚の飼料摂取量（嗜好性試験 1）

供試豚は、三元交雑種（ランドレース種×大ヨークシャー種×デュロック種）12頭（雌 4頭、去勢雄 8頭、開始時平均体重 70.7kg）を用いた。供試飼料は、常温で 0日（0日区）、3日（3日区）、7日（7日区）、14日（14日区）保存後、4倍量の水道水で加水した各保存日数の日本酒粕を、基礎飼料（肥育後期豚用配合飼料；分析値：水分 11.1%，粗タンパク質 14.3%，粗脂肪 3.4%，粗灰分 3.1%）に対して乾物で 5%となるように添加した 4種類の飼料と、日本酒粕を添加していない飼料（対照区）の計 5種類とした。本試験は 4日間にわたって実施し、試験初日においては実施前に 24時間の絶食を行った。飲水

は自由とした。豚房内に 5 つ設置された各カフェテリア飼槽（間隔 8cm）に上記の 5 種類の飼料を入れ，供試豚を 1 頭ずつ豚房内に移動した後の 50 分間における各飼料の摂取量を群ごとに測定した。なお，その際，個体ごとに各飼料の摂取量の多かった順に 1～5 の順序をつけ，4 日間における順位の平均を求め，その値を用いて，各群の供試豚全頭の順位の平均の和を算出し（順位和），その値が小さいほど嗜好性が高いと評価した。なお，各飼料の位置は，供試豚ごとに毎日変更することで，供試豚が各飼料の位置で判断できないように配慮した。また，試験期間中は他の飼料給与は行わず，飲水は自由飲水とした。

2-2. 保存日数が異なる日本酒粕の添加割合に対する豚の飼料摂取量（嗜好性試験 2）

供試豚は嗜好性試験 1 と同様の三元交雑豚計 52 頭を用いた。使用した日本酒粕は，常温で 0 日間（0 日群），3 日間（3 日群），7 日間（7 日群），14 日間（14 日群）保存したものを扱い，各群の供試頭数は 0 日群では 13 頭（去勢雄 8 頭，雌 5 頭，平均体重 75.1kg），3 日群では 14 頭（去勢雄 10 頭，雌 4 頭，平均体重 75.6kg），7 日群では 13 頭（去勢雄 6 頭，雌 7 頭，平均体重 74.4kg），14 日間では 12 頭（去勢雄 6 頭，雌 6 頭，平均体重 67.8kg）とした。供試飼料は，嗜好性試験 1 と同様にリキッド状にした各保存日数の日本酒粕を，基礎飼料に対して乾物割合で 5%（5%区），10%（10%区），15%（15%区），20%（20%区）となるように添加した 4 種類の飼料と，日本酒粕を添加していない飼料（対照区）の計 5 種類とした。なお，0%区，5%区，10%区および 15%区の各供試飼料は，20%区の飼料の水分含量と同等になるように加水した。各供試豚の嗜好性試験については，嗜好性試験 1 と同様に行い，保存日数ごとに添加割合の違いによる日本酒粕の嗜好性について，嗜好性試験 1 と同様に評価を行った。

2-3. 統計処理

得られたデータは、EZR on R commander ver.1.54 (KANDA, 2013) を用いて統計処理を行った。各試験期間の飼料摂取量は、一元配置分散分析を行い、有意差が認められた場合は Tukey 検定により多重比較を行った。また、各飼料の順位和は、Friedman 検定を行い、有意差が認められた場合は Holm 検定により多重比較を行った。得られた結果は、 $P < 0.05$ の場合に有意な差が認められると判断した。

3. 結果および考察

3-1. 保存日数が異なる日本酒粕の飼料添加に対する豚の飼料摂取量（嗜好性試験 1）

保存日数が異なる日本酒粕の飼料添加に対する豚の飼料摂取量を表 2-5 に示した。飼料摂取量は対照区が 54g, 0 日区が 359g, 3 日区で 385g, 7 日区で 410g, 14 日区で 366g と対照区に比べ日本酒粕を添加した 4 区が有意に高い値を示し ($P < 0.05$)、順位和は有意に低い値を示した ($P < 0.05$)。いずれの保存日数の日本酒粕であっても、対照区に比べ豚の飼料摂取量は有意に高い値を、順位和は有意に低い値を示していたが、保存日数による差はみられなかった。よって、最長でも 14 日間常温で保存した日本酒粕でも良好な嗜好性を保てるものと考えられる。

日本酒粕の保存日数は豚の嗜好性に影響を与えないことが確認できたことから、嗜好性試験 2 では、保存日数ごとの日本酒粕の基礎飼料への添加割合が豚の嗜好性に及ぼす影響について検討した。

3-2. 保存日数が異なる日本酒粕の飼料添加割合に対する豚の飼料摂取量（嗜好性試験 2）

保存日数が異なる日本酒粕の飼料添加割合に対する豚の飼料摂取量を表

2-6 に示した。飼料摂取量は、0 日群、3 日群、7 日群、14 日群全てにおいて、日本酒粕の添加割合が高くなるほど飼料摂取量は増加し、対照区、5%区および 10%区と 15%区間および 20%区間、15%区と 20%区間に有意な差がみられた ($P < 0.05$)。また順位和についても全群で日本酒粕の添加割合が高くなるほど低い値を示し、7 日群では各区間に有意な差がみられ ($P < 0.05$)、その他の群では対照区および 5%区とその他の区間、10%区と 15%および 20%区間、15%区と 20%区間に有意な差がみられた ($P < 0.05$)。

これまでに日本酒粕の豚に対する嗜好性を検討した報告はいくつかある (小林と宮沢, 1984 ; 佐藤ら, 2019)。小林と宮沢 (1984) は、乾燥酒粕の豚における嗜好性をトウモロコシ単味や大豆粕単味と比較した結果、乾燥酒粕に比べこれら単味飼料を好んで接触していたことを報告している。また、酒粕を最大 30%代替した飼料を給与した飼料の嗜好性を無配合飼料と比較した佐藤らの報告 (2019) では、その飼料摂取量には両者で差がなかったとされている。本試験における嗜好性試験 2 では全保存日数の日本酒粕において、その飼料添加割合が高くなるに伴い豚の飼料摂取量が増加し、順位和が低下する傾向がみられ、特に 15%以上の添加でその傾向は顕著であった。このことから、日本酒粕は添加割合が高いほど豚の嗜好性は向上するものと考えられる。本試験とこれまでの研究 (小林と宮沢, 1984 ; 佐藤ら, 2019) 結果の違いは、日本酒粕と比較する原料の違いや、使用した日本酒粕の性状、添加割合などが考えられる。

一方、本試験で用いた日本酒粕には 10%程度のエタノールが含まれており、この添加割合を高めると飼料中のエタノール含量も高まることが考えられる。豚においてエタノールを含む原料を添加した飼料の摂取量を検討した研究はいくつかある (SYLVIE *et al*, 2006 ; 勝俣ら, 2018)。SYLVIE ら (2006) は 95%エタノール溶液を用いて、エタノール濃度を 11.41%とした飼料を豚に給与したところ、市販飼料を給与した区に比べ飼料摂取量は低下したと報告し

ている。また、生焼耐粕を用いてエタノール含量を 0.42%とした飼料を給与した勝俣らの報告（2018）では、トウモロコシや大豆粕を主体とした飼料を給与した対照区に比べ、飼料摂取量には差はみられなかったことが報告されており、飼料中のエタノール含量は豚の飼料摂取量に影響を与える可能性が考えられる。本試験において、各保存日数の日本酒粕の添加割合が高くなるに伴い、豚の飼料摂取量は増加していた。また、本試験のエタノール含量についても最も高い値を示した 14 日保存の 20%区に含まれるエタノール含量を計算すると 1.45%と、SYLVIE *et al*の報告（2006）より低いものの、勝俣らの報告（2018）より高い値を示していた。このことから、日本酒粕はエタノール含量が 1.45%となる乾物割合 20%まで飼料に添加でき、飼料のエタノール含量が 1.45%程度であれば、豚の嗜好性は向上する可能性が考えられたが、豚の飼料摂取量を向上させるエタノール含量については、今後、詳細な検討が必要だと考えられる。

また、飼料の嗜好性に関わる項目として、香りという視点も重要と考えられる。飼料の香りについては、CLOUARD と VAL-LAILLET（2014）が離乳豚に対してステビア由来またはオレンジ由来の香料を添加した飼料を給与したところ、ステビア由来香料では差はみられなかったものの、オレンジ由来香料の添加により、飼料摂取量は増加したことを報告している。日本酒においては、大吟醸酒や吟醸酒の香りに酢酸イソアミルやカプロン酸エチルといった果実の香りに近い成分が含まれていることが報告されている（小川，2015）。本試験において、各保存日数において、日本酒粕を 15%および 20%添加した区において飼料摂取量が多かったのは、添加量の増加により日本酒粕に含まれる香り成分が増加し、結果として飼料摂取量増加につながった可能性が考えられるが、この点についても、日本酒粕の香り成分の分析等、どのような成分が豚の飼料摂取量に影響するのかを詳細に検討する必要があるものと考えられる。

本節の結果から、日本酒粕は、好気性条件下 30℃で 14 日間程度の保存であれば、飼料中に 5～20%を添加しても、日本酒粕の添加割合が高いほどその飼料の嗜好性は向上することが考えられた。今後は、日本酒粕を加えて配合設計した飼料を豚に給与した際の発育性や肉質などを調査し、嗜好性と併せて配合割合を検討していく必要があるものと考えられる。

表 2-6. 日本酒粕の保存日数の違いが肥育豚の飼料摂取量 (g / 50 分) および順位和に与える影響

	対照区	0 日区	3 日区	7 日区	14 日区
飼料摂取量	54±52 ^b	359±105 ^a	385±74 ^a	410±87 ^a	366±98 ^a
順位和	58 ^a	31 ^b	30 ^b	28 ^b	33 ^b

飼料摂取量：平均 ± 標準偏差 (鈴木ら, 2023b)

(n=12)

^{ab} 異符号間に有意差あり ($P < 0.05$).

表 2-7. 日本酒粕の添加割合の違いが肥育豚の飼料摂取量 (g / 50 分) および順位和に与える影響

	対照区	5%区	10%区	15%区	20%区
飼料摂取量					
0 日群 ¹	35±26 ^c	54±19 ^c	138±44 ^c	426±81 ^b	1123±222 ^a
3 日群 ¹	78±73 ^c	60±31 ^c	140±66 ^c	390±109 ^b	991±219 ^a
7 日群 ¹	23±21 ^c	48±34 ^c	146±64 ^c	481±143 ^b	1055±230 ^a
14 日群 ¹	42±28 ^c	83±51 ^c	139±69 ^c	368±88 ^b	1235±307 ^a
順位和					
0 日群 ¹	59 ^a	55 ^a	42 ^b	26 ^c	14 ^d
3 日群 ¹	59 ^a	58 ^a	45 ^b	31 ^c	17 ^d
7 日群 ¹	60 ^a	54 ^b	40 ^c	25 ^d	16 ^e
14 日群 ¹	54 ^a	49 ^a	38 ^b	26 ^c	14 ^d

¹ 保存日数 (鈴木ら, 2023b)

飼料摂取量 : 平均 ± 標準偏差

0 日群 : n=13, 3 日群 : n=14, 7 日群 : n=13, 14 日群 : n=12

abcde : 異符号間に有意差あり ($P < 0.05$).

第3章 守口漬残さが肥育成績に及ぼす影響

第1節 守口漬残さの給与が肥育豚の発育と肉質に及ぼす影響

1. 緒言

守口漬は愛知県の地域特産品であり、塩漬けされた守口大根を酒粕や味噌粕で何回も漬け込んで製造され（小竹，2015），その製造に用いられた漬物粕は守口漬残さとして廃棄される。この残さの一部は家庭用の漬粕として販売されるなど再利用されているが，大部分は産業廃棄物として廃棄されており，高塩分であるために堆肥利用も難しい。第1章の結果から，守口漬残さは乾物あたりの可溶無窒素物が程々高く，エネルギー源としての活用が期待できる。さらに，高水分の食品製造副産物は保存性の悪さが課題となる中で（DANG *et al*，2010），守口漬残さは塩分を多く含むために保存性は良好であり，実際の養豚場で保管することにも適していると考えられた（鈴木と栗田，2017）。また，第2章では日本酒粕の添加割合が増えると，嗜好性が高まることが示唆された。守口漬残さの主原料は日本酒粕であるが，味噌粕や塩分，砂糖なども含まれている。そのため，豚の嗜好性は日本酒粕とは異なると考えられる。

一方で，塩分含有量の高い飼料の豚への給与は，食塩中毒を引き起こす可能性があることに加え（SMITH，1957；DONE *et al*，1959），豚の飲水回数および飲水量，排尿量が増加することが報告されている（新垣ら，2014；CHITTAVONG *et al*，2013）。排尿量の増加は浄化槽処理の負担となることに加えて，糞と尿との混合により糞の軟調性が増すため，作業性の悪化が懸念される。しかし，守口漬残さの長期間に渡る給与に伴う発育や飲水回数に及ぼす影響については検討されていない。

そこで，本試験では，守口漬残さの給与が体重約50kgから110kgの肥育豚の発育，飲水回数に及ぼす影響を調査した。

2. 材料および方法

2-1. 飼料の設計と供試豚の取扱い

供試豚は平均体重が約 50kg の三元交雑種（大ヨークシャー種×ランドレース種×デュロック種）48 頭を用い，各群とも平均体重が均等になるように雌 2 頭，去勢雄 2 頭を群飼して調査を行った。試験区分は守口漬残さ無添加の対照区，同残さを 3%，6%，12% 添加した 3% 区，6% 区，12% 区の 4 区とし，各区とも 3 群ずつ供試した。

各区飼料成分の計算値を算出するにあたっては，守口漬残さの成分割合は第 1 章で分析した値を，その他の飼料原料の栄養成分割合については日本標準飼料成分表（独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構，2009）の値を用いた。各区の供試飼料については，肥育前期用，肥育後期用ともに日本飼養標準・豚（農業・食品産業技術総合研究機構，2013）に記載された風乾飼料中 TDN および粗タンパク質の養分要求量を充足し，アミノ酸，ミネラル，ビタミンについても要求量を満たすように各原料の配合割合を決定した（表 3-1）。試験は不断給餌，自由飲水のもとで行い，各試験区の平均体重が約 50kg となった時点から肥育前期飼料の給与を開始し，約 70kg 時に肥育後期飼料に切り替え，約 110kg に到達した時点で終了とした。

2-2. 発育調査

発育調査は，日増体量および原物飼料摂取量，乾物飼料摂取量，飼料要求率を調査した。

2-3. 飲水回数調査

供試豚の体重が約 100kg となった段階で任意に選択した 2 豚房，計 8 頭により，デジタルカメラ（EX-ZS26，カシオ計算機株式会社，東京）を用いて 5

時間（9:00～14:00）の動画から飲水回数を測定した。

2-4. リキッド飼料とした場合における飲水回数調査

本調査では前述の調査とは異なる三元豚を用いた。前述の調査における対照区および12%とほぼ同様の飼料を、乾物含量が22%となるように加水し、各区2豚房、計4頭ずつに給与した。供試豚の体重が約100kgとなった段階で、デジタルカメラ（EX-ZS26、カシオ計算機株式会社、東京）を用いて5時間（9:00～14:00）の動画から飲水回数を測定した。

2-5. 統計処理

得られたデータは、EZR on R commander ver.1.54（KANDA, 2013）を用いて一元配置分散分析を行った。得られた結果は、 $P<0.05$ の時に有意な差が認められると判断し、 $P<0.1$ の時に傾向があると判断した。

3. 結果および考察

3-1. 発育成績

発育成績を表3-2に示した。日増体量には各区間に差はみられなかった。しかし、原物飼料摂取量は、肥育前期および肥育後期の両期ともに守口漬残さの配合割合が増加するに伴い増加し、特に12%区は肥育前期3.59kg/頭/日、肥育後期3.90kg/頭/日と対照区（肥育前期3.26kg/頭/日、肥育後期3.66kg/頭/日）に比べ有意に高い値を示した（ $P<0.05$ ）。飼料中のナトリウム濃度と飼料摂取量との関係については、CHITTAVONG *et al*（2013）が肥育豚を用いて調査した結果、飼料中ナトリウム濃度が高い方が原物および乾物飼料摂取量は増加し、SHAWK *et al*（2019）が体重7～12kgの子豚を用いて調査した結果、飼料中ナトリウム濃度が高い方が原物飼料摂取量は増加したと報告している。本研究における供試飼料中ナトリウム濃度は肥育前期と後期で対照区

と 3%区が 0.11%，6%区が 0.21%，12%区が約 0.42%と対照区と 3%区に比べ 6%区は 2 倍，12%区は 4 倍の濃度であった。よって，本研究において対照区に比べ 12%区の原物飼料摂取量が有意に増加したのは，CHITTAVONG *et al* (2013) や SHAWK *et al* (2019) の報告と同様に飼料中のナトリウム含量の増加によるものと考ええる。

一方，上記のとおり原物飼料摂取量には有意な差がみられたものの，乾物飼料摂取量には各区間で有意な差はみられなかった。豚は必要なエネルギー要求量を満たすために飼料摂取量を調節するとの報告がある (QUINIQU *et al*, 1996)。本研究に供した飼料では守口漬残さの配合割合が高いほど飼料中の水分含量が高くなり，TDN 含量は低下していた。このことから，本研究において乾物飼料摂取量には差はみられなかったものの，原物飼料摂取量が対照区に比べ 12%区で高い値を示したのは，先に述べたナトリウム含量の要因の他に，エネルギー充足の要因も考えられる。また，乾物飼料摂取量では各区間に有意な差がみられなかったことから，本研究における飼料摂取量は，ナトリウム濃度よりエネルギー充足のための要因が強い可能性が示唆されたが，この点については今後詳細な検討が必要と考える。

3-2. 飲水回数調査

表 3-3 に飲水回数調査の結果を示した。飲水回数は対照区 7.9 回，3%区 8.0 回および 6%区 8.6 回と各区間に有意な差はみられなかったが，12%区では 11.1 回と対照区に比べ有意に増加した ($P < 0.05$)。新垣ら (2014) は市販飼料に醤油粕を 5%添加し，塩分濃度を約 2.5 倍とした飼料を肥育豚に給与した結果，飲水回数が増加したことを報告している。また，CHITTAVONG *et al* (2013) は飼料中ナトリウム濃度を 0.24%から 0.32%に増加させると，豚の飲水量が増加したことを報告している。本研究における飼料中ナトリウム濃度は対照区に比べ 12%区では 4 倍の濃度であったため，飲水回数が 12%区で有意に増

加したものと考える。飲水回数の増加で、飲水量の増加も考えられ (CHITTAVONG *et al*, 2013), 飲水量の増加は排尿量の増加にもつながることが示唆されることから (設楽ら, 1997; 鈴木ら, 2017), 本研究における 12% 区は対照区に比べ排尿量も多いものと考えられる。この点については、排水処理のコスト増加につながるため、今後、対照区および 12% 区の排尿量を調査し、12% 区における排尿量の増加が排水処理に耐えうる程度であるかなど、詳細な検討が必要であると考えられる。

3-3. リキッド飼料とした場合における飲水回数調査

表 3-4 にリキッド飼料とした場合における飲水回数調査の結果を示した。飲水回数は対照区および 12% 区ともに 0.5 回と、両区間に有意な差はみられず。さらに、その回数も 1 頭当たり 0.5 回であり、ほとんど飲水しなかった。大口ら (2010) は、肥育豚にリキッド飼料を給与した場合には、マッシュ飼料を給与した場合と比べて、2 倍程度の水分を飼料中から摂取しており、飲水回数が有意に減少したことを報告している。本研究の 12% 区においても、リキッド飼料中から多量の水分を摂取したことによって、高塩分飼料を摂取することによる飲水量の増加を補っていたと推測された。そのため、リキッド飼料中に守口漬残さを配合した場合には、飲水回数の増加はなく守口漬残さを給与できると考えられた。

以上の結果から、守口漬残さを配合 12% した飼料を体重 50kg から給与した場合、飲水回数は増えるものの、発育に影響はみられず給与可能であることが示された。さらに、リキッド飼料を導入している農家においては、そのリキッド飼料中に守口漬残さを配合しても、飲水回数を増やすことなく給与できることが示唆された。

表 3-1 試験飼料の配合割合

	体重 50-70kg				体重 70-110kg			
	対照区	3%区	6%区	12%区	対照区	3%区	6%区	12%区
二種混*	69.40	67.84	66.84	64.86	70.54	68.85	67.87	65.90
ふすま	15.90	15.00	12.94	8.83	17.98	17.22	15.10	10.84
大豆粕	12.80	12.54	12.62	12.74	9.81	9.56	9.68	9.94
守口漬残さ	0.00	3.00	6.00	12.00	0.00	3.00	6.00	12.00
塩酸 L-リジン	0.11	0.11	0.11	0.11	0.02	0.02	0.02	0.02
第三リン酸カルシウム	0.34	0.35	0.36	0.39	0.20	0.21	0.22	0.25
炭酸カルシウム	0.88	0.86	0.83	0.77	0.88	0.84	0.81	0.75
食塩	0.27	0.00	0.00	0.00	0.27	0.00	0.00	0.00
プレミックス	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
水分	13.6	15.0	16.3	18.9	13.7	15.1	16.4	19.0
可消化養分総量	74.5	73.3	72.2	70.0	74.4	73.2	72.1	69.8
可消化養分総量(乾物)	86.2	86.3	86.4	86.5	86.2	86.3	86.4	86.5
粗タンパク質 (乾物)	16.7	16.7	16.7	16.7	15.5	15.5	15.5	15.5
リジン (乾物)	0.91	0.91	0.91	0.91	0.75	0.74	0.74	0.75
食塩相当量	0.11	0.11	0.21	0.42	0.11	0.11	0.21	0.42

* 二種混: 98% トウモロコシ + 2% 魚粉 (60% 粗タンパク質).

(鈴木ら, 2020)

表 3-2 発育成績

	対照区	3%区	6%区	12%区
日増体量 (g/日)	1052±31	1053±22	1064±19	1088±34
原物飼料摂取量 (kg/日)	3.56±0.03 ^a	3.61±0.03 ^a	3.71±0.04 ^{ab}	3.82±0.03 ^b
乾物飼料摂取量 (kg/日)	3.07±0.03	3.06±0.03	3.10±0.06	3.09±0.04
乾物飼料要求率	2.92±0.03	2.91±0.09	2.91±0.04	2.84±0.06

平均値±標準誤差 (n=3, 日増体量のみ n=12)

(鈴木ら, 2020)

^{a,b} 異符号間に有意差あり.($P<0.05$)

表 3-3 飲水回数調査の結果

	対照区	3%区	6%区	12%区
飲水回数(回/5時間)	7.9 ± 1.0 ^a	8.0 ± 1.0 ^{ab}	8.6 ± 0.6 ^{ab}	11.1 ± 0.8 ^b

平均値 ± 標準誤差 (n=8)

(鈴木ら, 2020)

^{a,b} 異符号間に有意差あり.($P < 0.05$)

表 3-4 リキッド飼料とした場合の飲水回数調査の結果

	対照区	12%区
飲水回数(回/5時間)	0.5±0.3	0.5±0.3

平均値±標準誤差 (n=4) (鈴木ら, 2019)

第2節 守口漬残さの給与が肥育豚の糞便性状と抗酸化活性に及ぼす影響

1. 緒言

第1節では、50～110kgの肥育豚に対して、守口漬残さを最大で12%配合した飼料を給与した結果、発育性に影響はないことが示唆された。また、12%区では、飲水回数が増加し、おそらく飲水量や排尿量が増加していると推測されたが、守口漬残さをリキッド飼料として給与した場合には、飲水回数の増加はみられず、排尿量にも差は無いと推測された。守口漬残さは12%程度の配合割合までであれば、養豚飼料として利用可能であることを報告した。

守口漬残さの主原料である酒粕には麴である酵母ならびにその代謝産物に加え、食物繊維などの難消化成分が含まれる。ラットにおいては、酒粕の投与により盲腸内容物のpHが低下し、腸内細菌代謝に影響を与えたことが示唆されている（持田ら，2000）。また、酒粕に含まれる食物繊維等の難消化性成分は、ヒトやラットにおいて腸内細菌代謝に影響を与え、整腸作用が報告されている（後藤ら，2008；森下，2000；渡辺，2012）。また、守口漬残さの褐色は、酒粕の製造や保存過程でメイラード反応によって産生されるメラノイジンに主に由来する（佐藤，1969）。メラノイジンには抗酸化作用や食物繊維類似作用、腸内細菌叢における乳酸菌数の増加などの腸内環境改善効果が報告されている（加藤，1991；三浦，2016）。これらのことから、豚に対して守口漬残さを給与することで同様の効果が得られる可能性がある。

守口漬残さが養豚飼料として活用できることに加え、豚への給与によって、肉質の改善や腸内細菌環境の改善などが認められれば、豚肉の付加価値が期待できることに加え、豚の生産性低下の防止に貢献することが出来る。そこで本節では、肥育豚に対する守口漬残さの給与が、豚の肉質および糞便性状等に及ぼす影響について調査した。

2. 材料および方法

2-1. 飼料の設計と供試豚の取扱い

供試豚は平均体重が約 55kg の三元交雑種(大ヨークシャー種×ランドレース種×デュロック種) 36 頭(雌 18 頭, 去勢雄 18 頭)を用い, 各群とも平均体重が均等になるように雌 2 頭, 去勢雄 2 頭を配置した。試験区分は守口漬残さを添加せず基礎飼料のみを給与する対照区, 基礎飼料の 6%, 12%を同残さで代替した 6%区, 12%区の 3 区とし, 各区それぞれ 3 群ずつを供試した。基礎飼料は抗菌剤を含まない原料とし, 日本標準飼料成分表(2009)に記載されている栄養成分値を用いて設計し, 肥育前期用, 肥育後期用ともに日本飼養標準・豚(農業・食品産業技術総合研究機構, 2013)に記載された風乾飼料中 TDN および粗タンパク質の養分要求量を充足し, アミノ酸, ミネラル, ビタミンについても要求量を満たすように各原料の配合割合を決定した(表 3-4)。各区の飼料中の栄養成分値は表 3-5 のとおりである。試験は不断給餌, 自由飲水のもとで行い, 各試験区の平均体重が約 55kg となった時点から肥育前期飼料の給与を開始し, 約 70kg 時に肥育後期飼料に切り替え, 約 110kg に到達した時点で終了とし, 日増体量, 飼料摂取量, 飼料要求率を測定した。

2-2. 基礎飼料および守口漬残さにおける抗酸化活性の測定

基礎飼料および守口漬残さにおける抗酸化活性の測定は, DPPH ラジカル消去活性法(松藤, 2011)により行った。すなわち, 基礎飼料および守口漬残さを 80%エタノールで抽出して得られた検体 0.2ml に, 100mM Tris-HCl 緩衝液(pH7.4) 0.8ml, 0.2mM DPPH-エタノール溶液 1ml を混合し, 暗所で 30 分間静置した後, 517nm における吸光度を測定した。検体の代わりに 80%エタノールを添加した場合の吸光度をコントロールとして, コントロールに対する検体添加時の吸光度の減少割合(消去率)を求め, 50%の消去率を示す時の濃度を IC50 値とした。標準物質には Trolox を用いて同様に吸光度を測定し,

Trolox の IC50 値を各検体の IC50 値で除することで、各検体の Trolox 等価活性 (TEAC) を算出した。

2-3. 血漿中における TBARS 値の測定

血漿中における TBARS 値は試験終了時に測定した。採血は供試豚の全頭から行い、血液はヘパリン処理した後、遠心分離 (2000g×10 分, 4℃) し、得られた血漿を検体とした。TBARS 値は Ohkawa *et al* (1979) および Jentzsch *et al* (1996) の方法により測定した。すなわち、血漿 0.08ml に 20% 酢酸溶液 (pH3.5) 0.3ml, 8.1% ドデシル硫酸ナトリウム溶液 0.04ml, 0.8% チオバルビツール酸溶液 0.3ml, 蒸留水 0.08ml を混合し、95℃ で 60 分間加熱した。冷却後、n-ブタノール-ピリジン (15:1) 混合液 1ml, 蒸留水 0.2ml を加えて攪拌した。1600g, 10 分間遠心した後上層を回収し、535nm の吸光度から 572nm の吸光度を差し引いた。なお、標準物質はテトラメトキシプロパンを用い、TBARS 値はマロンジアルデヒド (MDA) 当量として表した。

2-4. 糞便の細菌数, pH および糞便性状スコア

糞便の性状を確認するため、試験期間中、毎週 2 回合計 14 回、朝の給餌時に豚房の床面にある糞便の性状を観察し、正常便を 1, 軟便を 2, 水様便を 3 として糞便性状のスコアを記録した。正常便と軟便といった異なる性状の糞便が混在した場合には、軟便のようにスコアの大きい方を記録した。糞便中の pH および細菌数は、調査終了時に各豚房から無作為に選択した雌・去勢雄各 1 頭から採取した新鮮直腸糞便を用いて測定した。糞便中における pH の測定は、糞便を蒸留水で 10 倍希釈し、pH メーターを用いて測定した。糞便中における細菌数の測定は、糞便を滅菌蒸留水で希釈して 10 倍段階希釈液を調製し、腸内細菌科細菌数は DHL 寒天培地、乳酸菌は LBS 寒天培地を用いて糞便 1 g 当たりの生菌数を測定した。

2-5. 肉質調査

供試豚は発育調査終了後にと畜を行い，枝肉は 3.5℃で約 1 日間の冷蔵庫で放冷した。肉質調査の試料は，各豚房から 1 頭ずつ，各区から去勢雄 2 頭，雌 2 頭を無作為に選択し，と体右側の第 5-6 胸椎間から頭側約 3cm 分の胸最長筋を採材した。ドリップロスは，入江（2002）の方法を参考にして測定した。すなわち，2×2×2cm に切り出した胸最長筋をポリエチレン袋に入れ，3℃で 7 日間保存し，保存前の肉片重量に対する保存後の減少割合をドリップロスとした。伸展率は，中井ら（1980）の方法を参考にして測定した。すなわち，1×1×0.5cm に切り出した胸最長筋をろ紙に乗せ，2 枚の金属板で挟み，35kg/cm²で 1 分間圧搾した。ろ紙上に広がった肉片面積を圧搾前の肉片重量で除することにより伸展率を求めた。加熱損失および圧搾肉汁率は，食肉の理化学分析マニュアル（独立行政法人家畜改良センター，2010）。を参考にして測定した。すなわち，2×2×2cm に切り出した胸最長筋をポリエチレン袋に密封し，70℃の恒温水槽で 60 分間加熱した後，流水に 30 分間さらした。加熱前の肉片重量に対する加熱後の減少割合を加熱損失とした。圧搾肉汁率は，加熱損失測定後の試料を 1×1×0.6cm に切り出し，2 枚の不織布および金属板で挟み，35kg/cm²で 1 分間圧搾した。圧搾前の肉片重量に対する圧搾後の減少割合を圧搾肉汁率とした。胸最長筋の筋肉内脂肪含量は，ソックスレー抽出法によって測定した（独立行政法人家畜改良センター，2010）。

2-6. 官能評価試験

官能評価試験は，愛知県農業総合試験場の職員 30 人をパネリストとして実施した。試料は対照区および 12%区の雌豚を各 1 頭無作為に選択し，それぞれ枝肉の右側の胸最長筋を厚さ 2mm にスライスし，-20℃で保存した。官能評価試験の前日に 3℃で 1 日解凍し，皮下脂肪内層を 1cm 付けた状態で

4cm×4cm×2mm となるように成型した。各検体は調味せずに、200℃の IH ホットプレート（KZ-HP1100-K、パナソニック株式会社、大阪）で片面 40 秒ずつ加熱調理した後、すぐにパネリストに提示した。各検体は、盲検とするために 3 桁のランダムコードを付けた紙皿に乗せた状態で同時に提示し、香り、味、柔らかさ、ジューシーさおよび全体的な好ましさについて、2 点比較法による官能評価を実施した。

2-7. 統計処理

得られたデータは、EZR on R commander ver.1.54（KANDA, 2013）を用いて一元配置分散分析を行い、有意差が認められた場合は Tukey 検定により多重比較を行った。また、官能評価試験については二項検定を行った。得られた結果は、 $P < 0.05$ の時に有意な差が認められると判断し、 $P < 0.1$ の時に傾向があると判断した。

3. 結果および考察

3-1. 発育調査

発育調査の結果を表 3-6 に示した。本研究では、守口漬残さの給与によって、日増体量、原物飼料摂取量、乾物飼料摂取量、飼料要求率は、各区間に差はみられなかった。しかし、日増体量は各区とも日本飼養標準・豚(2013)（独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構, 2013）に記載された期待増体日量である 1.0kg を超えており、発育は良好であった。

3-2. 飼料の抗酸化活性および血漿中の TBARS 値

基礎飼料および守口漬残さにおける DPPH ラジカル消去能を表 3-7 に示した。守口漬残さの TEAC は $2.25 \mu\text{g Trolox eqv/mg}$ であり、基礎飼料の TEAC (1.39 および $1.38 \mu\text{g Trolox eqv/mg}$) と比較して高く、守口漬残さには

基礎飼料より高い抗酸化活性が認められた。本研究では守口漬残さの抗酸化活性を期待して、肥育豚に対する給与試験を行った。しかし、血漿中における TBARS 値の結果は表 3-8 に示したとおりで、対照区、6%区および 12%区の各区間に有意な差はみられなかった。この要因の 1 つとして、各区における供試飼料の TEAC の計算値は、対照区が 1.39 および 1.38 $\mu\text{g Trolox eqv/mg}$ 、6%区が 1.44 $\mu\text{g Trolox eqv/mg}$ 、12%区が 1.49 $\mu\text{g Trolox eqv/mg}$ であり、DPPH ラジカル消去能から推定される抗酸化物質量は、各区間で大きな差はなかったためであると考えられる。また、守口漬残さの抗酸化活性はメラノイジン由来である可能性が考えられる。守口漬残さの原料である酒粕は、漬け込みの過程で褐色が増すが、味噌や炒めタマネギにおいては褐色度が高くなるほどメラノイジン含量は高くなり、メラノイジン含量と DPPH 消去活性との間には高い正の相関があることが報告されている（下橋ら，2008；渡辺，2012）。本研究で測定した供試飼料の DPPH ラジカル消去能は、メラノイジン含量を反映していると考えられる。守口漬残さはロットにより褐色度が異なることから、ロット毎に異なる抗酸化活性を有する可能性がある。今後は、褐色度と守口漬残さの抗酸化活性との関連性を明らかにし、褐色度に応じた添加量の検討を行う必要があると考える。また、本研究において我々は TBARS 値を酸化ストレスの指標としたが、これは多価不飽和脂肪酸由来の脂質過酸化のごく一側面を調査したのみである。脂質過酸化ではヘキサノイルリジン、4-HNE、イソプラスタン、酸化 LDL などのマーカーが報告されている。今後、豚の血中におけるこれらの抗酸化活性のマーカーについても多面的に測定する必要がある。

3-3. 糞便の細菌数、pH および糞便性状スコア

細菌数、pH および糞便性状スコアを表 3-9 に示した。糞便中の腸内細菌科細菌数は、12%区 ($5.81\log_{10}\text{ CFU/g}$) では対照区 ($6.61\log_{10}\text{ CFU/g}$) および 6%区

($6.6 \log_{10}$ CFU/g) に比べ低い傾向がみられた ($P < 0.1$)。糞便中の乳酸菌数は、12%区 ($9.6 \log_{10}$ CFU/g) では対照区 ($9.1 \log_{10}$ CFU/g) に比べ高い傾向がみられた ($P < 0.1$)。なお、著者らの既報において 1 か月保存した守口漬残さにおける一般生菌数は 1g あたり 420CFU 程度と非常に少ないことを確認しており、今回の調査において認められた乳酸菌数の増加に守口漬残さに含まれる乳酸菌数が直接影響を及ぼした可能性は極めて低いと考える。糞便の pH は対照区 (6.6) と比較して、12%区 (6.2) で有意に低下した ($P < 0.05$)。糞便性状スコアは各区間に差はみられなかった。

守口漬残さの主原料である酒粕や味噌粕は発酵食品粕であり、ラットにおいては、酒粕の投与により盲腸内容物の pH が低下し、腸内細菌代謝に影響を与えたことが示唆されている (持田ら, 2000)。また、動物実験やヒトにおいて、酒粕に含まれる食物繊維などの難消化成分やメラノイジンの摂取は、回腸または盲腸における乳酸菌数を増加させることが報告されている (三浦, 2016; 持田ら, 2000; 渡辺, 2012)。食物繊維等の難消化成分は、ビフィズス菌や乳酸菌などに資化され、増殖と代謝を活性化するとされている (森下, 2000)。五明らはラットに投与したメラノイジンが小腸粘膜に吸着したことを確認し、乳酸菌が棲息する腸粘膜の状態を変化させることを報告している (五明ら, 1983)。本研究においても守口漬残さに含まれるメラノイジンが乳酸菌の増殖しやすい腸粘膜環境を作るとともに、食物繊維などの難消化成分が乳酸菌による代謝の基質となり増殖を促進した可能性が考えられる。これらの要因が守口漬残さ 12%区の豚糞便中における乳酸菌数の増加に寄与したと考えられた。

糞便の pH は腸内細菌叢の影響を受け、乳酸菌などの増加により揮発性脂肪酸の生産量が増え、糞便の pH が低下すると考えられている (Ohashi *et al*, 2001)。また、糞便における腸内細菌科細菌数の減少は、pH の低下 (Ravindran *et al*, 1993) や増加した乳酸菌との競合が関与すると考えられ

ている。本研究においては、糞便中の揮発性脂肪酸の濃度は測定していないが、12%区では対照区に比べ、糞便中における乳酸菌の増加傾向と pH の有意な低下がみられており、腸内細菌科細菌数の減少傾向に影響したと考えられた。本研究の期間中、各区とも下痢はほとんど認められず、発育についても日増体量が 1kg/日を超えており非常に良好な状態であった。今後、供試頭数を増やすなどし、守口潰残さ給与による整腸作用についてより詳細に検討する必要がある。

3-4. 肉質調査および官能評価試験

肉質分析の結果を表 3-10 に示した。ドリップロス、圧搾肉汁率および伸展率は、各区間に差はみられなかった。加熱損失は、12%区 (23.4%) が対照区 (26.1%) に比べ低い傾向がみられ ($P < 0.1$)、筋肉内脂肪含量は、12 %区 (4.1%) が対照区 (3.0%) に比べ高くなった ($P < 0.05$)。豚肉の筋肉内脂肪含量を高める方法として、岩本ら (2005) は市販配合飼料の 50%をパンで代替し、飼料中のリジン含量を $54.6 \mu\text{mol/g}$ から $37.9 \mu\text{mol/g}$ に低くした飼料を豚に給与することで、筋肉内脂肪含量が 2.4%から 6.4%に増加したことを報告している。この他にも、粗タンパク質やリジン含量を低くした飼料の給与によって、豚肉の筋肉内脂肪含量が高くなることが数多く報告されている (KATSUMATA *et al*, 2005 ; 大口ら, 2009)。本研究では、飼料中の粗タンパクおよびリジン含量は、12%区でそれぞれ 13.4%と 0.63%, 対照区でそれぞれ 13.5%と 0.65%であり、12%区の方が対照区と比べて低いものの、いずれの含量の区間差も小さかった。そのため、対照区に比べ 12%区で筋肉内脂肪含量が高くなったことについては、別の要因が寄与した可能性が考えられる。一方、近年では、粗タンパク質含量を養分要求量より高めつつ、リジン/タンパク質比を低下させた飼料を豚に給与することによって、筋肉内脂肪含量を高める方法 (アミノ酸バランス法) が開発されている。Maeda *et al* (2014) は、飼料中の粗タン

パク質含量を 16%程度とし，リジン含量を 0.75%（リジン/粗タンパク質比 0.046）から 0.58%（同比 0.035）に低くした飼料を豚に給与すると，豚肉の筋肉内脂肪含量が 2.1%から 4.4%に増加したことを報告している。また，守口漬残さに近い素材を活用した例としては，乾燥酒粕の添加によって，リジン/粗タンパク質比を 0.049 から 0.045 に低下させた飼料の給与により，筋肉内脂肪含量が 2.7%から 4.3%に増加したことが報告されている（保科，2019）。しかしながら，本試験におけるリジン/粗タンパク質比は対照区で 0.048，12%区で 0.046 であり，区間差は前述の報告と比べてかなり小さな差であったため，別の要因が寄与した可能性がある。今回，本試験の 12%区において筋肉内脂肪含量が増加した要因は解明できないが，飼料中の粗タンパク質，リジン含量およびリジン/粗タンパク質比は，全て 12%の方が低くなっており，これらの複数の要因が重なり筋肉内脂肪含量の増加に関与した可能性が考えられる。

官能評価試験の結果を図 3-1 に示した。香り，味および全体的な好ましさは，各区間に有意な差はみられなかった。柔らかさおよびジューシーさは，対照区に比べ 12%区の方が有意に好まれた（ $P<0.05$ ）。筋肉内脂肪含量は柔らかさやジューシーさとの間には正の相関があるとされており（CASTELL *et al*, 1994；DEVOL *et al*, 1988），筋肉内脂肪含量が高い豚肉は摂食時に好まれることが報告されている（FONTI-I-FURNOLS *et al*, 2012）。一方で，小平ら（2021）は筋肉内脂肪含量の異なる豚肉（3.6%，6%，8%）について官能評価試験を行い，柔らかさやジューシーさは 3.6%の豚肉より 6%や 8%の豚肉の方が好まれたものの，ジューシーさは 8%より 6%の方が好まれており，筋肉内脂肪含量は 6%程度まででよいと報告している。豚肉においては，筋肉内脂肪含量が高すぎても好まれにくく，適度な高さであることが重要かもしれない。本試験における 12%区の筋肉内脂肪含量は 4.1%と，対照区（3.0%）と比べて高く，2.5%～3.5%程度と推察される一般的な国産豚肉（小平ら，2021）と比べても少し

高いことが、柔らかさやジューシーさに好ましい効果を与えたと考えられる。

本節の結果から、肥育豚に対して体重約 55kg から 110kg まで、守口漬残さを 12%配合した飼料を給与することによって、肥育豚の糞便中における乳酸菌数の増加と腸内細菌科細菌数の減少、糞便の pH を低下させることに加え、筋肉内脂肪含量が増加し、柔らかさおよびジューシーさの好まれる豚肉を生産できる可能性が示唆された。

表 3-4 基礎飼料の配合設計および化学成分値

	体重 55-70kg	体重 70-110kg
二種混*	69.40	70.54
ふすま	15.90	17.98
大豆粕	12.80	9.81
塩酸 L リジン	0.11	0.02
第三リン酸カルシウム	0.34	0.20
炭酸カルシウム	0.88	0.88
並塩	0.27	0.27
プレミックス	0.30	0.30
化学成分値**		
水分 (%)	13.6	13.7
粗蛋白 (乾物%)	16.7	15.5
粗脂肪 (乾物%)	4.2	4.3
粗繊維 (乾物%)	3.9	4.0
粗灰分 (乾物%)	5.2	5.0
可溶無窒素物 (乾物%)	70.2	71.4

*二種混：とうもろこし 98%+魚粉 (CP60%) 2% (鈴木ら, 2021a)

**計算値を記載

表 3-5 供試飼料の栄養成分値

	肥育前期 (55kg-70kg)			肥育後期 (70kg-110kg)		
	対照区	6%区	12%区	対照区	6%区	12%区
粗タンパク質 (%)	14.5	14.4	14.3	13.5	13.4	13.4
リジン (%)	0.79	0.77	0.76	0.65	0.64	0.63
リジン/粗タンパク質比	0.054	0.054	0.053	0.048	0.047	0.046

栄養成分値は風乾物換算した値を記載した。

(鈴木ら, 2023a)

表 3-6 発育成績

	対照区	6%区	12%区
日増体量 (g/日)	1137±40	1065±49	1069±46
原物飼料摂取量 (kg/日)	3.82±0.01	3.83±0.06	3.92±0.06
乾物飼料摂取量 (kg/日)	3.30±0.01	3.20±0.05	3.16±0.05
乾物飼料要求率	2.91±0.11	3.02±0.16	2.96±0.09
平均値±標準誤差 (n=3, 日増体量のみ n=12) (鈴木ら, 2021a)			

表 3-7 基礎飼料および守口漬残さの DPPH ラジカル消去活性

	基礎飼料 体重 55-70kg	基礎飼料 体重 70-110kg	守口漬残さ
TEAC (μg Trolox epv/mg)	1.39	1.38	2.25

(鈴木ら, 2021a)

表 3-8 守口漬残さの給与が肥育豚の血漿中 TBARS 値に及ぼす影響

	対照区	6%区	12%区
TBARS 値 (nmol MDA/ml)	2.4±0.1	2.3±0.1	2.5±0.1
平均値±標準誤差 (n=12)	(鈴木ら, 2021a)		

表 3-9 守口漬残さの給与が肥育豚の糞便性状に及ぼす影響

	対照区	6%区	12%区
腸内細菌科細菌数 (log CFU/g)	6.6±0.3	6.6±0.3	5.8±0.2 [†]
乳酸菌数 (log CFU/g)	9.1±0.1	9.4±0.2	9.6±0.2 [§]
pH	6.6±0.1 ^a	6.5±0.1 ^{ab}	6.2±0.1 ^b
糞便性状スコア	1.1±0.03	1.0±0.00	1.1±0.03

平均値±標準誤差 (n=6, 糞便性状スコアのみ n=3) (鈴木ら, 2021a)

ab 異なる文字間に有意差あり ($P<0.05$)

† 対照区および6%区との間に傾向あり ($P<0.10$)

§ 対照区との間に傾向あり ($P<0.10$)

表 3-10 守口漬残さの給与試験における肉質分析の結果

	対照区	6%区	12%区
ドロップロス (%)	4.6 ± 1.3	5.5 ± 0.7	4.5 ± 0.6
加熱損失 (%)	26.1 ± 1.5	25.8 ± 1.4	23.4 ± 1.5 [†]
圧搾肉汁率 (%)	42.2 ± 1.5	43.5 ± 1.7	43.5 ± 0.9
伸展率 (cm ² /g)	37.1 ± 2.8	36.6 ± 3.3	38.4 ± 2.4
筋肉内脂肪 (%)	3.0 ± 0.2 ^a	3.2 ± 0.7 ^{ab}	4.1 ± 0.7 ^b

データは平均値±標準偏差で示した。(各区 n=4) (鈴木ら, 2023a)

ab : 異なる文字間に有意差あり ($P < 0.05$)

† : 対照区および 12%区との間に傾向あり ($P < 0.1$)

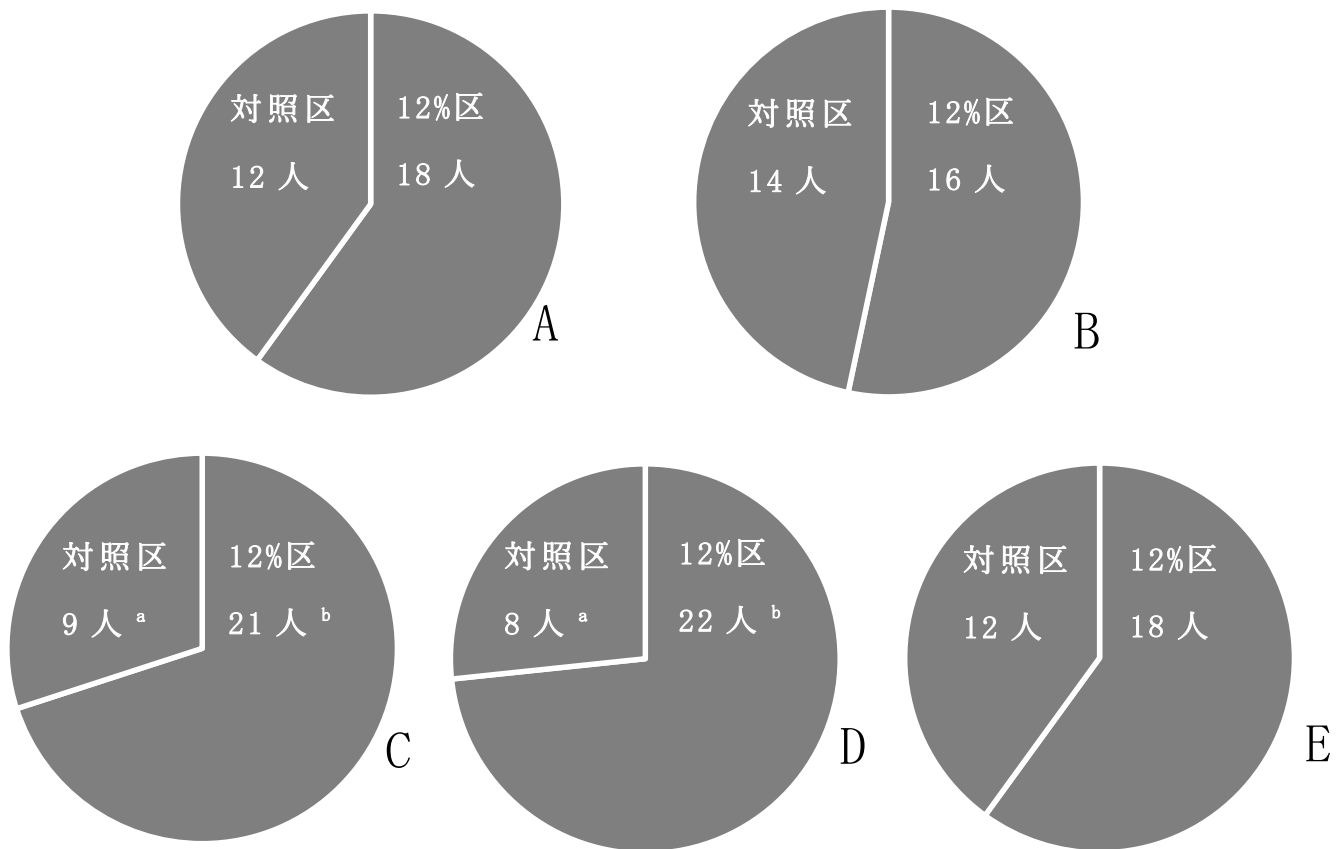


図 3-1 守口漬残さの給与試験における官能評価試験の結果(鈴木ら, 2023a)

A 香り, B 味, C 柔らかさ, D ジューシーさ, E 総合的な好ましさ

ab: 異なる文字間に有意差あり ($P < 0.05$)

第4章 液状ビール酵母が肥育成績に及ぼす影響

第1節 液状ビール酵母の給与が肥育豚の発育と肉質に及ぼす影響

1. 緒言

愛知県の2019年におけるビール生産量は年間約19万キロリットルで、日本の都道府県の中では3番目に多い（国税庁，2020）。ビール酵母は、ビールの醸造工程においてアルコール発酵に使用され、余剰となったビール酵母はビールに懸濁された液状で排出される（液状ビール酵母）。第1章において、液状ビール酵母中の、乾物中粗タンパク質は58.5%と高く、これは養豚飼料のタンパク質源として良く配合される大豆粕に近い値である。そのため、養豚飼料における大豆粕と代替できるタンパク源となりうることが期待される。

一方で、液状ビール酵母に含まれるアルコール濃度は約4%であり、日本酒粕のアルコール濃度（約10%）と比較すれば低いものの、タンパク質源として大豆粕の代替として配合した場合には、飼料中のアルコール濃度はかなり高くなると推測される。これまで、酵母を添加した飼料の給与による研究は、離乳子豚を対象とした報告が多く、（SPARK *et al*, 1979 ; TRCKOYA *et al*, 2014 ; WHITE *et al*, 2002）肥育豚を対象とした報告は少ない。SREEPARVATHY *et al* (2012) は、肥育豚を対象としてビール酵母を給与し、豚の嗜好性に悪影響はないことを報告しているが、このビール酵母はエタノールを含まない乾燥ビール酵母であり、エタノールを含むビール酵母の給与が豚に及ぼす影響は不明である。

そのため、本研究では、肥育後期豚を対象として、液状ビール酵母を大豆粕の代替として配合した飼料を給与し、発育や肉質に及ぼす影響を調査した。

2. 材料および方法

2-1. 飼料の設計と供試豚の取扱い

供試豚は平均体重が約 80kg の三元交雑種（大ヨークシャー種×ランドレース種×デュロック種）12 頭（雌 6 頭，去勢雄 6 頭）を用いた。平均体重および性別比が均等になるように対照区と酵母区の 2 区に振り分け，雌 1 頭，去勢雄 1 頭ずつを群飼した。各区飼料成分の計算値を算出するにあたって，液状ビール酵母の栄養成分は第 1 章の表 1-3 に示した値を，市販のクランブル飼料フィードワン株式会社）は表示票の値（CP14.5%，TDN77%）を，その他の飼料原料の栄養成分割合は日本標準飼料成分表（独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構，2009）の値を用いた。各区の供試飼料は，日本飼養標準・豚（独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構，2013）に記載された風乾飼料中 TDN および粗タンパク質の養分要求量を充足し，アミノ酸，ミネラル，ビタミンについても要求量を満たすように各原料の配合割合を決定した（表 4-1）。各飼料は乾物重量が 22%となるように加水し，リキッド状飼料として給与した。対照区の飼料は主なタンパク源として大豆粕を配合したが，酵母区の飼料は大豆粕の全量を液状ビール酵母で代替し，各区の平均体重が約 80kg となった時点から飼料の給与を開始し，約 115kg に到達した時点で終了とした。試験飼料は一日二回（朝と午後），ほぼ飽食となるように供給した。飲水はウォーターピックによる自由飲水とした。

2-2. 飼料中の脂肪酸組成

液状ビール酵母，大豆粕，対照区および酵母区の飼料に含まれる脂肪酸組成は，外注により，ミリスチン酸，パルミチン酸，パルミトレイン酸，ステアリン酸，オレイン酸，リノール酸およびリノレン酸の割合をガスクロマトグラフにより測定した。

2-3. 発育調査

発育調査は、日増体量および原物飼料摂取量、乾物飼料摂取量、飼料要求率を調査した。ロース断面積は、と畜前日に体長の 1/2 部位における左胸最長筋について、超音波画像診断装置 (Convex Scanner HS-2000, 株式会社本多電子, 愛知) を用いて測定し、画像解析ソフトウェア (Image J ver1.45; ABRAMOFF *et al*, 2004) を使用して解析した。

2-4. 肉質調査

供試豚は発育調査終了後に屠畜を行い、約 1 日間 3.5℃ の冷蔵庫で放冷した後、各区から去勢雄 2 頭、雌 1 頭を無作為に選択し、屠体右側の第 5-6 胸椎間から頭側約 3cm の胸最長筋をサンプリングした。また、各区の全頭から同部位の皮下脂肪内層をサンプリングし、肉質調査の材料とした。ドリップロス、加熱損失、圧搾肉汁率、伸展率およびチオバルビツール酸価 (TBARS) 値は胸最長筋を、脂肪融点および脂肪酸組成は皮下脂肪内層を用いて測定した。

ドリップロス、加熱損失、圧搾肉汁率、伸展率は、第 3 章と同様の方法により測定した。ただし、ドリップロスの保存期間は 4 日間とした。胸最長筋中の TBARS 値は、肉質調査と同じ個体の胸最長筋を用いて分析を行った。胸最長筋中の TBARS 値は、各試料を 2×2×2cm の立方体に整形し、4℃ で 4 日間保存した後に OHKAWA *et al* (1979) の方法により測定した。すなわち、胸最長筋に 1.15% 塩化カリウム水溶液を加えてホモジナイズして得た 10%(w/v) ホモジネート 0.16ml に、20% 酢酸溶液 (pH3.5) 0.3ml, 8.1% ドデシル硫酸ナトリウム溶液 0.04ml, 0.8% チオバルビツール酸溶液 0.3ml を混合し、95℃ で 60 分間加熱した。冷却後、n-ブタノール-ピリジン (15:1) 混合液 1ml, 蒸留水 0.2ml を加えて激しく攪拌した。1600 ×g, 10 分間遠心した後に上層を回収し、532nm の吸光度を測定した。なお、標準物質はテトラメトキシプロパンを用い、胸最長筋中の TBARS 値は、胸最長筋 1g 当たりのマロンジアルデ

ヒド当量として表した。

脂肪融点は食肉の理化学分析マニュアル（独立行政法人 家畜改良センター，2010）を参考とし，105℃で4時間加熱して抽出した脂肪を上昇融点法により測定した。脂肪酸組成は，脂肪をクロロホルム・メタノール混液（2:1）（FOLCH *et al*, 1957）で抽出し，メタノール-KOHでメチルエステル化した（ICHIHARA *et al*, 1996）。キャピラリーカラム（DB-23，アジレント・テクノロジー，東京）を装着したガスクロマトグラフ（HP5890，ヒューレット・パッカード，カリフォルニア，アメリカ合衆国）を用いて，7種（ミリスチン酸，パルミチン酸，パルミトレイン酸，ステアリン酸，オレイン酸，リノール酸およびリノレン酸）の脂肪酸組成を測定した。

2-5. 統計処理

得られたデータは，EZR on R commander ver.1.54（KANDA，2013）を用いてt検定を行った。得られた結果は， $P < 0.05$ の時に有意な差が認められると判断し， $P < 0.1$ の時に傾向があると判断した。

3. 結果および考察

3-1. 飼料中の脂肪酸組成

液状ビール酵母，大豆粕，対照区および酵母区の飼料に含まれる脂肪酸組成を表4-2に示した。液状ビール酵母に含まれる不飽和脂肪酸のうち，パルミトレイン酸の割合が最も高く（20.1%），次いでオレイン酸，リノール酸およびリノレン酸（それぞれ10.4%，10.3%，および2.3%）の順に高かった。液状ビール酵母と大豆粕の脂肪酸組成は大きく異なり，特にリノール酸含量は，大豆粕が54.0%であるのに対し，液状ビール酵母は10.3%と大きく異なった。対照区および酵母区の飼料の脂肪酸組成では，リノール酸およびリノレン酸の含量は，対照区飼料よりも酵母区飼料の方が低かった。

3-2. 発育成績

発育調査の結果を表 4-3 に示した。日増体量，飼料摂取量および飼料要求率は，各区間に有意差はみられなかった。WHITE *et al* (2002) は，乾燥ビール酵母を 3% 添加した飼料を離乳子豚に給与すると，飼料摂取量および日増体量が低下したと報告している。本研究の酵母区では，肥育後期豚に液状ビール酵母を 15% 配合した飼料を給与したが，WHITE *et al* (2002) の報告よりも高い割合のビール酵母を給与したにもかかわらず，対照区と比較して飼料摂取量および日増体量に差はみられなかった。本研究で対象とした肥育後期豚は，WHITE *et al* (2002) が供試した離乳子豚と比較してかなり月齢の高い豚であった。豚においては，月齢によって嗜好性が異なることが多々報告されており，供試豚の月齢の違いが原因である可能性が考えられる。

また，本研究で使用された液状ビール酵母には約 4% のエタノールが含まれており，エタノール含量が飼料摂取量に影響を与える可能性が考えられた。第 2 章で述べたように，日本酒粕を飼料中に 20% 添加し，エタノール含量を 1.45% とした飼料では，豚の嗜好性は向上した。本章で供試した酵母区のエタノール濃度は 0.65% となり，第 2 章において日本酒粕を 20% 添加した飼料の半分以下と低いため，豚の飼料摂取量に影響を与えるほどのエタノール濃度ではなかったと考えられる。第 2 章の日本酒粕の給与試験では，50 分あたりの給与時間であるが，今回の試験はほぼ飽食状態であり，1 日当たりのエタノール摂取量も考慮する必要がある。本章における酵母区の 1 日当たりのエタノール摂取量は，86g/日となる。第 2 章で述べたように，勝俣らがエタノール濃度 0.42% の飼料を給与した試験では 53g/日であり，本試験の方が 6 割程度高い摂取量であった。これらの結果から飼料中のエタノール濃度が 0.65% 程度で，かつ 1 日のエタノール摂取量が 86g/日までであれば，飼料摂取量には影響を及ぼさず，豚に給与できると考えられた。

酵母区におけるロース断面積は，対照区と差はみられなかった（表 4-3）。SREEPARVATHY *et al* (2012) は飼料中の大豆粕の 5%を乾燥ビール酵母で代替した飼料を，離乳から体重 70kg までの肥育豚に給与したところ，ロース断面積には影響を与えなかったと報告している。また，SPARK *et al* (2005) は，飼料中の大豆ミールの 60%をホエー酵母で代替した飼料を離乳子豚に給与すると，窒素消化率にプラスの効果をもたらしたと報告している。今回の研究では液状ビール酵母の消化率は測定していないが，発育に関連する悪影響はみられず，ロース断面積も対照区と差はみられなかった。以上の結果から，飼料中の大豆粕のほぼ全量を液状ビール酵母で代替しても，豚の発育には悪影響を及ぼさないと考えられた。

3-3. 肉質成績

肉質調査の結果を表 4-4 に示した。ドリップロス，加熱損失，圧搾肉汁率，伸展率および TBARS 値に差はみられなかった。ビールには抗酸化物質である種々のポリフェノールが含まれていることに加え(本間と徳田, 2014; VIEIRA *et al*, 2016)，ビール酵母にはグルタチオン (GSH) が含まれており (PODPORA *et al*, 2015)，これらは生体内における重要な抗酸化物質となる (渡辺と平竹, 2015)。RICHIE *et al* (2013) は，ヒトにおけるグルタチオンの経口摂取によって，細胞中のグルタチオン濃度が増加したことを報告している。豚に対して抗酸化物質であるカテキンを給与した研究では，TBARS 値の抑制効果は 6 週間の給与ではみられなかったが (三津本ら, 2006)，8 週間の給与では認められたと報告されている (三津本ら, 2003)。これらの結果から，抗酸化物質による脂質酸化の抑制効果を得るには，より長期間の給与が必要となる可能性があり，豚に対してより長期間にわたって液状ビール酵母を給与することで，TBARS 値を測定する必要があると考えられる。

皮下脂肪内層における脂肪融点は，酵母区では 41.5℃と対照区の 38.6℃

に比べ高かった。また、リノール酸の割合は、酵母区では 8.5%と対照区の 9.8%に比べ低く ($P < 0.05$)、リノレン酸の割合は、酵母区では 0.5%と対照区の 0.6%に比べ低かった ($P < 0.05$)。液状ビール酵母に含まれるリノール酸とリノレン酸の割合はそれぞれ 10.5%と 2.3%であり、大豆粕(それぞれ 54.0%と 7.1%)と比較して低いため、大豆粕のほぼ全量を液状ビール酵母で代替した酵母区の飼料に含まれるリノール酸とリノレン酸の割合(それぞれ 43.3%と 1.7%)も、対照区の飼料より低かった(それぞれ 46.2%と 1.9%)。飼料中の多価不飽和脂肪酸は、豚の皮下脂肪に選択的に蓄積される(入江, 1989)。また、芦原ら(2011)は飼料中に大豆油を添加する代わりにチョコレートを添加した飼料では、飼料中のリノール酸およびリノレン酸の含量は低くなり、それらの飼料を肥育豚に給与した結果、皮下脂肪内層のリノール酸およびリノレン酸の含量が低下したことを報告している。本研究においても、飼料中のリノール酸およびリノレン酸の含量が低い酵母区の飼料を給与した豚の方が、皮下脂肪のリノール酸とリノレン酸の割合が低くなったと考えられた。

皮下脂肪の脂肪融点は、パルミチン酸およびステアリン酸の含量との間には正の相関があり(大武, 1983)、リノール酸含量との間に負の相関がある(WOOD *et al*, 1978)など、おおむね飽和脂肪酸の割合が高くなると融点は高く、不飽和脂肪酸の割合が高くなると融点は低くなる(日本養豚学会, 2019)など、種々の脂肪酸の影響を受ける。リノール酸およびリノレン酸などの多価不飽和脂肪酸は特に融点が低く、本研究の酵母区においても、リノール酸およびリノレン酸の割合が低下したことによって、脂肪融点が上昇したと考えられた。

本節の結果から、肥育豚に対して体重約 80kg から 115kg までの間、大豆粕の代替として液状ビール酵母を 15%配合した飼料を給与しても、発育および肉質には悪影響を与えず、皮下脂肪のリノール酸およびリノレン酸の割合が低下することが示唆された。本節の結果は、ごく短期間における給与試験で

あったため、今後はさらに長期間にわたって液状ビール酵母の給与を行い、肉質や官能評価に与える影響を含む検討が必要と考えられる。

表 4-1 試験飼料の配合割合 (%重量比)

	対照区	酵母区
二種混 ¹⁾	13.53	13.9
市販クランブル飼料 ²⁾	5.11	5.11
ふすま	2.69	2.66
脱脂米ぬか	1.02	1.02
大豆粕	2.83	0.0
液状ビール酵母	0.0	15.0
L-塩酸リジン	0.02	0.0
第三リン酸カルシウム	0.05	0.05
炭酸カルシウム	0.17	0.21
食塩	0.06	0.06
プレミックス	0.07	0.07
水	74.45	61.89
可消化養分総量 ³⁾	75.0	75.0
粗蛋白 ³⁾	15.1	15.1
エタノール ⁴⁾	0.0	0.65

(Suzuki *et al*, 2019)

1) トウモロコシ 98%+魚粉(60% CP)2%

2) 粗タンパク:14.5%, 可消化養分総量:77%, 原材料:穀類:59%, 植物性油
かす類:22%, そうこう類:6%, その他:13%).

3) 風乾物当量としての計算値

4) 原物当量としての計算値

表 4-2 大豆粕と液状ビール酵母および供試飼料の脂肪酸組成 (%)

	大豆粕	液状 ビール酵母	供試飼料	
			対照区	酵母区
カブリン酸	0.0	10.3	0.0	0.5
ミリスチン酸	0.1	0.4	0.2	0.2
パルミチン酸	21.4	33.4	19.0	20.1
パルミトレイン酸	0.1	20.1	0.4	1.9
ステアリン酸	4.6	10.2	2.9	3.7
オレイン酸	12.0	10.4	27.3	26.7
リノール酸	54.0	10.3	46.2	43.3
リノレン酸	7.1	2.3	1.9	1.7
その他	0.7	2.6	2.1	1.9

(Suzuki *et al*, 2019)

表 4-3 発育成績

	対照区	酵母区
日増体量 (g/日)	958 ± 29	980 ± 58
原物飼料摂取量 (kg/日)	13.25 ± 0.07	13.17 ± 0.14
乾物飼料摂取量 (kg/日)	2.92 ± 0.02	2.90 ± 0.03
乾物飼料要求率	3.05 ± 0.14	2.97 ± 0.14
ロース芯断面積 (cm ²)	37.5 ± 0.3	38.4 ± 1.4

(Suzuki *et al*, 2019)

平均値 ± 標準誤差 (n=3, 日増体量およびロース芯断面積のみ n=6)

表 4-4 肉質成績

	対照区	酵母区
ドロップロス (%)	4.7±0.5	4.6±0.8
加熱損失 (%)	29.1±0.9	28.9±0.1
圧搾肉汁率 (%)	44.0±1.0	45.3±1.8
伸展率 (cm ² /g)	24.5±1.4	23.7±1.2
TBARS 値	18.0±1.2	15.5±1.6
脂肪融点 (°C)	38.6±1.1 ^a	41.5±0.6 ^b
脂肪酸組成 (%)		
ミリスチン酸	1.1±0.1	1.2±0.1
パルミチン酸	25.9±0.7	26.3±0.7
パルミトレイン酸	1.6±0.1	1.6±0.1
ステアリン酸	17.9±0.6	18.8±0.5
オレイン酸	43.1±0.9	43.1±0.6
リノール酸	9.8±0.4 ^a	8.5±0.4 ^b
リノレン酸	0.6±0.0 ^a	0.5±0.0 ^b

(Suzuki *et al*, 2019)

平均値±標準誤差 (n=3, 脂肪融点および脂肪酸組成は n=6)

ab 異なる文字間に有意差あり ($P<0.05$)

第 2 節 液状ビール酵母の給与が肥育豚の抗酸化活性に及ぼす影響

1. 緒言

第 1 節では，体重約 80kg～115kg の肥育豚に，大豆粕の代替として液状ビール酵母を重量比で 15%配合した飼料を約 1 か月間給与した。その結果，液状ビール酵母の給与によって，豚の皮下脂肪内層におけるリノール酸およびリノレン酸の割合が低下し，脂肪融点が上昇したことを除いては，液状ビール酵母を給与しても豚の発育や肉質に影響を及ぼさず，液状ビール酵母は養豚飼料として利用可能であることを報告した。

液状ビール酵母には，種々のポリフェノールやグルタチオンなどの抗酸化物質が含まれている（本間と徳田，2014；VIEIRA *et al*，2016；PODPORA *et al*，2015）。豚肉の酸化は，風味，色，食感，栄養価および外観の低下をもたらすため（入江，2002；KANNER，1994），豚肉の酸化を抑制することを目的に，そのために肥育豚に対してカテキンの給与や（MASON *et al*，2005），ビタミン E の給与（LAHUCKY *et al*，2007）など，数多くの研究が行われている（ALARCON-ROJO *et al*，2013；祐森ら，2014）。また，夏季における暑熱ストレスは，酸化ストレスを高め家畜の生産性を低下させることが知られており（芦原ら，2014；BRESTENSKÝ *et al*；2012；KOKETSU，2000），肥育豚および繁殖豚への抗酸化物質の供給は，これらのストレスを緩和することが期待される（松本ら，2012；PEÑA *et al*，2019；XU *et al*，2018）。第 1 節の結果では，脂質酸化の指標として測定した胸最長筋中の TBARS 値は，平均値としては酵母区の方が低い値を示したものの，有意な差はみられなかった。第 1 節における液状ビール酵母の給与期間は，約 1 か月という短期間であった。豚に対して抗酸化物質であるカテキンを給与した研究では，TBARS 値の抑制効果は 6 週間の給与ではみられなかったが（三津本ら，2006），8 週間の給与では認められたと報告されている（三津本ら，2003）。これらの結果から，抗

酸化物質による脂質酸化の抑制効果を得るには、より長期間の給与が必要となる可能性がある。

液状ビール酵母が肥育豚におけるタンパク源となることに加え、豚への給与によって抗酸化活性が認められれば、暑熱下の酸化ストレスの緩和や豚肉における酸化の抑制などに有用である。しかし、これまでに肥育豚に液状ビール酵母を2か月間にわたって給与した報告はない。そこで本研究では、体重約50kg以降の肥育豚に対する約2か月間の液状ビール酵母の給与が発育および肉質、並びに血漿中および胸最長筋中のTBARS値に及ぼす影響について調査した。

2. 材料および方法

2-1. 飼料の設計と供試豚の取扱い

供試豚は平均体重が約50kgの三元交雑種(大ヨークシャー種×ランドレース種×デュロック種)12頭を用い、各群とも平均体重が均等になるように雌1頭、去勢雄1頭を配置した。試験区分は守口漬残さ無添加の対照区、同残さを添加した守口漬区の2区とし、各区とも3群ずつ供試した。各区の飼料設計は、第1節と同様に対照区の飼料は主なタンパク源として大豆粕を配合したが、液状ビール酵母区の飼料は大豆粕のほぼ全量を液状ビール酵母で代替し、リキッド飼料として給与した。各区の平均体重が約50kgとなった時点から肥育前期飼料の給与を開始し、約70kgになった時点で飼料を切り替え、約110kgに到達した時点で終了とした。試験飼料は一日二回(朝と午後)、ほぼ飽食となるように供給し、飲水はウォーターピックによる自由飲水とした。

2-2. 発育成績および肉質調査

発育調査は、日増体量および飼料摂取量、飼料要求率を調査した。各区からは去勢雄2頭、雌1頭を無作為に選択し、屠体右側の第5-6胸椎間から頭

側約 3cm の胸最長筋と皮下脂肪内層をサンプリングし、肉質調査の材料とした。ドリップロス、加熱損失、圧搾肉汁率および伸展率は胸最長筋を、脂肪融点および脂肪酸組成は皮下脂肪内層を用いて測定した。

ドリップロス、加熱損失、圧搾肉汁率、伸展率は、第 1 節と同様の方法により測定した。胸最長筋中の TBARS 値は、肉質調査と同じ個体の胸最長筋を用いて分析を行った。胸最長筋中の TBARS 値は、各試料を 2×2×2cm の立方体に整形し、3℃で 7 日間保存した後に、第 4 章第一節と同様の方法により測定した。また、皮下脂肪内層の脂肪融点および脂肪酸組成は、第 1 節と同様の方法により測定した。

2-3. 飼料中の総 GSH 含有量およびポリフェノール含有量の測定

本研究における GSH 含有量は、還元型 GSH のほか、酸化型 GSH (GSSG) やグルタチオン抱合体を含む総 GSH 含有量を測定した。飼料中の総 GSH 含有量は ANDERSON (1985) の方法を参考にして測定した。ANDERSON (1985) は、1ml 容量のキュベットを用いて吸光度を測定しているが、本研究では 96well プレートを用いて測定したため、溶液の量を調整して分析した。すなわち、飼料 5g に 5%スルホサリチル酸 25ml を加えてホモジナイズし、遠心分離 (10000g×5 分, 4℃) した上清を試料とした。試料 5 μ l, NADPH 液 (143mM リン酸ナトリウムおよび 6.3 mM Na₄-EDTA 緩衝液に NADPH を 0.248mg/ml の濃度に溶解した溶液) 140 μ l, 6mM 5,5'-ジチオビス (2-ニトロ安息香酸) 溶液 20 μ l, 蒸留水 35 μ l を 96well プレートで混和し 30℃で加温した。グルタチオンレダクターゼ液 (20unit/ml) を 10 μ l 加えて混和後、405nm の吸光度を測定し、1 分当たりの 405nm の吸光度変化を算出した。飼料中の総ポリフェノール含有量は、外注により分析を依頼し、Folin-Denis 法を用いてタンニン酸を標準物質として測定した。

2-4. 血漿中および胸最長筋における TBARS 値の測定

血漿中の TBARS 値は、試験開始時および終了時、その中間である試験開始後約 0, 4 および 8 週間後に測定した。採血は供試した豚の全頭から行い、血液は常温でヘパリン入りの真空採血管に移し、速やかに遠心分離（2000g×10分、4℃）した。得られた血漿は 4℃で保存し、当日中に血漿中の TBARS 値を第 3 章と同様の方法で測定した。胸最長筋中の TBARS 値は、肉質調査と同じ個体の胸最長筋を用いて第一節と同様の方法で分析を行った。

2-5. 官能評価試験

官能評価試験は、愛知県農業総合試験場の職員 30 人をパネリストとして実施した。試料は対照区および 12%区の雌豚を各 1 頭無作為に選択し、それぞれ枝肉の右側の胸最長筋を厚さ 2mm にスライスし、-20℃で保存した。官能評価試験の前日に 3℃で 1 日解凍し、皮下脂肪内層を 1cm 付けた状態で 4cm×4cm×2mm となるように成型した。各検体は調味せずに、200℃の IH ホットプレート（KZ-HP1100-K、パナソニック株式会社、大阪）で片面 40 秒ずつ加熱調理した後、すぐにパネリストに提示した。各検体は、盲検とするために 3 桁のランダムコードを付けた紙皿に乗せた状態で同時に提示し、香り、味、柔らかさ、ジューシーさおよび全体的な好ましさについて、2 点比較法による官能評価を実施した。

2-6. 統計処理

得られたデータは t 検定を行い、 $P < 0.05$ となった場合に有意差あり、 $P < 0.1$ となった場合に傾向があるとして取り扱った。

3. 結果および考察

3-1. 発育および肉質成績

発育および肉質調査の結果を表 4-6, 4-7 に示した。発育成績および胸最長筋の肉質成績については、いずれの調査項目についても各区間に有意な差はみられなかった。第一節では、体重約 80kg から 115kg までの肥育豚に対して液状ビール酵母を 15%配合した飼料を給与した結果、発育および肉質成績は対照区と酵母区との間に差はないことを報告した。本研究は体重約 50kg から 110kg までの肥育豚に、第 1 節より長期間に渡って液状ビール酵母を給与したが、発育および肉質成績に影響を与えない可能性が示唆された。

皮下脂肪内層における脂肪融点および脂肪酸組成を表 4-7 に示した。皮下脂肪内層におけるリノール酸の割合は、酵母区では 8.4%と対照区の 10.7%に比べ有意に低く ($P < 0.05$)、皮下脂肪内層におけるリノレン酸の割合は、液状ビール酵母区では 0.4%と対照区の 0.6%に比べ低い傾向がみられた ($P < 0.10$)。脂肪酸組成の結果は、第 1 節の結果とおおむね一致すると考えられた。

3-2. 血漿中および胸最長筋中の TBARS 値

血漿中および胸最長筋中の TBARS 値の結果を表 4-8 に示した。血漿中の TBARS 値は、試験開始時および 4 週間後では各区間に差はみられなかったが、8 週間後では対照区が 2.5nmol MDA/ml、酵母区が 1.9nmol MDA/ml と酵母区の方が低い傾向がみられた ($P < 0.10$)。また、保存 7 日目における胸最長筋の TBARS 値は対照区が 17.6nmol MDA/g、酵母区が 12.4nmol MDA/g と酵母区の方が有意に低くなった ($P < 0.05$)。

本研究で給与した液状ビール酵母には、抗酸化物質であるポリフェノールが含まれている。ラットに対して、ポリフェノールを含むビールを 4 週間摂取させた研究では、血漿中における過酸化脂質の生成が抑制されることが報

告されている（近藤，2003）。豚に対してポリフェノールを給与した際の抗酸化活性および TBARS 値への影響については，WANG *et al* (2019) がブドウ種子由来のポリフェノールを繁殖母豚に給与した結果，血清中のスーパーオキシドディスムターゼやグルタチオンペルオキシダーゼ (GPx) といった抗酸化活性が高くなることを報告している。さらに，三津本ら (2003) は茶ポリフェノール (カテキン) を肥育豚に給与した結果，胸最長筋中の TBARS 値が低下したことを，ZHANG *et al* (2014) は植物由来のポリフェノールを離乳子豚に給与したところ，血漿中の TBARS の測定で生成される MDA 濃度が低下したことを報告している。本研究で給与した飼料中のポリフェノール含有量は，液状ビール酵母区では肥育前期 140mg/100g，肥育後期 150mg/100g と対照区（肥育前期 120mg/100g，肥育後期 120mg/100g）に比べて多かった（表 4-5）。本研究においても，液状ビール酵母に含まれるポリフェノールによって，液状ビール酵母区では対照区と比べ血漿中および胸最長筋中の TBARS 値が低くなった可能性が考えられた。

一方，液状ビール酵母にはポリフェノールのほか，抗酸化物質である GSH も含まれている。本研究で給与した飼料中に含まれる総 GSH 含有量は，液状ビール酵母区では肥育前期 4.3mg/100g，肥育後期 4.2mg/100g と対照区（肥育前期 1.8mg/100g，肥育後期 1.7mg/100g）に比べて多かった（表 4-5）。豚の血漿中や胸最長筋に含まれるリノール酸やリノレン酸は，多価不飽和脂肪酸であり酸化されやすく過酸化脂質を生成する（佐二木，1993）。これに対し，還元型 GSH は GPx の基質となり，自身は GSSG となることで過酸化脂質を還元する（WU *et al*, 2004）。本研究においては，総 GSH 濃度のみを測定したが，総 GSH 濃度の一定割合は還元型 GSH である可能性が考えられる。そのため，液状ビール酵母に含まれるポリフェノールに加えて GSH も，液状ビール酵母区における血漿中および胸最長筋中の TBARS 値の低下に関与した可能性が考えられるが，この点については液状ビール酵母に含まれる還元型 GSH を

定量するなど、今後詳細な検討が必要と考える。

3-3. 官能評価試験

官能評価試験の結果を図 4-1 に示した。味，柔らかさ，ジューシーさおよび全体的な好ましさについては，各区間に有意な差はみられなかった。香りについては，対照区に比べ酵母区の方が好まれる傾向がみられた ($P < 0.1$)。皮下脂肪内層におけるリノール酸含量は，酵母区 (8.7%) では対照区 (10.7%) と比べて有意に低く，リノレン酸割合は酵母区 (0.4%) では対照区 (0.6%) に比べ低くなる傾向がみられた。また，冷蔵保存 7 日目における胸最長筋の TBARS 値は対照区 (17.6nmol MDA/g) と比べ，酵母区 (12.4nmol MDA/g) の方が有意に低くなった。リノール酸およびリノレン酸は，その分子内に複数の二重結合を含むために酸化されやすい脂肪酸であり，これらの脂肪酸含量が多い豚肉では，加熱調理時に香りの評価が低下するとした報告 (MYER *et al*, 1992) が多々見られる。また，TBARS は主にアルデヒド系化合物で構成される脂肪酸分解産物で，脂質酸化の指標となる物質であり，加熱豚肉においては官能評価スコアと TBARS 値との間に負の相関があることが報告されている (SHAHIDI *et al*, 1987)。一方で，TBARS の大部分は加熱調理時に生成されるものであり，生肉と加熱豚肉との相関はみられないとも報告されている (千国ら，2002)。本試験において，対照区と比べ酵母区で香りが好まれた要因としては，リノール酸およびリノレン酸といった多価不飽和脂肪酸の含量が低下したことに加え，脂質の酸化が少なかったことによる可能性が考えられる。ただし，本試験における TBARS 値は生肉の状態での測定であるため，加熱調理後においても TBARS 値を測定するなどの方法により，液状ビール酵母を給与して生産された豚肉への影響を調査する必要がある。

本節の結果から，肥育豚に対して体重約 50kg から 110kg まで約 8 週間にわたって液状ビール酵母を 15%配合した飼料を給与することは，発育および

肉質には悪影響を与えず，血漿中および胸最長筋中の脂質過酸化を抑制するとともに，官能評価において香りの改善する可能性が示された。

表 4-5 試験飼料の配合割合

	体重 50-70kg		体重 70-110kg	
	対照区	酵母区	対照区	酵母区
二種混 ¹⁾	18.03	17.90	18.41	18.32
ふすま	1.02	1.02	1.02	1.02
脱脂米ぬか	2.69	2.62	3.08	2.94
大豆粕	3.26	0.70	2.53	0.00
液状ビール酵母	0.00	15.00	0.00	15.00
L-塩酸リジン	0.02	0.03	0.00	0.01
第三リン酸カルシウム	0.06	0.07	0.05	0.05
炭酸カルシウム	0.22	0.22	0.23	0.25
食塩	0.08	0.08	0.08	0.08
プレミックス	0.09	0.09	0.09	0.09
水	74.53	62.27	74.51	62.25
粗蛋白 ²⁾	14.5	14.5	13.5	13.5
総グルタチオン ³⁾ (mg/100g)	1.8	4.3	1.7	4.2
ポリフェノール ³⁾ (mg/100g)	120	140	120	150

1) トウモロコシ 98%+魚粉(60% CP)2%

(鈴木ら, 2021b)

2) 風乾物当量としての計算値

3) 乾物当量としての分析値

表 4-6 発育調査の結果

	対照区	酵母区
日増体量 (g/日)	956 ± 22	985 ± 30
原物飼料摂取量 (kg/日)	13.26 ± 0.07	13.03 ± 0.12
乾物飼料摂取量 (kg/日)	2.92 ± 0.02	2.87 ± 0.03
乾物飼料要求率	3.05 ± 0.07	2.92 ± 0.11

平均値 ± 標準誤差 (n=3, 日増体量のみ n=6) (鈴木ら, 2021b)

表 4-7 肉質調査の結果

	対照区	酵母区
ドロップロス (%)	7.2±0.9	6.7±0.6
加熱損失 (%)	27.5±0.8	28.1±1.0
圧搾肉汁率 (%)	47.3±0.7	47.0±1.9
伸展率 (cm ² /g)	33.1±1.1	34.7±1.8
脂肪融点 (°C)	38.1±1.1	41.0±1.4
脂肪酸組成 (%)		
ミリスチン酸	1.4±0.1	1.5±0.0
パルミチン酸	26.9±0.4	27.3±0.2
パルミトレイン酸	2.2±0.1	2.0±0.7
ステアリン酸	16.6±0.2	18.3±0.7
オレイン酸	41.8±0.5	41.8±0.4
リノール酸	10.7±0.5 ^a	8.7±0.1 ^b
リノレン酸	0.6±0.0 ^a	0.4±0.0 ^b

平均値±標準誤差 (n=3) (鈴木ら, 2021b)

ab 異なる文字間に有意差あり ($P<0.05$)

表 4-8 液状ビール酵母の給与が肥育豚の血漿中および胸最長筋中のチオバルビツール酸値に及ぼす影響

	対照区	酵母区
胸最長筋 (nmol MDA/g) ¹⁾	17.6±1.5 ^a	12.4±0.6 ^b
血漿 (nmol MDA/ml) ²⁾		
0 週目	2.5±0.1	2.4±0.0
4 週目	2.5±0.1	2.3±0.1
8 週目	2.5±0.2	1.9±0.2 [†]

(鈴木ら, 2021b)

平均値±標準誤差 (n=3, 血漿中 TBARS 値は n=6)

1) 胸最長筋を 3°C で 7 日間保存した後の TBARS 値

2) 試験飼料を給与後, 約 0, 4, 8 後の血漿中の TBARS 値

ab 異なる文字間に有意差あり ($P < 0.05$)

† 対照区および酵母区との間に傾向あり ($P < 0.10$)

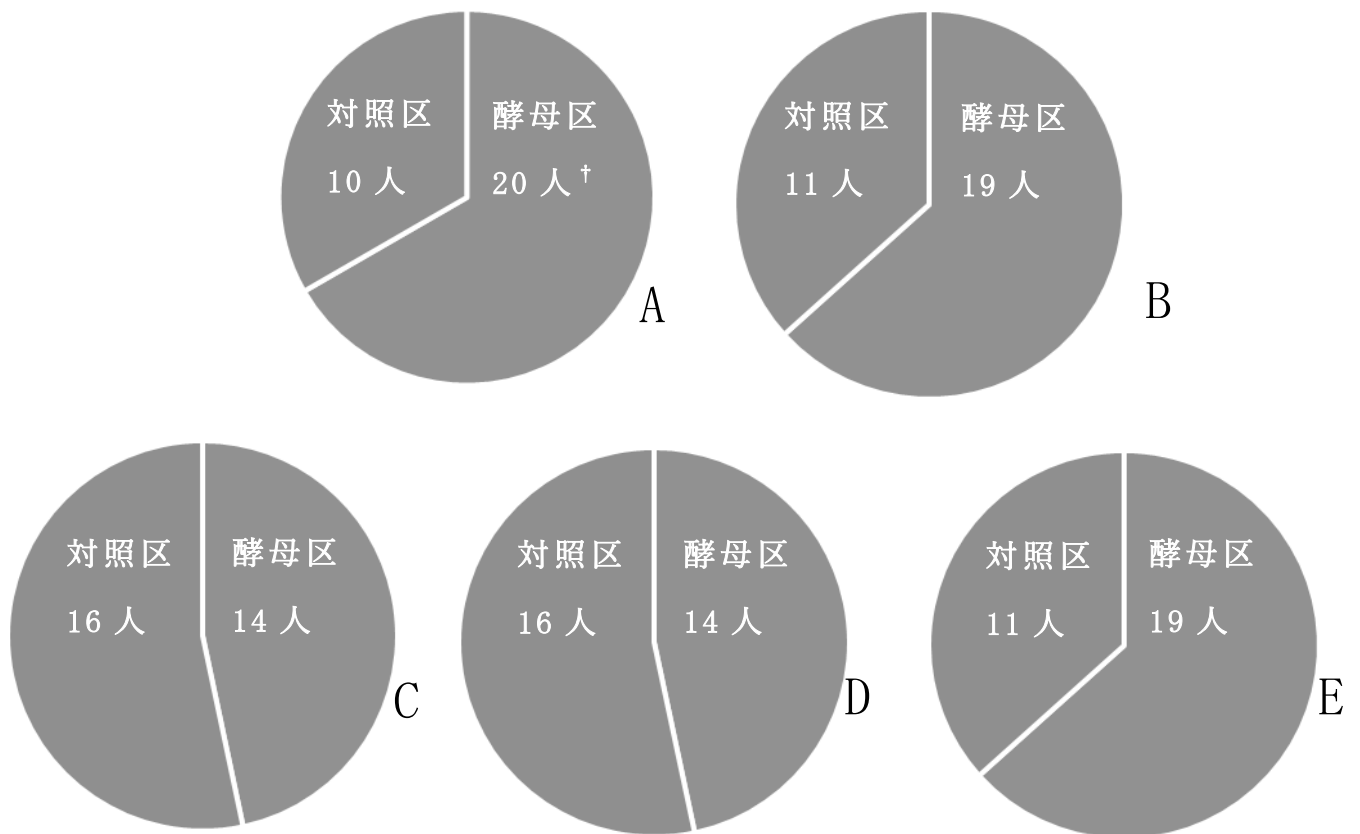


図 4-1 液状ビール酵母の給与試験における官能評価試験の結果 (鈴木ら, 2023a)

A 香り, B 味, C 柔らかさ, D ジューシーさ, E 総合的な好ましさ

† : 対照区及び酵母区との間に傾向あり ($P < 0.1$)

第 5 章 本研究で得られた知見および飼料自給率の向上に対する貢献

わが国における養豚飼料の飼料自給率は 25%と低く、飼料自給率の向上は喫緊の課題となっている。(農林水産省, 2022d) 飼料自給率を高めるための取組の一つとして、食品廃棄物等の飼料利用が挙げられる。日本では平成 13 年に食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律(食品リサイクル法)が施行され、食品廃棄物の飼料利用が推進されてきた(義村, 2002)。しかし、2019 年度では、約 1,756 万トンの食品廃棄物が発生しているものの、飼料として再利用されている量は約 919 万トンであり(農林水産省, 2020f)、更なる未利用資源の活用が期待できるものと考えられる。そこで、本研究では、愛知県で排出される食品製造副産物である日本酒粕、守口漬残さおよび液状ビール酵母を対象として、養豚飼料としての利用性を検討した。

5-1. 本研究で得られた知見

第 1 章では、愛知県内で排出される日本酒粕、守口漬残さ、液状ビール酵母の 3 種類の食品製造副産物を対象に、栄養成分を測定し、飼料としての利用可能性を検討した。日本酒粕はタンパク源に加えてエネルギー源としても活用できるため、飼料の一部を代替するような使い方ができる。液状ビール酵母はタンパク質源として、大豆粕の代替として活用できる可能性がある。守口漬残さは、タンパクおよび可溶無窒素物ともに飼養標準の値より 2 割程度低いが、飼料の一部を代替することで、ある程度の足しになると考えられる。

そこで、第 2 章では、日本酒粕の飼料利用を検討するため、好気性条件での日本酒粕の保存温度に伴う保存性を検討するとともに、保存日数が異なる日本酒粕の飼料への添加割合が肥育豚の嗜好性に及ぼす影響について検討した。日本酒粕を好気性条件下で 10℃, 20℃, 30℃および常温(25~31℃)で

保存し、0, 3, 7, 14 日目の pH, 乳酸, 酢酸, プロピオン酸, 酪酸およびエタノール含量を測定したが、保存期間に伴うこれらの含量に大きな変化はみられなかった。また、嗜好性については、保存なしと、常温で 3, 7, 14 日間保存した日本酒粕を乾物割合で 0%, 5%, 10%, 15%, 20%となるように基礎飼料に添加した各保存日数で 5 種類の飼料を用いて、日本酒粕添加割合の嗜好性に対する影響について検討した。その結果、各保存日数ともに、無添加, 5%添加, 10%添加に比べ 15%添加及び 20%添加で有意に飼料摂取量が高まった。これらの結果から、日本酒粕は好気性条件での保存であっても、保存温度 30℃以下で 14 日間までの保存であれば、保存性に大きな問題はないものと考えられた。また、豚に対する嗜好性については最大で 14 日間保存した日本酒粕であっても、5~20%の添加割合であれば、日本酒粕の添加割合が高いほどその飼料の嗜好性は向上することが示唆された。

第 3 章では、守口漬残さの飼料利用性を検討するため、肥育豚に対して、守口漬残さを最大で 12%配合した飼料を給与し、発育および肉質, 官能評価, 腸内環境に与える影響を調査した。その結果、守口漬残さの給与により、発育性に影響はないことが示唆された。また、守口漬残さを 12%配合した飼料では、豚の飲水回数が増加し、おそらく飲水量や排尿量が増加していると推測されたが、守口漬残さをリキッド飼料として給与した場合には、飲水回数の増加はみられず、排尿量にも差は無いと推測された。糞便検査では、守口漬残さを 12%配合した飼料を給与した豚では、対照区に比べ、pH が有意に低下し、腸内細菌科細菌数が減少する傾向が認められたこと、乳酸菌数が増加する傾向がみられたことから、守口漬残さの給与は肥育豚の腸内細菌環境の調整に寄与できる可能性が示唆された。さらに、肉質および官能評価では、守口漬残さを 12%配合した飼料を給与した豚では、対照区に比べ、筋肉内脂肪含量が高まり、ジューシーさおよび柔らかさが好まれる結果となった。

第 4 章では、液状ビール酵母の飼料利用性を検討するため、肥育豚に対し

て、液状ビール酵母を 15%配合した飼料を給与し、発育および肉質、官能評価、豚の血漿中および胸最長筋中への抗酸化効果に与える影響を調査した。その結果、液状ビール酵母を 15%配合した飼料を 4 週間給与した豚では、対照区と比べて、発育性には差はみられず、肉質ではリノール酸およびリノレン酸の含量が低下した。さらに、同飼料を 8 週間給与した豚では、対照区と比べて、血漿中の TBARS 値は低い傾向がみられ、冷蔵保存 7 日目における胸最長筋中の TBARS 値は、有意に低く抑えられた。以上の結果から、体重約 50kg から約 110kg までの LBY の給与は、肥育豚の発育や肉質に悪影響を与えないことが確認された。さらに、約 8 週間給与することで、血漿中および胸最長筋中の TBARS 値を抑制する可能性が示唆された。官能評価試験では、液状ビール酵母を 15%配合した飼料を 4 週間給与した豚の方が、香りが好まれる傾向がみられた。対照区と比べ酵母区で香りが好まれた要因としては、リノール酸およびリノレン酸といった多価不飽和脂肪酸の含量が低下したことに加え、脂質の酸化が少なかったことによる可能性が考えられる。

5-2. 飼料自給率の向上に対する貢献

食品製造副産物等の再生利用は飼料化が最優先とされており、2019 年度では排出された食品廃棄物等 1,756 万トンのうち、約 5 割にあたる 919 万トンが飼料として再生利用されている（農林水産省，2022f）。全国にはさらに多くの未利用の資源が存在する。日本国内では、2020 年に約 2,000 万トンの濃厚飼料が生産されている（農林水産省，2022d）。一方で、全国における日本酒粕の年間発生量は約 6.2 万トンとされている。ただし、日本酒粕には約 50%の水分が含まれているため、一般的な養豚飼料の水分含量である 13%相当（風乾物相当）に換算すると約 3.6 万トン相当となる。この全量を養豚飼料として活用できれば、濃厚飼料の自給率を約 0.18%向上することができる。また、守口漬残さの年間発生量は約 0.1 万トン（風乾物相当で 0.06 万トン）であ

り、これらの利用による濃厚飼料の自給率の向上は約 0.003%となる。ただし、全国には奈良漬などのように、守口漬と近い製法で製造される漬物があり、それらの製造過程でも漬物粕が排出される。本研究で得られた知見は、それらの漬物粕の飼料化における一助になると考えられ、さらに多くの飼料自給率向上に貢献できるものと考えられる。液状ビール酵母は、現在のところ年間約 1 万トン（風乾物相当で 0.17 万トン）排出されており、これらの利用により、濃厚飼料の自給率を約 0.008%向上することができる。愛知県におけるビール製造量は、約 18 万キロリットルであるが、全国では約 10 倍に当たる 180 万キロリットルのビールが製造されている（国税庁，2021）。全国規模では、より多くの液状ビール酵母が飼料原料として利用できる可能性があると考えられる。

今まで廃棄されてきた未利用の食品製造副産物を養豚飼料として活用することによって、飼料自給率の向上を目指す意義は大きいと考えられる。しかし、食品製造副産物を飼料として用いることによって、養豚の経営に何らかのメリットが無くては、それらの活用は進まないことも考えられる。本研究では、種々の食品製造副産物を飼料に用いることで、嗜好性の向上や肉質の向上、生産性の向上などにも貢献できることを示唆する結果が得られた。このことによって、養豚の経営にもメリットがあると考えられ、より食品製造副産物の利用の推進に貢献できると考えられる。

以上のように、愛知県には栄養成分や機能性物質の観点からも有用と考えられる食品製造副産物が多く存在する。本研究で得られた、日本酒粕および守口漬残さ、液状ビール酵母の飼料特性に関する知見は、食品製造副産物の活用が促進し、飼料自給率の向上を可能とし、高品質な豚肉の生産にも貢献できるものとする。

参考文献

- ABRAMOFF, M.D., P.J. MAGALHAES and S.J. RAM : 2004, Image processing with ImageJ, *Biophotonics Intern.*, 11, 36-42.
- ALARCON-ROJO, A.D., E. PEÑA-GONZALEZ, H. JANACUA-VIDALES, V. SANTANA and J.A. ORTEGA : 2013, Meat quality and lipid oxidation of pork after dietary supplementation with oregano essential oil, *World Appl. Sci. J*, 21, 665-673.
- ANDERSON, M.E. : 1985, Determination of glutathione and glutathione disulfide in biological samples, *Methods in Enzymology*, 105, 548-555.
- 新垣裕子・村田美里・高橋圭二・細野真司・脇 雅之 : 2014, 醤油粕 5%の配合が肥育後期豚の発育・肉質に及ぼす影響, *千葉畜セ研報*, 14, 23-29.
- 芦原 茜, 大森 英之, 小橋 有里, 田島 清, 佐々木 啓介, 本山 三知代, 川島知之 : 2011, 発酵リキッド飼料へのチョコレート添加が肥育豚の発育および肉質に及ぼす影響, *日豚会誌*, 48, 47-57.
- 芦原 茜・石田藍子・京谷隆侍・勝俣昌也 : 2014, 暑熱環境下におけるグルコースおよび多糖類分解性酵素の給与が肥育豚の発育成績, 飼料の消化率および酸化ストレスに及ぼす影響, *日豚会誌*, 51, 63-67.
- BRESTENSKÝ, M., J. HEGER, S. NITRAYOVÁ and P. PATRÁŠ : 2012, Total tract digestibility of nitrogen in pigs exposed to high environmental temperature, *J Anim Sci*, 90, 101-103.
- CASTELL A.G., CLIPLEF R.L., POSTE-FLYNN L.M., BUTLER G.: 1994, Performance, carcass and pork characteristics of castrates and gilts self-fed diets differing in protein content and lysine:energy ratio, *Can. J. Anim. Sci.*, 74, 519-528.
- CHITTAVONG, M., A. JANSSON and J.E., LINDBERG : 2013, Effects of

high dietary sodium chloride content on performance and sodium and potassium balance in growing pigs, *Trop. Anim. Health Prod.*, 45, 1477-1483.

千国幸一, 佐々木啓介, 江森 格, 岩木史之, 谷 史雄, 中島郁世, 室谷 進, 三津本充 : 2002, 豚肉風味関連物質の含量に対する加熱処理の影響, *日豚会誌*, 39, 191-199.

CLOUARD C. and VAL-LAILLET D. : 2014, Impact of sensory feed additives on feed intake, feed preferences, and growth of female piglets during the early postweaning period, *J. Anim. Sci.*, 92, 2133-2140.

DANG, H.Q., S. KAWAHARA, M. TSUGETA, M. NIIMI, S. HORINOUCI, M. IWAKIRI and M. MUGURUMA : 2010, Effects of soybean curd residue silage on the growth performance, meat quality, and cecal microbial population in finishing pigs, *JWARAS*, 53, 145-155.

DEVOL D.L., MCKEITH F.K., BECHTEL P.J., NOVAKOFSKI J., SHANKS R.D., CARR T.R.: 1988, Variation in composition and palatability traits and relationships between muscle characteristics and palatability in a random sample of pork carcasses, *J. Anim. Sci.*, 66, 385-395.

独立行政法人 家畜改良センター : 2010, 食肉の理化学分析及び官能評価マニュアル, 17-18, 独立行政法人 家畜改良センター, 福島.

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 : 2009, 日本標準飼料成分表 (2009), 1-304, 中央畜産会, 東京.

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 : 2013, 日本飼養標準豚 (2013), 10-19, 中央畜産会, 東京.

DONE, J.T., J.D.J. HARDING and M.K. LLOYD : 1959, Meningo-encephalitis eosinophilica of swine. 2. Studies on the experimental reproduction of the lesions by feeding sodium chloride and urea, *Vet.*

- Rec., 71, 92-96.
- FOLCH, J., M. LEES and G.H.S. STANLEY,: 1957, A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues, J. Biol. Chem., 226, 497-509.
- FONTI-I-FURNOLS M., TOUS N.E., ESTEVE-GARCIA E., GISPERT M.: 2012, Do all the consumers accept marbling in the same way? The relationship between eating and visual acceptability of pork with different intramuscular fat content, Meat Sci., 91, 448-453.
- 五明 紀春・三浦 理代：1983, メラノイジンの食品栄養学的研究, 日栄・食糧会誌, 36, 331-340.
- 後藤浄子：2008, 甜菜青汁粉末に含まれる食物繊維によるラット盲腸内発酵促進作用, 日本未病システム学会雑誌, 14, 155-161.
- 本間裕人・徳田宏晴：2014, 様々なスタイルの地ビール類が有する抗酸化活性, 日本醸造協会誌, 109, 507-512.
- 保科和夫：2019, 乾燥酒粕の豚飼料への利用, エコフィード全国シンポジウム 2019(豚), 東京.
- ICHIHARA, K., A. SHIBAHARA, K. YAMAMOTO, and T. NAKAYAMA,:1996, An improved method for rapid analysis of the fatty acids of glycerolipids, Lipids, 31, 535-539.
- 家入誠二, 崎村武司, 石橋誠, 勝俣昌也, 梶 雄次：2007, 肥育豚へのパン屑利用低リジン飼料給与による筋内脂肪含量の増加, 日豚会誌, 44, 8-16.
- 今井明夫：2001, 高水分粕類のサイレージ化と利用 (その 1) 粕類のサイレージ化の意義, 日本草地学会誌, 47, 307-310.
- 入江正和：1989, 飼料への大豆油添加とその添加時期による豚の皮下脂肪の脂肪酸組成と厚さの変化, 日豚会誌, 26, 247-254.
- 入江正和：2002, 豚肉質の評価法, 日豚会誌, 39, 221-254.

- 入江正和：2009, エコフィードの製造・利用技術と展望, 日本暖地畜産学会
会報, 52, 1-9.
- 石田修三・早澤宏紀・清水隆司・玉城政信・相井孝允：1995, アマニ油脂肪
酸 Ca の給与が豚の血液, 臓器および筋肉脂質の n-3 系脂肪酸含量に与える
影響, 日畜会報, 66, 889-897.
- 石田光晴：2010, エコフィード利用でブランド豚肉, 日本調理科学会誌, 43,
50-52.
- 岩本英治, 設楽 修, 入江正和：2005, パン添加飼料給与がブタの増体量お
よび肉質に及ぼす影響, 日本畜産学会報 76, 15-22.
- JENTZSCH, A.M., H. BACHMANN, P. FURST and H.K. BIESALSKI : 1996,
Improved analysis of malondialdehyde in human body fluids, *Free Radic.
Biol. Med.*, 20, 251-256.
- KANDA Y. : 2013, Investigation of the freely available easy-to-use
software 'EZ R' for medical statistics, *Bone Marrow Transplantation*, 48,
452-458.
- KANNER, J. : 1994, Oxidative processes in meat and meat products :
Quality implications. *Meat Sci.*, 36, 169-189.
- 加藤博通：1991, メイラード反応生成物の安全性と食品機能. *澱粉化学*, 38,
109-114.
- 加藤雅士：2021, 愛知の発酵食品の魅力, *日本食生活学会誌*, 31, 195-199.
- KATSUMATA M., KOBAYASHI S., MATSUMOTO M., TSUNEISHI E.,
KAJI Y.: 2005, Reduced intake of dietary lysine promotes accumulation
of intramuscular fat in the Longissimus dorsi muscles of finishing gilts,
Anim. Sci. J., 76, 187-290.
- 勝俣昌也・石田藍子・豊田裕子：2013, 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, *日豚会誌*,

15, 164-172.

勝俣昌也・芦原 茜・石田藍子・小林裕之：2015, 玄米によるトウモロコシの全量代替および玄米とカンショの併給が肥育豚の飼養成績と肉質に及ぼす影響, 日豚会誌, 52, 17-28.

勝俣沙智・鎌倉美彩子・磯島聖良・高橋俊浩・小林郁雄・河原 聡・坂本信介・新美光弘・川島知之：2018, カンショ由来生焼酎粕給与が肥育豚の飼養成績と肉質に及ぼす影響, 日畜会報, 89, 199-206.

川島知之：2007, 食品残さ飼料化の技術的課題, 畜産の研究, 61, 129-133.

黄金井康巳：2012, 地ビール業界の現況と展望, 日本醸造協会誌, 107, 11-18.

小平貴都子, 奥村寿章, 齋藤 薫, 佐久間弘典, 中山佐智雄, 大橋史恵, 佐藤進司, 松本和典, 入江正和：2021, 消費者の嗜好性に及ぼす豚肉の脂肪交雑と筋肉内脂肪含量の影響, 日本畜産学会報, 92, 309-318.

KOKETSU Y. : 2000, Productivity characteristics of high-performing commercial swine breeding farms, J Am Vet Med Assoc, 216, 376-379.

国 税 庁 : 2020, 第 146 回 国 税 庁 統 計 年 報 ,
<https://www.nta.go.jp/publication/statistics/kokuzeicho/r02/R02.pdf>
(2022/9/1 確認)

小林博史・宮沢一男：1984, 乾燥酒粕の養豚飼料化試験, 埼畜試研報, 22, 10-11.

近藤恵二：2003, ビールの健康機能性(ビールの生活習慣病予防効果), 日本醸造協会誌, 98, 228-240.

KONSTANTINOS G., DIMITRIOS S., KONSTANTINOS P., STYLIANOS K., DIMITRIOS K., PANAGIOTIS G., DIMITRIOS K. : 2015, Feed supplemented with polyphenolic byproduct from olive mill wastewater processing improves the redox status in blood and tissues of piglets.

Food Chem Toxicol, 86, 319-327.

小竹佐知子：2015, 塩と食の研究会, 日本海水学会誌, 69, 333.

厚生労働省：2021, 第十八改正日本薬局方, 厚生労働省, 591.

京谷隆侍, 西牧由佳, 菅野美樹夫：2014, 粳米の配合割合の違いが肥育後期豚の飼養成績, 枝肉成績および肉質に及ぼす影響, 日豚会誌, 51, 191-197.

LAHUCKY, R., I. BAHNELKA, U. KUECHENMEISTER, E. VASICKOVA, K. NUERNBERG, K. ENDER and G. NUERNBERG : 2007, Effects of dietary supplementation of vitamins D-3 and E on quality characteristics of pigs and longissimus muscle antioxidative capacity. Meat Sci., 77, 264-268.

MAEDA K., YAMAMOTO F., TOYOSHI M., IRIE M.: 2014, Effects of dietary lysine/protein ratio and fat levels on growth performance and meat quality of finishing pigs, Anim Sci J., 85, 427-434.

MASON, L.M., S.A. HOGAN, K. LYNCH, K. O'SULLIVAN, P.G. LAWLOR and J.P. KERRY : 2005, Effect of restricted feeding and antioxidant supplementation on pig performance and quality characteristics of longissimus dorsi muscle from Landrace and Duroc pigs. Meat Sci., 70, 307-317.

松藤 寛, 大森 潤一, 後藤 修一, 千野 誠, 和田 悦治, 内田 あゆみ, 深堀 勝謙, 山形 一雄, 櫻井 英敏：2011, ゴマ若葉に含まれるポリフェノール成分のラジカル消去活性. 日食工会誌, 58: 88-96.

松本光史・井上寛暁・山崎 信・村上 斉・梶 雄次：2012, 人工消化による赤米および紫黒米の抗酸化能評価と種雌豚への短期給与が酸化ストレス指標に及ぼす影響, 日豚会誌, 49, 109-116.

峰時俊貴：2014, 酒粕の機能特性とそれを活かした商品開発, 日本醸造協会誌, 109, 11-20.

- 三津本充・佐々木啓介・佐々木浩一・坂下邦人・本間紀之・久保正法：2003, 肥育豚へのカテキンあるいはビタミン E 給与による豚肉の酸化防止, 畜産草地研究成果情報, 2, 31-32.
- 三津本充・佐々木啓介・川島知之・佐伯真魚・立川 洋・山本英雄：2006, 肥育豚へ食品製造残さ発酵リキッド飼料と茶カテキン類の給与が増体, 枝肉性状, および冷蔵保存中の豚肉品質に及ぼす影響, 日畜会報, 77, 409-416.
- 三浦理代：2016, 食品の生理機能に関する研究—メラノイジンと野菜を中心として—. 女子栄養大学紀要, 47, 7-23.
- 森下芳行：2000, 消化管におけるプロバイオティクス・プレバイオティクスの機能. 腸内細菌学雑誌, 13, 53-66.
- 持田和美・栗林 喬・斉藤憲司・菅原正義：2000, ラットのコレステロール代謝改善効果を有する酒粕粉末の調製. 日食工会誌, 47, 78-84.
- MYER R.O., JOHNSON D.D., KNAUFT D.A., GORBET D.W., BRENDEMUHL J.H. WALKER W.R.: 1992, Effect of feeding high-oleic acid peanuts to growing-finishing swine on resulting carcass fatty acid profile and on carcass and meat quality characteristics, J. Anim. Sci., 70, 3734-3741.
- 中井博康・安藤四郎・池田敏雄・西尾重光：1980, 屠殺直後および屠殺 24 時間後の加温処理が豚筋肉の品質特性におよぼす影響, 日畜会報, 51, 411-416.
- 日本養豚学会：2019, 養豚用語辞典, 日本養豚学会, 神奈川.
- 西野直樹・原田宏明・坂口 英：2001, 高水分粕類のサイレージ化と利用 (その 1) ビール粕と発泡酒粕から調製したサイレージの発酵特性, 日本草地学会誌, 47, 318-322.
- 農林水産省：2022a, 食肉鶏卵をめぐる情勢, <https://www.maff.go.jp/j/chikusan/shokuniku/lin/attach/pdf/index>

63.pdf (2022/9/1 確認)

農 林 水 産 省 : 2022b , 食 肉 の 消 費 構 成 割 合 ,
<https://www.maff.go.jp/j/chikusan/shokuniku/lin/attach/pdf/index-59.pdf> (2022/9/1 確認)

農 林 水 産 省 : 2022c , 食 料 需 給 表 ,
<https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/zyukyu/attach/pdf/index-13.pdf>
(2022/9/1 確認)

農 林 水 産 省 : 2022d , 飼 料 を め ぐ る 情 勢 ,
https://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/l_siryu/attach/pdf/index-754.pdf (2022/9/1 確認)

農 林 水 産 省 : 2022e , 飼 料 用 米 を め ぐ る 情 勢 に つ い て ,
<https://www.maff.go.jp/j/seisan/kokumotu/attach/pdf/siryuqa-51.pdf>
(2022/9/1 確認)

農 林 水 産 省 : 2022f , エ コ フ ィ ー ド を め ぐ る 情 勢 ,
https://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/l_siryu/attach/pdf/ecofeed-120.pdf (2022/9/1 確認)

農 林 水 産 省 : 2022g, 畜 産 統 計 調 査 確 報 令 和 3 年 畜 産 統 計, <https://www.e-stat.go.jp/dbview?sid=0001923931>, (2022/12/4 確認)

小 川 治 雄 : 2015, 日 本 酒 の 成 分 と 香 味, に お い ・ か お り 環 境 学 会 誌, 46, 330-339.

大 口 秀 司, 河 野 建 夫, 山 本 る み 子, 安 藤 康 紀 : パ ン 多 給 飼 料 の 給 与 時 期 が 肉 豚 の 発 育 と 肉 質 に 及 ぼ す 影 響, 愛 知 農 総 試 研 報, 41, 111-117, 2009.

大 口 秀 司, 木 村 藤 敬, 深 谷 秀 巳, 河 野 建 夫, 三 石 達 夫, 饗 庭 功, 高 橋 巧 一 : 単 味 の 食 品 残 さ の 酢 飯 を 活 用 し た 発 酵 リ キ ッ ド フ ィ ー デ ィ ン グ が 肉 豚 の 生 産 性 と 肉 質 に 及 ぼ す 影 響, 愛 知 農 総 試 研 報, 42, 73-81, 2010.

OHASHI Y., INOUE R., TANAKA K., MATSUKI T., UMESAKI Y., USHIDA

- K.: 2001, *Lactobacillus casei* Strain Shirota-fermented Milk Stimulates Indigenous Lactobacilli in the Pig Intestine. *J Nutr Sci Vitaminol*, 47, 172-176.
- OHKAWA, H., N. OHNISI and K. YAGI : 1979, Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. *Analyt. Bioc.*, 95, 351-358.
- 大森英之 : 2009, エコフィールド, 日本食品科学工学会誌, 56, 118.
- 逢坂憲政 : 2001, 高水分粕類のサイレージ化と利用 (その 1) リンゴジュース粕のサイレージ化と利用, 日本草地学会誌, 47, 327-331.
- 大武由之 : 1983, 軟脂豚肉の脂質の特性, 日畜会報, 54, 80-89.
- PEÑA, S.T.JR., B. GUMMOW, A.J. PARKER and D.B.B.P. PARIS : 2019, Antioxidant supplementation mitigates DNA damage in boar (*Sus scrofa domestica*) spermatozoa induced by tropical summer, *PLoS ONE*, 14, e0216143.
- PODPORA B., F. SWIDERSKI, A. SADOWSKA, A. PIOTROWSKA and R. RAKOWSKA : 2015, Spent brewer's yeast auto lysates as a new and valuable component of functional food and dietary supplements, *J. Food Process Technol.*, 6, 526.
- QUINIOU, N., J. NOBLET and J.Y. DOURMAD : 1996, Effect of energy intake on the performance of different types of pig from 45 to 100kg body weight. 2. tissue gain, *Anim. Sci.*, 63, 289-296.
- V RAVINDRAN, E T KORNEGAY: 1993, Acidification of weaner pig diets: a review. *J Sci Food Agric*, 62, 313-322.
- RICHIE, J. P. JR, S. NICHENAMETLA, W. NEIDIG and A. CALCAGNOTTO : 2015, Randomized controlled trial of oral glutathione supplementation on body stores of glutathione, *Eur. J. Nutr.*, 54, 251-

263.

斎藤昭一郎：1994，酒粕雑感，日本醸造協会誌，89，657.

佐二木順子：1993，多価不飽和脂肪酸の酸化と食品衛生学的見地からみた魚介類の問題点，千葉衛研報告，17，1-13.

坂井隆宏・安田みどり・武富和美・大曲秀明・河原弘文・宮崎秀雄・式町秀明：2007，製茶加工残さ給与が肥育豚の枝肉および肉質に与える効果，西畜会報，50，63-69.

佐藤 信：1969，醸造用活性炭と清酒の色．日本醸造協会誌，64，939-945.

佐藤正道・廣中智希・岡崎 亮：2019，酒粕を活用した肉豚肥育技術に関する検討，山口農林総技セ研報，10，50-58.

SHAHIDI F., YUN J., RUBIN L.J., WOOD D.F.: 1987, The hexanal content as an indicator of oxidative stability and flavour acceptability in cooked ground pork, Can. Inst. Food Sci. Technol. J., 20, 104-106,.

SHAWK, D.J., M.D. TOKACH, R.D. GOODBAND, S.S. DRITZ, J.C. WOOWORTH, J.M. DEROCHEY, A.B. LERNER, F. WU, C.M. VIER, M.M. MONIZ and K.N. NEMECHEK : 2019, Effects of sodium and chloride source and concentration on nursery pig growth performance, J. Anim. Sci., 97, 745-755.

重田一人・浅井英樹・青木 健：2012，飼料用米の加工形態の違いが家畜の嗜好性等に及ぼす影響，美味技術学会誌，11，14-20.

下橋 淳子，西山 一郎：2008，味噌の色調と抗酸化性との関係．日本食生活学会誌，19，247-250.

設楽 修・岩本英治：1997，夏季のダクト送風が肥育豚の尿排洩量と発育に及ぼす影響，兵庫農技研報，33，24-29.

SMITH, D.L. : 1957, Poisoning by sodium salt; a cause of eosinophilic meningoencephalitis in swine, Am. J. Vet. Res., 18, 825-850.

SPARK, M., H, PASCHERTZ. and J, KAMPHUES.:2005, Yeast (different sources and levels) as protein source in diets of reared piglets: effects on protein digestibility and N-metabolism, Journal of animal physiology and animal nutrition., 89, 184-188.

SREEPARVATHY M., GANGADEVI P., ANURAJ K.S., DIPU M. and A.D. MERCY : 2012, Effect of Dietary Incorporation of Spent Brewer's Yeast on. Carcass Characteristics in Three Line Cross Bred Pigs, VETSCAN, 7, 100-106.

鈴木 啓一, 小野寺 渉, 熊谷 佳子, 加地 拓己, 清水 ゆう子, 吉野 淳良, 須田 義人, 小林 仁 : 2009, 海藻,B グルカン,酵母の飼料添加給与が育成豚の発育,免疫能に及ぼす影響. 日畜会報, 80, 27-34.

鈴木雅大・栗田隆之 : 2017, 肥育豚に対する守口漬残さの給与が豚の嗜好性及び水分出納に及ぼす影響, 愛知農総試研報, 49, 139-142.

Suzuki, M., Masuda, T., Kawamoto, T., Tajima, S., Uchikura, K. and Kurita, T. : 2019, Effects of Feeding Liquid Brewer's Yeast on Growth Performance, Carcass Characteristics, and Meat Quality of Finishing Pigs. Jpn. J. Swine Science, 56, 23-32.

鈴木雅大, 川本隆之, 栗田隆之 : 2019, リキッド飼料としての守口漬残さの給与が肥育豚の発育、肉質及び飲水回数に与える影響と経済性評価. 愛知県農業総合試験場研究報告, 51, 47-52.

鈴木雅大, 増田達明, 山本るみ子, 川本隆之, 田島茂行, 内倉健造, 栗田隆之 : 2020, 守口漬残さの給与が肥育豚の発育と飲水回数および肉質に及ぼす影響. 日本養豚学会誌, 57, 100-107.

鈴木雅大, 川本隆之, 田島茂行, 内倉健造, 相良鮎美, 栗田隆之 : 2021a, 肥育豚における守口漬残さの給与が血漿中のチオバルビツール酸反応物質値及び糞便性状に及ぼす影響. 日本豚病研究会報, 77, 7-12

- 鈴木雅大, 川本隆之, 田島茂行, 内倉健造, 相良鮎美, 栗田隆之 : 2021b, 肥育豚における液状ビール酵母の給与が血漿中と胸最長筋中の チオバルピツール酸反応物質値に及ぼす影響. 日本養豚学会誌, 58, 134-141
- 鈴木雅大, 川本隆之, 田島茂行, 内倉健造 : 2023a, 守口漬残さおよび液状ビール酵母の給与により生産した豚肉の官能評価, 美味技術学会誌, 21(2), 印刷中.
- 鈴木雅大, 金山裕里, 小菅佳菜, 島田日奈子, 高橋慶, 丹羽美次, 佐伯真魚 : 2023b, 日本酒粕の保存性および肥育豚に対する嗜好性の検討. 日本養豚学会誌, 60, 印刷中.
- 祐森誠司・味埜美紀・池田周平 : 2014, カンショ茎葉サイレージを用いた肥育豚用飼料の検討, 日豚会誌, 51, 176-182.
- SYLVIE C., TRACY L. S. and N. C. RUTH: 2006, Consumption of alcohol by sows in a choice test, *Physiol Behav.*, 88, 101-7.
- TAKAHASHI M.: 2011, Heat stress on reproductive function and fertility in mammals. *Reproduct Med Biol*, 11, 37-47.
- 谷口康将・野村重雄 : 2012, 最小発育阻止濃度 (MIC) を基準とした予測式からの化粧品の保存効力の予測, 粧技誌, 46, 295-300.
- TRCKOYA, M, M, FALDYNA., P, ALEXA., Z, SRAMKOVA., E, GOPFERT., D, KUMPRECHTOVA., E, AUCLAIR. and R, D'INCA:2014, The effects of live yeast *Saccharomyces cerevisiae* on postweaning diarrhea, immune response, and growth performance in weaned piglets, *J Anim Sci*, 92, 767-774.
- VIEIRA, E.F., J. CARVALHO, E. PINTO, S. CUNHA, A.A. ALMEIDA and I.M.P.L.V.O. FERREIRA : 2016, Nutritive value, antioxidant activity and phenolic compounds profile of brewer's spent yeast extract. *J. Food Compos. Anal.*, 52, 44-51.

脇屋 裕一郎, 大曲 秀明, 山口 妃鶴, 河原 弘文, 宮崎 秀雄, 明石 真幸, 永
瀨 成樹, 松本 光史 : 2012, 飼料用米, 大麦, 製茶加工残さの混合給与と
その粉碎粒度の違いが暑熱環境下の肥育豚の発育, 枝肉成績および肉質に
及ぼす影響, 日豚会誌, 49, 1-13.

WANG, X., G. JIANG, E. KEBREAB, Q. YU, J. LI, W. ZHANG, H. HE, R.
FANG and D. QIUZHONG : 2019, Effects of dietary grape seed
polyphenols supplementation during late gestation and lactation on
antioxidant status in serum and immunoglobulin content in colostrum
of multiparous sows. *J. Anim. Sci.*, 97, 2515-2523.

渡辺敏郎 : 2012, 健康と美容に貢献する「酒粕」の成分. 日本醸造協会誌, 107,
282-291.

渡辺文太・平竹 潤 : 2015, グルタチオン代謝とチオールケミストリー, 化
学と生物, 53, 354-361

WHITE, LA., MC, NEWMAN., GL, CROMWELL. And MD, LINDEMANN:
2002, Brewers dried yeast as a source of mannan oligosaccharides for
weanling pigs, *J Anim Sci*, 80, 2619-28.

WOOD, J.D., M.B. ENSER, H.J.H. MACFIE, W.C. SMITH, J.P.
CHADWICK and M. ELLIS : 1978, Fatty acid composition of backfat in
large white pigs selected for low backfat thickness, *Meat Science*, 2,
289-300.

WU, G., Y.Z. FANG, S. YANG, J.P. LUPTON and N.D. TURNER : 2004,
Glutathione metabolism and its implications for health, *J. Nutr.*
Biochem., 134, 489-492.

XU, Y.Q., Z.Q. WANG, Z. QIN, S.M. YAN and B.L. SHI : 2018, Effects of
chitosan addition on growth performance, diarrhoea, antioxidative
function and serum immune parameters of weaned piglets, *S. Afr. J.*

Anim. Sci, 48, 142-150.

山田未知・金澤忍・山田幸二*・山内克彦：2001，豚の脂肪組織および筋肉の脂肪酸組成に及ぼすエゴマ種実給与期間の影響，日豚会誌，38，130-134.

山下美由紀・浜田 浩・小嶋 操・山城敬一：1982，貯蔵温度を異にする清酒かす熟成中の成分変化，日本醸造協会雑誌，77，825-830.

義村利秋：2002，食品リサイクル法の趣旨と概要，日本調理科学会誌，35，91-96.

ZHANG H.J., X.R. JIANG, G. MANTOVANI, A.E.V. LUMBRERAS, M. COMI, G. ALBORALI, G. SAVOINI, V. DELL'ORTO and V. BONTEMPO : 2014, Modulation of plasma antioxidant activity in weaned piglets by plant Polyphenols, Ital J Anim Sci, 13, 424-430.

謝辞

本学位論文をまとめるにあたり終始ご指導を賜りました日本大学生物資源科学研究科 佐伯真魚教授に心から感謝しお礼申し上げます。また、本論文の学位審査において、熱心にご指導いただいた日本大学生物資源科学研究科 梶川博教授, 大西彰教授ならびに三角浩司准教授に心から御礼申し上げます。

最後になりますが、本研究を共同で実施していただいた愛知県農業総合試験場養豚研究室の研究員の皆様、研究の補助をしていただいた養豚研究室の現場の皆様にご心よりお礼申し上げます。