

【 論 文 】

高温・高圧蒸煮した家庭生ごみの成分組成および
飼料母剤としての再利用

石 森 崇 晃*・Ayyakkannu Saravanan*・眞 田 敏 宏*・城 斗志夫*
藤 村 忍*・西 海 理 之*・今 井 明 夫**・藤 井 智 幸***
佐 藤 英 行****・小 嶋 洋 朗*****・堀 秀 隆*

【要 旨】 新潟県胎内市の家庭生ごみを 150℃で 40 分間、または 200℃で 15 分間蒸煮し飼料化を試みた。蒸煮後の生ごみは、粗蛋白質含量および粗脂肪含量が肥育ブタ用配合飼料に比べて高く、それぞれ 18~23% および 10~17% であった。一方、ペプシン消化率は低く、26~56% であった。蒸煮生ごみの有効性を評価するため、体重約 70 kg の肥育ブタ 8 頭を 4 頭ずつ試験群と対照群の 2 群に分け、給与試験を行った。試験群では、まず 200℃で蒸煮した生ごみ（200℃生ごみ）を配合飼料に 20% 混合して 29 日間給与し、その後 200℃生ごみの代わりに 150℃で蒸煮した生ごみ（150℃生ごみ）を混合して体重が 110±5 kg に達するまで給与した。対照群には 100% 配合飼料のみを給与した。試験群の 4 頭中 2 頭は、試験期間を通じて対照群のブタと同等の日増体重を示した。他の 2 頭は、200℃生ごみ混合飼料を給与した期間に日増体重が低下したものの、その後回復し、対照群のブタに比べて 29~46 日遅れて 110±5 kg に達した。

キーワード：家庭生ごみ、ブタ飼料、殺菌、リサイクル、高温蒸煮生ごみ

1. 緒 言

日本では、2001 年から食品リサイクル法により食品残渣の有効利用が義務づけられた。生ごみは水分含量が高く焼却しにくい、動・植物に有効な栄養分やミネラルを含むため¹⁾、再利用が望ましく、生ごみの有効利用に関する研究が数多く行われている。宮澤ら²⁾は、給食調理野菜残渣を米ぬかと混ぜて高温発酵した後に 80℃で乾燥し、市販配合飼料と 2:8 で混合し肥育ブタに給与したところ、発育成績、枝肉成績、肉質性状および食

味の低下はなかったと報告している。厨房残渣を乾燥後、市販配合飼料と 1:1 で混合し、採卵鶏に 44 週間給与した所、卵殻強度と卵重が低下したが、産卵率には影響しなかった³⁾。レストラン由来の生ごみを大豆皮、余剰小麦粉またはトウモロコシと混合して乾燥したものを、トウモロコシや大豆を基本とした飼料に 40~80% 混ぜ肥育ブタに給与したところ、飼料効率が高くなり、肉質も劣らなかった⁴⁾。

このように、学校給食やレストランなど事業系の生ごみの飼料としての再利用を支持する報告があるが、家庭由来のいわゆる家庭生ごみは、異物が混入する可能性が高いとして、食品残渣等利用飼料の安全性確保のためのガイドライン（配合飼料供給安定機構、2008）で、原則として原料としてはならないとされている⁵⁾。しかし、環境省の試算によると平成 19（2007）年度の家庭生ごみは年間 1,119 万 ton 排出され、そのうち 1,055 万 ton が再生利用されずに、焼却・埋立処分されており⁶⁾、再資源化の意味は大きい。

生ごみの家畜飼料化には、乾燥法、サイレージ化、リ

原稿受付 2010. 5. 28 原稿受理 2011. 5. 25

* 新潟大学大学院自然科学研究科

** 新潟大学地域共同研究センター

*** 東北大学大学院農学研究科附属先端農学研究センター

**** 胎内市富岡バイオマス変換実証センター

***** (株)キーブクリーン

連絡先：〒 950-2181 新潟県新潟市西区五十嵐 2 の町 8050 番地

新潟大学大学院自然科学研究科応用バイオサイエンス 堀 秀隆

E-mail: hide_hri@frontier.hokudai.ac.jp

キッドフィーディングがある⁷⁾。乾燥法は簡便だが、場合によっては、高温加熱による脂質酸化が問題となり、殺菌が十分でないと腐敗シカビが発生する⁸⁾。一方、サイレージ化、発酵リキッドフィーディングは、乳酸菌などの嫌気性微生物による発酵でpHを下げ、飼料保存性を上げ、日増体重を増すなど肥育ブタ生育に好影響を与える^{9,10)}。しかし、原料の一部が腐敗して微生物数が増加した場合、安全性を完全にすることは難しい。実際、乳酸発酵食品であるいずしが原因のヒトのボツリヌス食中毒事例があり¹¹⁾、グラスサイレージ中でボツリヌス菌 (*Clostridium botulinum*) が毒素を産生し得るとの報告もある¹²⁾。ボツリヌス菌や同属のウェルシュ菌 (*Clostridium perfringens*) は、ヒトおよび家畜に対して中毒症状または感染症を引き起こし^{13,14,15)}、極めて高い耐熱性をもつ芽胞を形成する。したがって、生ごみを飼料化する場合、上記3方法のすべてにおいて、十分な殺菌・消毒の工程を入れることが不可欠であろう。生肉等が混入している残飯を飼料として用いる場合、70℃または80℃で加熱殺菌するようにとの規定があるが^{5,16,17)}、耐熱性菌の殺菌には不十分である¹³⁾ことから、栄養素の損失は無視できないが、衛生面からみて100℃以上の殺菌処理が望ましいとの見解もある¹⁷⁾。

蒸煮処理は伝統的な殺菌消毒法で、効果も明瞭である。ボツリヌス菌、ウェルシュ菌などの耐熱性芽胞は、120℃以上での蒸煮により数分で死滅させることができる¹³⁾。ウシ海綿状脳症 (BSE) の原因物質プリオン蛋白質は、高度熱耐性であるが、低濃度であれば、134℃、18分間のオートクレーブ処理で不活化できる¹⁸⁾。さらに、高温・高圧蒸煮処理は、デンプンの糊化を促進し、ペクチンを分解して野菜を軟化させる¹⁹⁾ため、ウシなど反芻動物の飼料製造にも利用される。蒸煮処理小麦稈では、高消化性繊維が増加することが報告されている²⁰⁾。

高温加熱による食用油脂の酸敗は、空気との接触面積が大きいほど速く進むが¹⁹⁾、蒸煮処理では容器内の空気を押し出して水蒸気が充満するため、酸化による栄養物の劣化が少ないと考えられる。このように蒸煮処理は、微生物による危険性を低下させ、繊維質の分解、軟化、ペースト化などで加工性を高め、栄養性の改善も期待できる。

本研究では、家庭生ごみを150℃または200℃で蒸煮処理し、衛生的な飼料母剤の作製を試みた。蒸煮処理の有効性を明らかにするために、蒸煮した生ごみの成分組成、消化率およびラジカル消去能を検討した。さらに、蒸煮生ごみを肥育ブタに数ヶ月間給与し、成長および肉質に及ぼす影響を検討したので報告する。

2. 材料と方法

2.1 蒸煮生ごみの製造

2.1.1 生ごみの収集

新潟県胎内市の一般家庭から2007年6~12月に排出された生ごみを、1~2日おきに回収した。生ごみは、4℃で冷蔵保存し、目視および臭気がかびの発生や腐敗が起こったものを除去してから、回収後2日以内に蒸煮した。このように可能な限り低温で保管することにより、生ごみの発生から蒸煮までの間、酸化や微生物増殖による栄養成分の変化を抑制した。なお、本実験を始めるにあたり、各家庭には、金属、プラスチックなど食品以外の異物の混入がないように、徹底した分別を行ってから冷暗所に保管するよう指導した。

生ごみの組成を調べるため、50世帯から回収した生ごみ (湿重量52~111 kgに相当) を野菜・果実類、肉類、魚類、穀類、卵殻に分別し、それぞれの湿重量を測定した。測定は、夏期 (6~8月) に5回、秋期 (9~12月) に4回行った。

2.1.2 蒸 煮

生ごみ繊維の分解、軟化、ペースト化が十分に起こり、蒸煮物を蒸煮装置の排出管口 (径90 mm) からスムーズに取り出せるよう、かつ不必要に長くならないように、蒸煮は200℃で15分間または150℃で40分間行った。

30~50 kg (湿重量) の生ごみを100 L容量の蒸煮装置 (図1) (仕様番号36021, 日東高圧株) に投入し、150 rpmで攪拌しながら蒸煮した。蒸煮後、高圧蒸気の送気を停止し、タンク内蒸気をゆっくりと排出しながら20~40分間かけてタンク内圧力を1気圧、温度を100℃

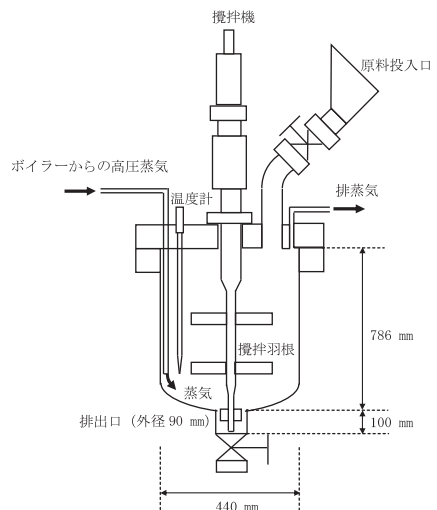


図1 100L容量蒸煮装置図面

付近まで低下させ、蒸煮物を取り出し、冷却した。蒸煮中のタンク内温度と圧力の変化を図2に示した。200℃での蒸煮には8月1日～8月29日に、150℃での蒸煮には10月9日～12月5日に回収した生ごみを用いた。

2.1.3 蒸煮乾燥物の調製

蒸煮物を、自然濾過 (NF)、800 メッシュでの遠心濾過 (800CF) または 100 メッシュでの遠心濾過 (100CF) で脱水して液相を除き、固相 (65～75% 含水率) を得た。自然濾過では、蒸煮物を 2mm 目のステンレス網に乗せて自然濾過し、さらに体重を掛けて手で圧迫し、0.1～0.2 kgf/cm² 相当の圧力で水分を搾り出した。遠心濾過では、蒸煮物を 800 または 100 メッシュのナイロンフィルターに入れ、800×g で遠心脱水した。200℃ 蒸煮では、すべての蒸煮物を自然濾過で脱水した。150℃ 蒸煮では、10月9日～10月31日に回収した生ごみの蒸煮物は自然濾過で脱水したが、保水性が高く脱水しにくかったため、11月2日～11月14日および11月14日～12月5日に回収した生ごみの蒸煮物は、それぞれ800メッシュでの遠心濾過および100メッシュでの遠心濾過

で脱水した。得られた固相の湿重量および水分含量を蒸煮ごとに測定し、乾燥重量を算出した。水分含量は、赤外線水分計 (FD-610, ㈱ケット科学研究所) を用いて測定した。

200℃ 蒸煮で得られた固相は 60℃ で 3～4 日間、150℃ 蒸煮の固相は 80℃ で 1 日通風し、含水率 8% 以下に乾燥した。続いて、孔径 3 mm のスクリーン付の粉碎式造粒機 パワーミル (P-3 型, ㈱ダルトン) で粉碎し、蒸煮生ごみとした。各蒸煮・脱水条件で得られた蒸煮生ごみを、原料とした生ごみの収集時期によってさらに 2～4 画分 (1 画分は湿重量 134～610 kg の生ごみに相当) に分けた。各画分 (湿重量 134～610 kg の生ごみに相当) ごとによく混合し、暗黒室温で保管した。

3. 蒸煮生ごみの成分分析

前項で調製した蒸煮生ごみの各画分から一部を取って試料とし、ポリエチレン袋に密封して -20℃ で保存した。試料は、随時取り出して以下の分析に供した。対照実験試料として、配合飼料 (ニューかがやき EXB, JA 東日本くみあい飼料㈱) を用いた。

3.1 DPPH ラジカル消去能の測定

試料を乳鉢と乳棒で微粉末に磨砕した。微粉末約 0.3 g を取り、電子天秤で精秤し、メタノール 5 mL を加えて試験管に移し、ボルテックスミキサーで 5 分間振とう抽出した。4,660×g で 5 分間遠心して上清を回収し、DPPH ラジカル消去活性を須田の方法に準じて測定した²¹⁾。0.2 M MES [(2-(N-morpholino) ethanesulfonic acid) 溶液 (pH6.0)] と 0.4 mM DPPH メタノール溶液 [1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl をメタノールに溶かしたもの] の等量混合液 2 mL を、上記抽出上清 1 mL とボルテックスミキサーでよく混合し、10 分後に 520 nm の吸光度を分光光度計 (V-650, 日本分光㈱) で測定した。測定は、抽出液の試料由来物質による 520 nm での吸光は無視できる程小さく測定値に影響しないことを確認しつつ行った。ブランクには抽出上清の代わりにメタノールを用い、同様の操作を行って吸光度を測定した。DPPH ラジカルの消失による吸光度の減少から次式によりラジカル消去率を算出した。

$$\text{ラジカル消去率 (\%)} = \{1 - (\text{サンプルの吸光度} / \text{ブランクの吸光度})\} \times 100 \quad (1)$$

アスコルビン酸 (AsA) のラジカル消去率を同様に測定し、試料の抗酸化作用をアスコルビン酸相当量として表現した。抗酸化物質が多く抗酸化作用が高いほどラ

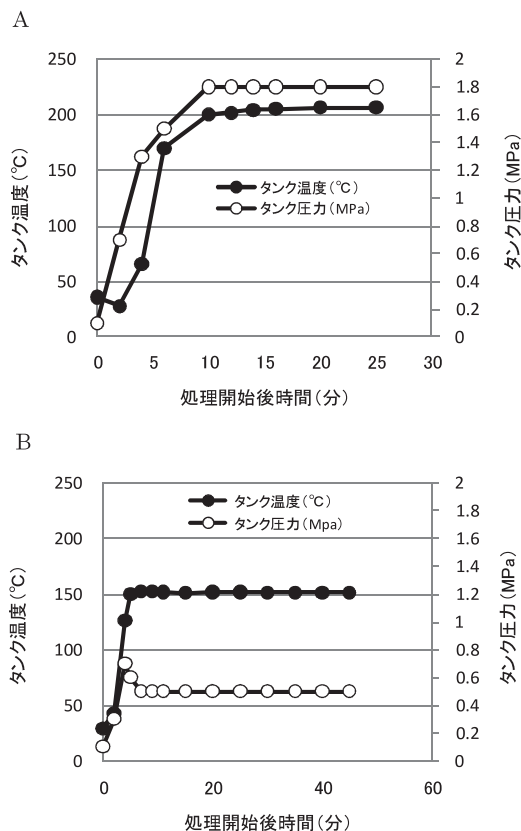


図2 200℃, 15分間 (A) あるいは150℃, 40分間 (B) 蒸煮したときのタンク内の温度と圧力の変化

ジカル消去率は大きくなる。

3.2 一般成分の定量

試料中の粗蛋白質量はケルダール法²²⁾またはCNコーダー (MT-700Mark II, ヤナコ分析工業株) で測定した。粗脂肪量は酸分解法²³⁾またはジエチルエーテル抽出法²⁴⁾、粗灰分は直接灰化法²²⁾で測定した。炭水化物は、差し引き法²³⁾により算出した。

3.3 遊離糖質と遊離還元糖の定量

試料中の遊離糖質はフェノール・硫酸法²⁵⁾で、遊離還元糖はソモギー・ネルソン法²⁵⁾で定量した。試料を純水に十分懸濁した後、16.350×gで10分間遠心し、上清を測定に用いた。

3.4 アミノ酸分析

試料中の蛋白質を塩酸加水分解法²⁶⁾でアミノ酸に分解した。アミノ酸分析キット (EZ: faast™, Phenomenex, Inc.) を用いアミノ酸を誘導体化し、分析キット付属のZB-AAA 10 m×0.25 mm キャピラリー GC カラムを用い、ガスクロマトグラフィー (GC-14A, 株式会社島津製作所) で分析した。

3.5 ペプシン消化率の測定

試料中のペプシン消化率は、飼料分析基準²⁴⁾に準じて測定した。ただし、粗蛋白質量は、CNコーダー (MT-700Mark II, ヤナコ分析工業株) で測定した。また、8月6日に収集した生ごみの一部を蒸煮せず、60℃で4日間乾燥後、粉碎したものを非蒸煮生ごみとし、試料と同様に測定した。

4. ブタに対する蒸煮生ごみの給与試験

平均体重約70 kgのブタ8頭 (大ヨークシャー種雌) を新潟県新潟市(南)キープクリーン内に新築した2棟の実験用豚舎 (6 m×3 m) に4頭ずつ分けて入れ、一方の群 (配合飼料区) には100% 配合飼料 (ニューかがやきEXB, JA 東日本くみあい飼料株) を給与、もう一方の群 (20% 蒸煮生ごみ飼料区) には配合飼料に蒸煮生ごみを20% 混合して給与した。飼料は飲水とともに自由摂取とした。給与試験は2007年9月21日から開始し、20% 蒸煮生ごみ飼料区では、9月21日～10月19日まで200℃生ごみ (NF) を、10月20日～11月10日まで150℃生ごみ (NF) を、11月11日～11月27日まで150℃生ごみ (800CF) を、11月28～12月24日まで150℃生ごみ (100CF) を配合飼料と混合して与えた。

体重を約1週間ごとに測定し、110±5 kgに達したブタは、随時と畜し、(社)日本食肉格付協会の豚枝肉取引規格²⁷⁾に基づいて枝肉の格付けを行った。1頭あたりの飼料日摂取量は、各区で給与した飼料の乾燥重量 (kg) を頭数で除し、さらに給与日数で除して算出した。飼料要求率は、各区で給与した飼料の乾燥重量 (kg) をブタの体重増加量 (kg) で除して算出した。

5. 酸化クロム—インデックス法による蒸煮生ごみに含まれる養分の消化率の評価試験

5.1 試験飼料の準備

0.1% (乾重換算) の酸化クロム (Cr₂O₃) を、配合飼料または配合飼料に200℃生ごみを20% 混合した飼料に、均一に添加混合し試験飼料とした。

5.2 試験飼料の分析

試験飼料の一部および蒸煮生ごみを乳鉢で磨砕し、さらに高速振動試料粉碎機 (TI-100, 株式会社江商会) で粉碎してポリエチレン袋に密封し、-20℃で保存した。凍結試料を分析時に室温で解凍し粗蛋白質および粗脂肪含量を、それぞれCNコーダー (MT-700Mark II, ヤナコ分析工業株) およびジエチルエーテル抽出法²⁴⁾で定量した。

5.3 試験飼料のブタへの給与および消化率の測定

消化率は、ブタの消化試験法²⁸⁾に準じた方法で以下のように測定した。約40～50 kgの肥育ブタ4頭 (大ヨークシャー種雌) に、体重の約3%すなわち1.35 kg (乾燥重量) の方法5.1で調製した試験飼料を午前9時に1回、10日間与えた。馴致期間 (3日間)、予備試験期間 (4日間) を経て、最後の3日間の朝に排出された糞を個体ごとに採取し、約60℃で通風乾燥した。糞中の粗蛋白質および粗脂肪含量を方法5.2の試験飼料と同様に定量し、さらに試験飼料および糞中の酸化クロム (Cr₂O₃) を下記のように武政ら²⁹⁾の比色法により定量した。

方法5.2で調製した粉碎試料を100℃で3時間乾燥してシリカゲルを入れたデシケーター内で冷却後、0.1～1.4 gを精秤してルツボに入れ電気炉で、800℃、30分間加熱処理した。冷却後リン酸カリ試薬3 mLを加え、1晩以上放置した。メスフラスコで250 mLに定容し、攪拌後、1680×gで30分間遠心分離した。上清を回収し吸光度 (370 nm) を測定した。また、100℃、3時間乾燥したコーンスターチに酸化クロムを0.5% 添加混合して標準物質を調製し、0.5 gを精秤して粉碎試料と同様の操作を行い、蒸留水で適宜希釈した上清の吸光

度を測定し検量線を作成した。次式から消化率を算出した。

$$\text{各成分消化率(\%)} = (1 - \text{飼料中 Cr}_2\text{O}_3 \text{ 含量(\%)} / \text{糞中 Cr}_2\text{O}_3 \text{ 含量(\%)} \times \text{糞中成分含量(\%)} / \text{飼料中成分含量(\%)})) \times 100 \quad (2)$$

蒸煮生ごみ中の粗蛋白質および粗脂肪の消化率は次式により算出した。

$$\begin{aligned} \text{蒸煮生ごみの各成分消化率(\%)} = \\ & [20\% \text{ 蒸煮生ごみ飼料の可消化成分含量} \\ & - (\text{配合飼料の可消化成分含量} \times 0.8)] / \\ & (\text{蒸煮生ごみの成分含量} \times 0.2) \times 100 \quad (3) \end{aligned}$$

6. 胸最長筋の官能評価試験および水分、粗蛋白質、粗脂肪含量の測定

方法4の給与試験でと畜したブタは、4日間、4℃で熟成させた。熟成後、各個体から胸最長筋を採取し、ポリエチレン袋に密封して-20℃で保存し、随時、4℃で解凍して以下の試験に供した。

6.1 官能評価試験

配合飼料区および20% 蒸煮生ごみ飼料区から無作為に1個体ずつ選び、第6-9胸椎間の胸最長筋を1.5cmの厚さに切断し、ホットプレート(BG-2000, 株式会社通ゼネラル)(200℃に設定)で中心部の温度が70℃になるまで表裏両面を交互に加熱した。中心部の温度は、中心温度計(O-207SV, 株式会社ドリテック)で測定した。加熱後、肉表面を除去し、中心部を1cm³の立方体に切断し、常温にてパネルに供した³⁰⁾。パネルは、十分に訓練した食肉の分析型官能評価パネルとし、新潟大学学生と新潟大学職員で、合計12人とした^{30,31)}。年齢は全員20歳代とした。評価は午後3時開始とし、各パネルは、昼食後2~3時間経過した状態で、1名ずつ白色の間仕切りボードを設置した両側に、対面とならないように一定方向に互いの表情が見えない位置に座り、被験者間の間隔を80cmあけ、蛍光灯下、室温で配合飼料区または蒸煮生ごみ区の肉(A肉)1個を食べ、次に他方の試験区の肉(B肉)1個を食した。その後にA肉の品質をB肉と比較評価した。試料を変える際、口すすぎは行わなかった。ただし、試料の順序効果を考慮し、試料の提示順および記号を変えて評価を実施した³²⁾。Schefféの一对比較法³³⁾に従い、B肉に比べA肉のかたさ、歯切れ、うま味、甘味、酸味、苦味、総合評価に対して-2, -1, 0, 1, 2の評点をそれぞれ与えた。かたさでは、

やわらかい-2, やややわらかい-1, 差がない0, ややかたい1, かたい2とした³⁴⁾。歯切れおよび総合評価では、悪い-2, やや悪い-1, 差がない0, やや良い1, 良い2とした。うま味、甘味、酸味および苦味では、弱い-2, やや弱い-1, 差がない0, やや強い1, 強い2とした。配合飼料区に対する20% 蒸煮生ごみ区の肉の相対評点の平均値を求めるとともに、主効果の解析を行った。

6.2 水分、粗蛋白質、粗脂肪含量の測定

新たに、各区から無作為に1個体ずつ選び、第7-8胸椎間の胸最長筋を約1cm³の立方体に切り、部位によって3画分に分け、各画分から約10gを採取して精秤し、72時間凍結乾燥後乳鉢を用いて微粉末に磨砕した。粗蛋白質はCNコーダー(MT-700Mark II, ヤナコ分析工業(株)), 粗脂肪はジエチルエーテル抽出法²⁴⁾で測定した。水分含量は凍結乾燥前後の胸最長筋重量から、以下の式により算出した。

$$\begin{aligned} \text{胸最長筋の水分含量(\%)} = \\ & (\text{凍結乾燥前の胸最長筋重量} \\ & - \text{凍結乾燥後の胸最長筋重量}) / \\ & \text{凍結乾燥前の胸最長筋重量} \times 100 \quad (4) \end{aligned}$$

7. 統計処理

官能評価試験では、Schefféの一对比較法で統計処理した。ブタ肉の格付けの等級については、Kruskal-Wallis検定を行った。その他の測定値については、Schefféの多重比較法で統計処理した。すべての統計処理は、エクセル統計2010(株式会社情報サービス)を組み込んだMicrosoft Office Excel 2007(Microsoft corporation, US)を用いて行った。

8. 結果

8.1 蒸煮生ごみの諸成分

8.1.1 生ごみの組成

2007年6~12月に新潟県胎内市の一般家庭50世帯が排出した生ごみは野菜・果実類が最も多く、平均して全湿重量の84~86%を占め、次いで、魚類6~8%、穀類4%の順であった(表1)。肉類および卵殻は少なく、それぞれ2%であった。各組成の割合は季節間で変動しなかった。その他には食品以外の夾雑物が含まれるが、1%程度であった。

表1 2007年夏(6~8月)または秋(9~12月)に胎内市の一般家庭50世帯から排出された生ごみの組成*

排出時期	n**	生ごみの割合(%)					
		野菜・果実類	肉類	魚類	穀類	卵殻	その他
6~8月	5	86±2a***	2±0a	6±1a	4±2a	2±0a	1±1a
9~12月	4	84±1a	2±0a	8±1a	4±1a	2±0a	1±0a

* 生ごみの全湿重量に対する野菜・果実類, 肉類, 魚類, 穀類, 卵殻およびその他の湿重量の割合を示す

** 調査回数を示す

*** 数値は, 平均値 ± 標準偏差を示す。異なるアルファベット間では, Schefféの多重比較法で, P≤0.05で有意差あり

表2 生ごみを蒸煮して得られる乾燥固形分 の量

蒸煮温度(°C)	脱水方法	n*	投入量(湿重量)(kg)	固相排出量		乾燥固形分回収率(%)
				(湿重量)(kg)	(乾燥重量)(kg)	
200	NF	15	52.4±3.6**	13.3±1.0	3.8±0.4	7.6±0.7a***
150	NF	27	34.2±2.5	10.2±1.6	2.9±0.5	8.4±1.1b
150	800CF	25	32.6±1.2	7.3±1.2	2.5±0.3	7.6±1.0ab
150	100CF	39	32.5±0.5	7.3±1.1	2.5±0.4	7.7±1.3ab

* 蒸煮回数を示す

** 数値は, 平均値 ± 標準偏差を示す

*** 異なるアルファベット間では, Schefféの多重比較法で, P≤0.05で有意差あり

表3 蒸煮生ごみの成分含量

試料	n*	粗蛋白質** (%)	粗脂肪 (%)	炭水化物 (%)	粗灰分 (%)
豚配合飼料	3	14.3±0.1a***	03.8±0.9a	78.0±0.7a	3.9±0.1a
200°C生ごみ(NF)	1	18.3b	17.4b	46.2b	18.1b
150°C生ごみ(NF)	1	21.1bc	16.7b	42.8b	19.4bc
150°C生ごみ(800CF)	3	21.6±0.8c	13.1±1.5bc	46.2±2.3b	19.1±0.4bc
150°C生ごみ(100CF)	3	20.8±0.6bc	10.3±0.2c	47.5±1.5b	21.4±1.1c

* 分析した画分の数を示す(方法1.3参照)

** 蛋白質はケルダール法で定量し, 各成分含量は試料の乾燥重量に対する割合で表した

*** 数値は, 平均値 ± 標準偏差を示す。異なるアルファベット間では, Schefféの多重比較法で, P≤0.05で有意差あり

8.1.2 生ごみの蒸煮と乾燥固形分の収量

生ごみを200°Cで15分, 150°Cで40分蒸煮すると, 投入生ごみ重量(湿重量)の7.6~8.4%の回収率で乾燥固形分が得られた。自然濾過で脱水した場合, 乾燥固形分の回収率は150°C蒸煮の方がわずかに高かった(表2)。150°C蒸煮物に関しては, 800メッシュ, 100メッシュでの遠心濾過も試みたが, 乾燥固形分の回収率は, 200°C蒸煮物を自然濾過で脱水した場合と同じであった。

8.1.3 蒸煮生ごみの一般成分含有量

蒸煮生ごみの粗蛋白質は18~22%, 粗脂肪含量は10~17%, 炭水化物含量は43~48%であった。配合飼料と比較すると, 粗蛋白質含量は4~7%, 粗脂肪含量は7~14%, 粗灰分は14~18%多く, 炭水化物は30~35%少なかった(表3)。脱水法の異なる150°C生ごみの間で粗脂肪含量に差があり, 100メッシュで遠心脱水した150°C生ごみ(100CF)の粗脂肪含量は10%で, 自然濾過で脱水した150°C生ごみ(NF)の17%に比べて

低かった。

8.1.4 蒸煮生ごみの粗蛋白質含量とペプシン消化率

蒸煮生ごみの粗蛋白質含量は18~23%で蒸煮生ごみ間で有意な差はなく, 前項で得た数値とほぼ同一であった。非蒸煮生ごみでは28%と蒸煮生ごみに比べて高い傾向を示したが, 統計的に有意な差はなかった。蒸煮生ごみのペプシン消化率は26~56%で, 配合飼料の83%に比べて低かった。自然濾過で脱水して得られた150°C生ごみ(NF)のペプシン消化率は56%で, 200°C生ごみ(NF), 遠心濾過で脱水した150°C生ごみ(800CF)および150°C生ごみ(100CF)に比べて高かった(表4)。しかし, この数値も非蒸煮生ごみの91%に比べて明らかに低かった。

8.1.5 蒸煮生ごみのアミノ酸含量

150°C生ごみの乾燥重量1gあたりの総アミノ酸含量は113~130mgで, 200°C生ごみの2.3~2.7倍, 配合飼料の1.6~1.8倍であった(図3)。リジンはブタの成長

表4 蒸煮生ごみの粗蛋白質含量およびペプシン消化率

試料	n*	粗蛋白質含量** (%)	ペプシン消化率 (%)
豚配合飼料	3	14.8±0.1a***	83.2±2.9a
非蒸煮生ごみ	1	27.6bc	90.8a
200℃生ごみ (NF)	2	20.0±0.5ad	35.2±6.2b
150℃生ごみ (NF)	4	21.9±0.3bd	56.2±2.7c
150℃生ごみ (800CF)	3	18.2±3.1abd	37.1±9.6b
150℃生ごみ (100CF)	3	22.8±0.7bcd	25.7±3.6b

* 分析した画分の数を示す (方法 1.3 参照)
 ** C/N コードで定量し飼料乾燥重量に対する割合で表した
 *** 数値は、平均値 ± 標準偏差を示す。異なるアルファベット間では、Scheffé の多重比較法で、P ≤ 0.05 で有意差あり

の制限要因と考えられているが、150℃生ごみの乾燥重量 1g あたりのリジン含量は 7.5~8.4 mg で、200℃生ごみの 2.5 mg および配合飼料の 6.0 mg に比べて高い傾向にあったが、統計的に有意な差はなかった。

8.1.6 蒸煮生ごみのラジカル消去能および糖含量

蒸煮生ごみの乾燥重量 1g あたりのラジカル消去能は 9~18 μmol-AsA で、配合飼料の -0.2 μmol-AsA に比

べて高かった (表 5)。200℃生ごみの遊離糖質含量は 135 μmol-Gluc/g 乾重で、配合飼料の 0.3 倍と低かった (表 5)。150℃生ごみの乾燥重量 1g あたりの遊離糖質含量は 345~407 μmol-Gluc で配合飼料の 514 μmol-Gluc と有意な差はなかったが、遊離還元糖含量は 203~267 μmol-Gluc で配合飼料の 44 μmol-Gluc より高かった。

9. 蒸煮生ごみがブタ体重および肉質に及ぼす影響

9.1 体重に及ぼす影響

20% 蒸煮生ごみ飼料区では、まず 200℃生ごみを混合した飼料を 9月21日~10月19日まで給与したが、1頭あたりの飼料摂取量は約 1kg/日で配合飼料区の半分であった (図 4A)。この期間の体重変化には個体差があり、2頭の体重は微増したが、残りの2頭は顕著に減少した (図 4B)。そのため平均日増体重は 0.09 kg/日となり、配合飼料区の 0.53 kg/日に比べて有意に低下した

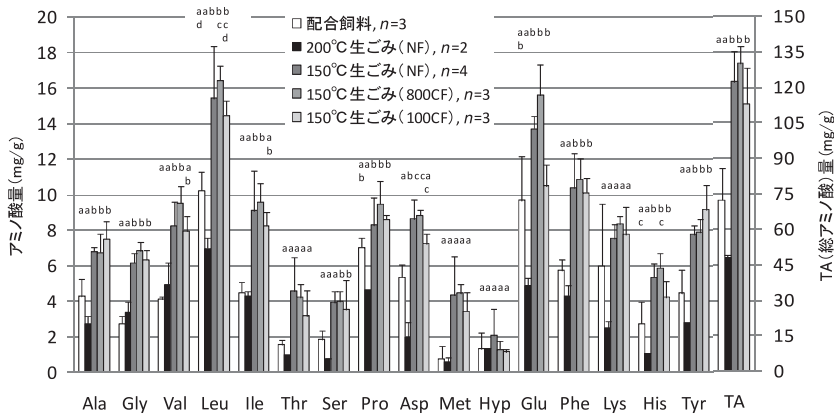


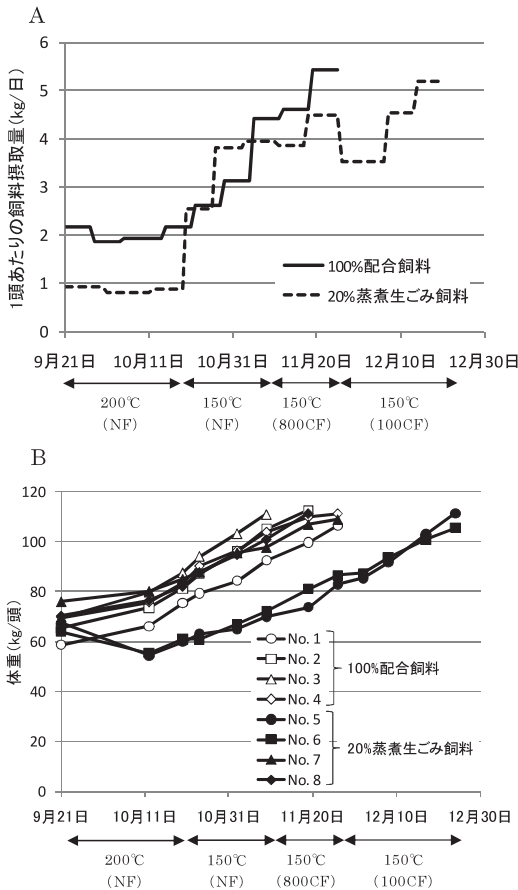
図3 200℃および150℃生ごみ中のアミノ酸組成
 アミノ酸含量は試料の乾燥重量 1g に含まれる重量で表した。対照実験には配合飼料を用いた。バーの長さは、標準偏差を示す。n は分析した画分の数を示す (方法 1.3 参照)。異なるアルファベット間では、Scheffé の多重比較法で、P ≤ 0.05 で有意差あり

図3 200℃および150℃生ごみ中のアミノ酸組成

表5 蒸煮生ごみのラジカル消去能と糖質含量

試料	n*	ラジカル消去能 (μmol-AsA/g 乾重)	遊離糖質 (μmol-Gluc/g 乾重)	遊離還元糖 (μmol-Gluc/g 乾重)
豚配合飼料	3	-0.2±3.3a**	514±130a	44±4a
200℃生ごみ (NF)	2	9.2±1.3b	135±31b	93±14ab
150℃生ごみ (NF)	4	12.2±2.1bc	345±51ab	203±48bc
150℃生ごみ (800CF)	3	16.8±2.0bc	397±109ab	212±38bc
150℃生ごみ (100CF)	3	17.5±2.2c	407±28ab	267±34c

* 分析した画分の数を示す (方法 1.3 参照)
 ** 数値は、平均値 ± 標準偏差を示す。異なるアルファベット間では、Scheffé の多重比較法で、P ≤ 0.05 で有意差あり



20% 蒸煮生ごみ飼料区では、9/21~10/19には200℃生ごみ、10/20~と畜日には150℃生ごみを混合して給与した

図4 配合飼料、20% 200℃生ごみ飼料または20% 150℃生ごみ飼料を与えた時のブタの飼料摂取量(A)と体重変化(B)

表6 配合飼料および20% 蒸煮生ごみ飼料が日増体重に及ぼす影響

飼料	n*	日増体重 (kg/日)	
		9/21~10/19	9/21~と畜日
豚配合飼料	4	0.53±0.06a**	0.75±0.09a
20% 生ごみ飼料	4	0.09±0.32b	0.53±0.12b

* 調査頭数を示す

** 数値は、平均値 ± 標準偏差を示す。異なるアルファベット間では、Schefféの多重比較法で、P≤0.05で有意差あり

(表6)。そこで、給与飼料を、150℃生ごみを混合した飼料に変更し、調査を続けた。飼料の変更直後から、1頭あたりの飼料摂取量が著しく増加し、配合飼料区とほぼ同量となった。2頭は、配合飼料区とほぼ同じ日増体重を示し、遅れることなく110±5kgに到達した。初期の体重増加が遅延した2頭も、日増体重が回復し、最終

表7 200℃生ごみに含まれる蛋白質および脂肪の消化率

飼料*	n**	蛋白質消化率 (%)	脂肪消化率 (%)
配合飼料	3	79.3±0.3a***	60.1±1.7a
200℃生ごみ	4	0b	72.2±4.6b

* 試験に用いた配合飼料は、粗蛋白質を14.9%、粗脂肪を2.5%含む。200℃生ごみは、粗蛋白質を19.3%、粗脂肪を22.3%含む

** 調査頭数を示す

*** 数値は、平均値 ± 標準偏差を示す。異なるアルファベット間では、Schefféの多重比較法で、P≤0.05で有意差あり

表8 20% 蒸煮生ごみ飼料の給与が枝肉の各付けに及ぼす影響

飼料	n*	枝肉重量 (kg)	背脂肪厚 (cm)	等級**
配合飼料	4	74.9±4.8a***	1.6±0.8a	3.5±1.0a
20% 蒸煮生ごみ飼料	4	71.9±1.7a	1.5±0.2a	3.8±0.4a

* 調査頭数を示す

** 等外、並、中、上、極上をそれぞれ1、2、3、4、5点として数値化して求めた値を示す

*** 数値は、平均値 ± 標準偏差を示す。枝肉重量、背脂肪厚の異なるアルファベット間では、Schefféの多重比較法で、P≤0.05で有意差あり。等級の異なるアルファベット間では、Kruskal-Wallis検定で、P≤0.05で有意差あり

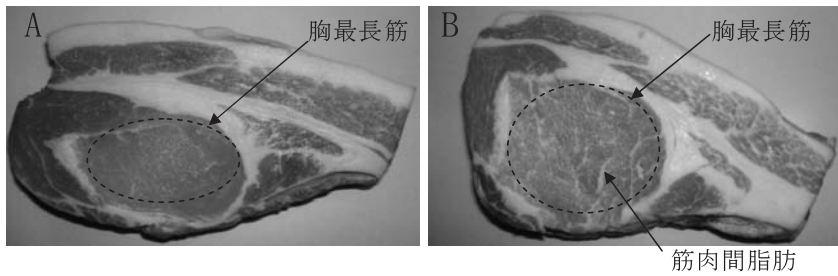
的には配合飼料区ブタと比べて29~46日遅れて110±5kgに達した。ブタの体重が約70kgから110±5kgに達するまでの飼料要求率は、20% 蒸煮生ごみ飼料区で5.4、配合飼料区では4.0であった。

200℃生ごみを混合して給与した期間の体重増加が遅かった原因を調べるため、200℃生ごみ中の蛋白質の消化率を測定したところ、配合飼料の消化率80%に対し、0%と予想通りまったく消化されないことが示唆された。一方、脂肪消化率は72%で、配合飼料の60%よりも高かった(表7)。

9.2 肉質に及ぼす影響

20% 蒸煮生ごみ区ブタ(110±5kg)の枝肉の格付けをと畜場で行ったが、枝肉重量、背脂肪厚および等級はそれぞれ、72kg、1.5cmおよび3.8で配合飼料区ブタと同等であった(表8)。さらに、胸最長筋の成分分析を行ったところ、20% 蒸煮生ごみ区ブタでは、より多くの筋肉間脂肪が見られ(図5)、配合飼料区ブタよりも水分含量が低く、脂肪含量が多かった(表9)。

官能評価試験を行ったところ、20% 蒸煮生ごみ区ブタの胸最長筋はややかたく、歯切れが悪く、うま味があったが、総合評価では配合飼料区ブタとほぼ同等であった(図6)。



胸最長筋は左、第7-8胸椎間を採取した。A：配合飼料区、B：20% 蒸煮生ごみ飼料区
 図5 20% 蒸煮生ごみ飼料がブタ胸最長筋の外観に与える影響

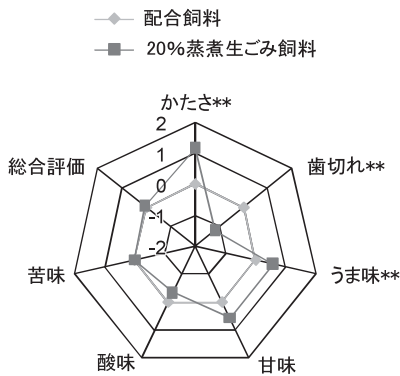
表9 20% 蒸煮生ごみ飼料の給与が豚胸最長筋の水分含量、粗蛋白質および粗脂肪含量に及ぼす影響

飼料	n*	水分含量 (%)**	粗蛋白質含量 (%)	粗脂肪含量 (%)
配合飼料	3	67.5±1.8a***	18.4±1.0a	9.7±1.5a
20% 蒸煮生ごみ飼料	3	59.9±3.8b	16.8±1.0a	20.8±5.2b

* 分析した画分の数を示す (方法 5.2 参照)

** % はブタ胸最長筋の湿重量に対する割合

*** 数値は、平均値 ± 標準偏差を示す。異なるアルファベット間では、Scheffé の多重比較法で、P ≤ 0.05 で有意差あり



対照実験として配合飼料で育成したブタを用いた。
 図中の ** 記号は Scheffé の一対比較法で有意差あり (P ≤ 0.01)
 図6 20% 蒸煮生ごみ飼料で育成したブタの胸最長筋の官能評価

10. 考 察

新潟県胎内市で排出された家庭生ごみは、野菜・果実類を 84~86% と最も多く含んでいた (表1)。野菜・果実類と穀類を合わせた植物性残渣の割合は、88~90% であった。谷川らによれば、植物性残渣は、家庭生ごみの 75~82%、事業系の生ごみの 80~95% を占めており³⁵⁾、植物性残渣が多いことが、生ごみの特徴といえる。季節間、回収日間で各組成は安定しており (表1)、本研究では、生ごみを 1~2 日おきに回収し、腐敗やカビ

の発生したものを除去してから冷蔵保管し、酸化や微生物による栄養成分の変質を防止した。したがって、栄養成分の季節間、回収日間変動は、小さいと考えられる。夾雑物は、1% 以下と少なく、他の報告³⁶⁾と比較すると医療施設並であり、飼料原料として非常に良質といえる。このように市民の協力によって安全性の高い家庭生ごみの収集は可能であり、このようなことに依拠すれば、分別ごみの高温蒸煮により生ごみの飼料化が可能であることが示された。以下に各論を追いながら、生ごみ利用の有効性を考察していく。

10.1 蒸煮生ごみの性状

蒸煮した生ごみから回収される乾燥固形分は、自然濾過で脱水した場合、200℃ 蒸煮よりも 150℃ 蒸煮の方が多いが (表2)、これは、200℃ では、可溶化し液相に移動する有機物の割合が増えたためと推察される。

200℃ 生ごみまたは 150℃ 生ごみは 18~22% (乾燥重量) の粗蛋白質と 10~17% の粗脂肪を含んでおり (表3)、蒸煮していない食堂、飲食店からの厨芥の組成に近かった³⁷⁾。このことは、生ごみ中の粗蛋白質と粗脂肪は蒸煮、脱水、乾燥の工程を経ても失われず、乾燥固形分に残ることを示唆する。ブタ配合飼料の主原料であるトウモロコシの粗蛋白質および粗脂肪含量は 9.2% および 4.4% である²⁸⁾。一方、大豆ではそれぞれ 41.4% と 21.0% である。両原料の粗蛋白質および粗脂肪含量と比較しても、蒸煮生ごみの栄養価は高く、この面からも飼

料として再利用する価値があるといえる。

10.2 ペプシン消化率

非蒸煮生ごみに含まれる蛋白質のペプシン消化率は91%で、配合飼料とほぼ同等であり(表4)、残飯の蛋白質消化率が80~90%前後とする他の報告と一致していた^{38,39)}。一方で、蒸煮生ごみの消化率は低く、200℃生ごみで35%、150℃生ごみで26~56%であった。消化率の低下は重大であるが、この程度であれば、配合飼料の20%を蒸煮生ごみで代替しても特に問題にならない。配合飼料は、15%の粗蛋白質を含み、消化率は83%なので、消化可能な蛋白質は12%含まれる。一方、蒸煮生ごみに含まれる消化可能な蛋白質は、表4の数値から算出すると6~12%である。したがって、20%蒸煮生ごみ混合飼料の消化可能な蛋白質含量は11~12%となりほとんど配合飼料と変わらないと推察される。

自然濾過で脱水した150℃生ごみの消化率は、200℃生ごみおよび遠心濾過で脱水した150℃生ごみに比べて高かった(表4)。このことから、高い消化率の蒸煮生ごみを得るためには、より低い温度で蒸煮し、自然濾過による脱水を行うことが適していると思われる。しかしながら、原料である生ごみの成分変動が影響している可能性もあり、今後十分な検討が必要である。

粗蛋白質の要求量は、肥育後期ブタ(70~115 kg)で摂取飼料量の13%、繁殖育成ブタおよび妊娠ブタ(130~215 kg)では12.5%で⁸⁾、蒸煮生ごみは十分要求量を満たす。子ブタの要求量は17~24%、肥育前期ブタ(30~70 kg)では14.5~15.5%なので、蒸煮生ごみの混合割合を低く抑える必要がある。したがって、蒸煮生ごみは、消化率の改善が求められるものの、混合割合を換えれば、子ブタから種々のステージの飼育ブタの配合飼料の一部代替飼料として利用可能な素材であると評価できる。

10.3 成育への影響

200℃生ごみを混合した飼料に対するブタの嗜好性は低く、給与期間の体重増加は著しく抑制された(図4)。そこで、150℃生ごみを混合した飼料に変えたところ、体重増加が回復し、110±5 kgに達した(図4B)。200℃蒸煮は、150℃蒸煮に比べて生ごみを短時間でペースト化することができ、蒸煮物の脱水も容易であることから、当初われわれはこの方法が有望であると考えた。しかし、嗜好性の低さから、200℃生ごみの有効性を判定することはできなかった。一方で、200℃生ごみを150℃生ごみに変えて肥育試験を継続することにより、150℃生ごみの嗜好性の高さおよび有効性は実証された。今後、

200℃生ごみの有効性をはっきりさせる必要がある。

蒸煮生ごみの臭気は蒸煮条件により変化し、200℃生ごみはコーヒー様、150℃生ごみはカツオブシ様の臭いがした。加熱温度は食品の揮発成分に影響する^{40,41)}ことから、200℃生ごみにはコーヒー様の臭気も含めて揮発性の忌避物質が含まれている可能性がある。200℃生ごみの給与期間では体重増加に個体差が見られた(図4B)ことから、忌避物質への感受性は、個体によって異なると思われる。生ごみを飼料として利用する場合、嗜好性の低下は重大であるので、この忌避物質を特定し、飼料摂取量の低下を回避する方法を確立することは、今後追求する価値のある課題と思われる。

10.4 肉質への影響

枝肉の格付けは、配合飼料区と20%蒸煮生ごみ飼料区で差はなく(表8)、20%蒸煮生ごみ飼料区では脂肪の質による等級の低下もなかった。厨芥は、古くから養豚用飼料として用いられていたが、配合飼料の普及とともにほとんど利用されなくなってきている¹⁾。その理由の一つに厨芥飼料が軟脂の原因となることがあげられる¹⁾。肥育後期ブタでは、飼料中の粗脂肪含量が、軟脂発生防止の目安とされ、5%以下であることが推奨される¹⁾。20%蒸煮生ごみ飼料は、5.1~6.5%の粗脂肪を含んでいて、推奨値の境界であるが、今回の結果から、軟脂を引き起こす可能性は低いと考えられる。

興味深いことに、20%蒸煮生ごみ飼料区ブタでは胸最長筋の筋肉内脂肪または筋肉間脂肪が、配合飼料区ブタより多かった(図5および表9)。ブタは飼料由来の脂肪酸を体脂肪に蓄積する⁴²⁾ことから、蒸煮生ごみに含まれる脂肪酸が、胸最長筋の脂肪組織に移行し、脂肪を増加させたのかもしれない。

官能評価試験では、20%蒸煮生ごみ飼料区ブタの胸最長筋は、配合飼料区ブタのそれより、うま味が強いが(図6)、かたくて歯切れが悪いとされ、総合評価としては同等であった。官能評価において、肉のやわらかさや脂肪の溶けやすさといった個別項目の評価に差があっても、総合評価に差がない場合があり、個別評価に対する嗜好がパネルによって異なることが指摘されている⁴³⁾。かたさや歯切れの悪さは歯ごたえというプラスの要因にもなりうるので、性別や年齢などパネルの選定条件を変えてさらなる評価試験が必要である。

10.5 メイラード反応

われわれは豚糞を120~220℃で蒸煮し、メラノイジンの生成を測定したところ、メラノイジン色素の顕著な増加が蒸煮温度、時間の増加とともに観察された(未発

表データ)。120℃または150℃で蒸煮しても豚糞のメラノイジン色素量は増加しなかったが、180、200および220℃で蒸煮した場合、色素量は蒸煮時間とともに増加した。蒸煮処理では、乾燥法で問題となる酸化は起こりにくいが、非酵素的褐変反応すなわちメイラード反応が起こる。メイラード反応は蛋白質消化率やアミノ酸の生物学的利用率の低下の原因となり^{44,45)}、われわれが蒸煮生ごみで観察した消化率減少の主要原因と思われる。

柑橘類の揮発性油状物⁴⁶⁾、食品廃棄物のそばがら、あんかす、および食品発酵かすまたはその抽出物⁴⁷⁾は、メイラード反応を抑制する効果が報告されており、これらと生ごみを混合して蒸煮することで消化率が改善する可能性が考えられる。

10.6 アミノ酸含量とリジン含量

150℃生ごみは、200℃生ごみおよび配合飼料と比べてアミノ酸を多く含んでいた(図3)。アミノ酸要求量は蛋白質要求量の基礎量で、特に必須アミノ酸要求量は家畜飼料配合設計において重要である。ブタの必須アミノ酸は、リジン、トレオニン、バリン、トリプトファン、ロイシン、イソロイシン、メチオニン、ヒスチジン、フェニルアラニン、アルギニンであり⁸⁾、特にリジンは、ブタの飼料の栄養制限要因となりやすく、日増体重や飼料効率にも影響する^{48,49)}。肥育前期ブタのリジン要求量は0.72~0.85%、肥育後期ブタでは0.56%である⁸⁾。150℃生ごみ中にはリジンが0.8%存在し、配合飼料と同等で、肥育後期ブタの要求量以上であったが、200℃生ごみでは、0.3%と要求量をかなり下回った(図3)。200℃生ごみのアミノ酸含量が低かったのは、蒸煮時のメイラード反応によると思われる。アミノ酸含有量特にリジン含有量から、200℃生ごみよりも150℃生ごみが飼料として適しているといえる。しかし、200℃生ごみも、脂肪の消化率は高く(表7)、必須アミノ酸要求量に基づいて必要要素を保障すれば、飼料として利用する価値はある。

10.7 ラジカル消去活性および糖含量

蒸煮生ごみのラジカル消去能は、乾燥重量1gあたり9.2~17.5 $\mu\text{mol-AsA}$ であった。一方、配合飼料ではラジカル消去能は認められなかった(表5)。飼料中の酸化油脂は、黄ブタの発生や、食肉の風味の悪さの原因となるが⁵⁰⁾、蒸煮生ごみは、高いラジカル消去能により、流通、保存中の脂肪成分の酸化が進みにくいと期待される。また、抗酸化能を有するビタミンEとカテキンをブタに給与すると、筋繊維の構造が安定化し、ブタ肉の酸化が抑制される⁵¹⁾ことから、今後、蒸煮生ごみの肉質

への影響をさらに詳細に検討する必要がある。

150℃生ごみは、配合飼料に比べて遊離還元糖が多かった(表5)。200℃生ごみの遊離還元糖は、150℃生ごみに比べて低い傾向があったが(表5)、これは還元糖がメイラード反応に使われて減少したためと推測される。オリゴ糖の一部は還元糖に含まれるが、ある種のオリゴ糖はプレバイオティクスとして利用され、ブタの発育を促進する効果がある⁵²⁾。また、メイラード反応生成物には抗菌性を有するものもある⁵³⁾。今後、蒸煮生ごみ中の遊離還元糖やメイラード反応生成物の組成を解明し、有効性を多面的に検討するべきかもしれない。

11. 結 論

蒸煮した家庭生ごみは、肥育後期ブタの飼料母剤として利用可能であることを示した。しかし、嗜好性に個体差がある、ペプシン消化率が低く、脂肪含量が高いなど問題点もあった。飼料ブレンドの工夫、蒸煮時間の短縮や脱脂方法の検討などで、これらの弱点を克服できれば、リキッドフィードにも発展する可能性を持つ。

LCA手法を用いた研究では、食品残渣を加熱殺菌してリキッド飼料とした場合、焼却や乾燥飼料化するよりも温室効果ガスの発生量、エネルギー消費量が少ないと評価されている⁵⁴⁾。本実験ではエネルギー収支を考慮していないが、蒸煮後の乾燥工程の省略や余熱利用などの工夫でエネルギー消費を抑えることも可能であろう。

全体として、危険物を混入させずに分別する高い環境意識を持つ市民が廃棄した家庭生ごみは、有効な未利用資源となり、ブタ飼料となり得る一つの再利用の道を多少示すことができた。紙幅の関係でまったく内容は述べなかったが、われわれは、採卵鶏にも150℃生ごみを給与した。その結果、配合飼料を給与した場合と比べて卵質にまったく遜色はなかったという結果を得ている(未発表データ)。この点でも、150℃あるいは200℃生ごみの家畜飼料への転換の可能性は大きく、さらなる詳細な研究が望まれる。

[謝 辞]

本研究は胎内市との共同研究であり、井畑明彦係長を始めとした胎内市職員に感謝します。本原稿を丁寧にご批判頂いた新潟大学農学部小島康夫先生および高田良三先生に感謝します。本研究は平成17年度から平成19年度の農水省「環づくり交付金」によって財政的に支援されたもので農水省に対しここに深く感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 入江正和：都市厨芥（生）を用いた豚の飼養試験，未利用有機物資源の飼料利用ハンドブック 阿部 亮，吉田宣夫，今井明夫，山本英雄編，（株）サイエンスフォーラム，pp.293-297（2000）
- 2) 宮澤賢司，石田幸一，平田哲兵，田中佑一，相 俊彦，富永麻衣子，横山倫子，牧野茂三郎，石井 憲，上野啓介，神田修平，板橋久雄：給食調理残渣飼料の給与が肥育豚の発育と肉質性状に及ぼす影響，フィールドサイエンス，第4号，pp.19-24（2003）
- 3) 小嶋禎夫：乾燥処理した厨房残さの長期給与が産卵鶏の産卵成績および卵殻質に及ぼす影響，日本家禽学会誌，第44巻，J1号，pp.J1-J8（2007）
- 4) R. O. Myer, J. H. Brendemuhl and D. D. Johnson: Evaluation of Dehydrated Restaurant Food Waste Products as Feedstuffs for Finishing Pigs, Journal of Animal Science, Vol. 77, No. 3, pp. 685-692（1999）
- 5) 配合飼料供給安定機構：食品残さ等利用飼料の安全性確保のためのガイドライン，配合飼料供給安定機構（2008）
- 6) 環境省：平成22年度版 環境・循環型社会・生物多様性白書，p.247（2010）
- 7) 川島知之：食品残渣飼料化の技術的課題，畜産の研究，第61巻，第1号，pp.129-133（2007）
- 8) 農業・生物系特定産業技術研究機構：日本飼養標準 豚，中央畜産会，pp.18-21, p.23, pp.34-38, p.64（2005）
- 9) 丹羽美次，中西五十：豆腐粕，パン屑主体サイレージおよびパスタ屑の給与が肥育豚の発育および体脂肪に及ぼす影響，日本養豚学会誌，第39巻，第3号，pp.157-165（2002）
- 10) 三津本充，佐々木啓介，川島知之，佐伯真魚，立川 洋，山本英雄：肥育豚への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，日本畜産学会報，第77巻，第3号，pp.409-416（2006）
- 11) 清水 潮：食品微生物Ⅱ—制御編 食品の保全と微生物，幸書房，p.25（2001）
- 12) S. Notermans, S. Kozaki and M. van Schothorst: Toxin Production by *Clostridium botulinum* in Grass, Applied and Environmental Microbiology, Vol. 38, No. 5, pp. 767-771（1979）
- 13) 清水 潮：食品微生物Ⅰ—基礎編 食品微生物の科学，幸書房，pp.124-160（2001）
- 14) 阪口玄二，梶 玲子：鶏ボツリヌス症，鶏病研究会報，第16巻，増刊号，pp.37-49（1980）
- 15) R. Azuma, T. Hamaoka, H. Shioi, T. Tanji, H. Yamaguchi, K. Shiga and F. Kondo: Case Report of Necrotic Enteritis in Neonatal Pigs Caused by *Clostridium perfringens* Type C, The Japanese Journal of Veterinary Science, Vol. 45, No. 1, pp. 135-137（1983）
- 16) 渡邊洋一郎，石黒典子，梶崎真司，福留憲治，大平徳雄，西岡輝美，大森英之，川島知之：食品残さおよび焼酎粕を用いた発酵リキッド飼料の給与が肥育豚に及ぼす影響，鹿児島農総セ研報（畜産），第2号，pp.27-35（2008）
- 17) 高橋巧一：湿式処理システムⅠ——リキッド発酵飼料の製造，未利用有機物資源の飼料利用ハンドブック 阿部 亮，吉田宣夫，今井明夫，山本英雄編，サイエンスフォーラム，pp.167-170（2000）
- 18) C. Vadrot and J. C. Darbord: Quantitative Evaluation of Prion Inactivation Comparing Steam Sterilization and Chemical Sterilants: Proposed Method for Test Standardization, Journal of Hospital Infection, Vol. 64, No. 2, pp. 143-148（2006）
- 19) 渋川祥子，杉山久仁子：加熱に伴う食品成分の変化，食品加熱の科学，渋川洋子編，朝倉書店，pp.74-103（1996）
- 20) 阿部英則，山川政明：蒸煮処理した小麦稈のめん羊における自由摂取量，乾物消化率，可消化乾物摂取量，北海道立畜試験場研究報告，第24号，pp.18-20（2001）
- 21) 須田郁夫：抗酸化機能 分光学的抗酸化機能評価，食品機能研究法，篠原和毅，鈴木建夫，上野川修一編著，光琳，pp.218-223（2000）
- 22) 中村カホル，滝田聖親，渡部俊宏：基礎食品学実験書第2版，三共出版，pp.88-93, pp.124-126（2002）
- 23) 高橋幸資，和田敬三：新食品学実験法改訂版，朝倉書店，pp.11-14, p.17（1999）
- 24) 飼料分析基準研究会：飼料分析法・解説，日本科学飼料協会，第3章 pp.14-16，第22章 pp.17-18（2004）
- 25) 福井作蔵：還元糖の定量法第2版，学会出版センター，pp.9-11, pp.50-52（1990）
- 26) 長谷川喜代三：食品分析，培風館，p.88（1993）
- 27) ㈱日本食肉格付協会：豚枝肉取引規格（1998）
- 28) 農業技術研究機構：日本標準飼料成分表，中央畜産会，pp.94-97, pp.220-225（2001）
- 29) 武政正明：リン酸カリ試薬による酸化クロム定量法の改良，畜産試験場研究報告，第52号，pp.7-13（1992）
- 30) 家畜改良センター：食肉の官能評価ガイドライン，日本食肉消費総合センター（2005）
- 31) 日本工業標準調査会：官能評価分析—方法 JIS Z9088：2004，日本規格協会（2004）
- 32) 日科技連官能検査委員会：新版官能検査ハンドブック，（財）日本科学技術連盟（1973）
- 33) 古川秀子：おいしさを測る——食品官能検査の実際——，幸書房，pp.55-61（1994）
- 34) 日本工業標準調査会：官能評価分析—用語 JIS Z8144：2004，日本規格協会（2004）
- 35) 谷川 昇，武本敏男，大木秀男，川崎照夫：生ごみの細組成，都市清掃，第50巻，第217号，pp.116-119（1997）
- 36) 藤沢 武：飼料化のための処理システムと課題 1. 都市厨芥の分別収集（1），未利用有機物資源の飼料利用ハンドブック，阿部 亮，吉田宣夫，今井明夫，山本英雄編，サイエンスフォーラム，pp.28-32（2000）
- 37) 大木邦介，入江正和：残飯養豚における軟脂改善（1）——雑残飯の組成と栄養価——，大阪府農林技術センター研究報告，第19号，pp.91-94（1982）
- 38) 蒔田秀夫，渡部 敢：都市厨芥・油温脱水法処理製品を

- 用いた飼養試験, 未利用有機物資源の飼料利用ハンドブック, 阿部 亮, 吉田宣夫, 今井明夫, 山本英雄編, サイエンスフォーラム, pp. 288-292 (2000)
- 39) 大本邦介, 入江正和, 黄 准建, 顧 振華: 乾燥残飯の消化率, 大阪府農林技術センター研究報告, 第 21 号, pp. 67-69 (1984)
- 40) S. M. El-Kayati, H. H. M. Fadel, M. A. Abdel Mageed and S. A. Farghal: Heat and Storage Effects on the Flavour of Peanuts, *Nahrung*, Vol. 42, No. 6, pp. 416-421 (1998)
- 41) J. M. Ames, R. C. E. Guy and G. J. Kipping: Effect of pH, Temperature, and Moisture on the Formation of Volatile Compounds in Glycine/Glucose Model Systems, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 49, No. 9, pp. 4315-4323 (2001)
- 42) 中井博康: 豚飼養と肉質の関係, 新編畜産大事典, 田先威和夫監修, 養賢堂, pp. 966-971 (1996)
- 43) K. Sasaki, T. Nishioka, Y. Ishizuka, M. Saeki, T. Kawashima, M. Irie and M. Mitsumoto: Comparison of Sensory Traits and Preferences between Food Co-product Fermented Liquid (FCFL)-fed and Formula-fed Pork Loin, *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, Vol. 20, No. 8, pp. 1272-1277 (2007)
- 44) P. A. Finot, R. Deutsch and E. Bujard: The Extent of the Maillard Reaction during the Processing of Milk, *Progress in Food and Nutrition Science*, Vol. 5, pp. 345-355 (1981)
- 45) S. Rudloff and B. Lönnerdal: Solubility and Digestibility of Milk Proteins in Infant Formulas Exposed to Different Heat Treatments, *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, Vol. 15, No. 1, pp. 25-33 (1992)
- 46) 大島芳文, 吹春桃子, 生方 信, 松浦信康: メイラード反応抑制物質, 特許公開 2004-35424 (2004)
- 47) 長岡康夫, 河原秀久, 山本秀樹, 芝田隼次, 小幡 齊, 上里新一: メイラード反応阻害剤, 特許公開 2006-256977 (2006)
- 48) J. K. Apple, C. V. Maxwell, D. C. Brown, K. G. Friesen, R. E. Musser, Z. B. Johnson and T. A. Armstrong: Effects of Dietary Lysine and Energy Density on Performance and Carcass Characteristics of Finishing Pigs Fed Ractopamine, *Journal of Animal Science*, Vol. 82, No. 11, pp. 3277-3287 (2004)
- 49) J. T. Yen, J. Klindt, B. J. Kerr and F. C. Buonomo: Lysine Requirement of Finishing Pigs Administered Porcine Somatotropin by Sustained-release Implant, *Journal of Animal Science*, Vol. 83, No. 12, pp. 2789-2797 (2005)
- 50) 入江正和: 脂質酸化物質, 未利用有機物資源の飼料利用ハンドブック, 阿部 亮, 吉田宣夫, 今井明夫, 山本英雄編, サイエンスフォーラム, pp. 211-213 (2000)
- 51) 三津本充, 佐々木啓介, 佐々木浩一, 坂下邦仁, 本間紀之, 久保正法: 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, 第 2 号, pp. 31-32 (2003)
- 52) M. Otsuka, A. Ishida, Y. Nakayama, M. Saito, M. Yamazaki, H. Murakami, Y. Nakamura, M. Matsumoto, K. Mamoto and R. Takada: Dietary Supplementation with Cellooligosaccharide Improves Growth Performance in Weanling Pigs, *Animal Science Journal*, Vol. 75, No. 3, pp. 225-229 (2004)
- 53) 桑原聰子, 清水 潮, 矢嶋瑞夫: 糖——アミノ加熱反応物質の抗微生物作用 (第 1 報) 抗微生物作用に影響する要因, 日本農芸化学会誌, 第 46 巻, 第 2 号, pp. 89-93 (1972)
- 54) A. Ogino, H. Hirooka, A. Ikeguchi, Y. Tanaka, M. Waki, H. Yokoyama and T. Kawashima: Environmental Impact Evaluation of Feeds Prepared from Food Residues using Life Cycle Assessment, *Journal of Environmental Quality*, Vol. 36, No. 4, pp. 1061-1068 (2007)

Treatment of Household Food Waste at High Temperature and High Pressure, and Utilization of the Resulting Material as Pig and Chicken Feeds

Takateru Ishimori*, Ayyakkannu Saravanan*, Toshiyuki Sanada*, Toshio Jho*
 Shinobu Fujimura*, Tadayuki Nishiumi*, Akio Imai**, Tomoyuki Fujii***
 Hideyuki Sato****, Hiroaki Kojima***** and Hidetaka Hori†

* Graduate School of Science and Technology, Niigata University

** Center for Cooperative Research, Niigata University

*** Innovative Research Center for Agricultural Sciences,
 Graduate School of Agricultural Science, Tohoku University

**** Tomioka Biomass Conversion Demonstration Center, Tainai City

***** Keep Clean Inc., Niigata City

† Correspondence should be addressed to Hidetaka Hori :

Graduate School of Science and Technology

(8050 Ikarashi 2-no-cho, Nishi-ku, Niigata-shi, Niigata 950-2181 Japan)

Abstract

Food wastes from households were treated with steam at 150°C for 40 minutes (150SFW) or at 200°C for 150 minutes (200SFW), and the possibilities of developing the resulting materials into livestock feeds were researched. Both SFWs were shown to be composed about 20% of proteins and 20% of lipids, which are higher than the ratios of commercial diets for finishing pigs. On the other hand, pepsin digestibility of both SFWs was 26–56%, which was lower than that of a commercial diet. To estimate the applicability of SFWs as feed, eight pigs, each weighing approximately 70 kg, were divided into test and control groups of four pigs each. In the test group, the pigs were fed diets that were 20% 200SFW for an initial 29 days and were subsequently fed diets that were 15% 150SFW until they reached 110±5 kg. Pigs were fed diets without SFWs in the control group. The daily gains (DG) of two pigs in the test group were similar to those of pigs in the control group through the test period. The other two pigs in the test group had relatively lower DG when 200SFW was given, but ultimately reached 110±5 kg 29–46 days later than pigs in the control group.

Keywords : household food waste, pig feed, feed for laying hens, recycling, high-temperature steam treatment of food waste