

# コンニャクグルコマンナン入り機能性ペットフードの犬・猫による予備試験†

善野修平\*, 薩秀夫\*, 喜久田治郎\*\*, 茂木進\*\*\*, 石井亮\*\*\*\*

## Preliminary test by cats or dogs on functional pet foods containing konjac glucomannan†

Shuhei Zenno\*, Hideo Satsu\*, Haruo Kikuta\*\*, Susumu Moteki\*\*\* and Ryo Ishii\*\*\*\*

Indigestible carbohydrates such as dietary fiber and oligosaccharides are prebiotics to improve intestinal environment, and are said to be effective in maintaining and promoting health. In view of the fact that the majority of pet animals are metabolic syndrome, we have produced many functional pet foods containing indigestible carbohydrates. In this study, the effectiveness of diet and bioregulation was tested by feeding dogs and cats with trial foods containing 0.7-0.8% konjac glucomannan and 11.1-13.3% oligosaccharides. As a result, no apparent changes such as weight loss, but some biological regulatory effects were observed. Specifically, there was a tendency to lower triglyceride and total cholesterol, which are indicators of lipid metabolism, and glucose, which is an indicator of carbohydrate metabolism. The development of bioregulatory pet foods is just beginning, and the outcome of this study will also help.

**Key words** : Preliminary test, Functional pet foods, Konjac glucomannan, Oligosaccharides

### 1 はじめに

動物の体の消化管内に定着した常在菌が腸内細菌である<sup>1)</sup>。腸内細菌は宿主に及ぼす影響によって善玉菌、悪玉菌に大別される。これらの種類や数は、摂取した栄養素、体からの分泌物、腸の壁からはがれ落ちた細胞などを餌にして日々変動している。この腸内細菌の種類や割合の状態が、宿主の健康状態に大きく関わっている<sup>2)</sup>。

善玉菌の増殖を促進し腸内環境を整えるプレバイオティクスの代表的なものに、食物繊維やオリゴ糖などの難消化性糖質がある<sup>3)</sup>。これらはショ糖や澱粉などの消化性糖質とは異なる経路で代謝される<sup>4)5)6)</sup>。未消化物のまま大腸まで到達し、そこに棲息する腸内細菌によって短鎖脂肪酸、炭酸、水素、メタンなどに変換される<sup>4)</sup>。生成した短鎖脂肪酸により、大腸管腔内のpHが低下し、耐酸性の善玉菌が増え、酸性環境に弱い悪玉菌の増殖が抑えられる<sup>4)7)</sup>。この過程の中で腸内環境が改善される。よって、難消化性糖質は健康の保持・増進や疾病の予防・回復に有用であるとされている。

食物繊維の1つに、群馬県で96%以上が生産されるこんにゃく芋(*Amorphophallus konjac*) (Fig.1 左)に含まれるグルコマンナンがある<sup>8)</sup>。グルコマンナンは非常に吸水性が高く、水に溶かすと膨潤し、強い粘性を持つことから肥満防止用の素材として注目されてきた<sup>9)</sup>。

こんにゃく芋を裁断・乾燥・粉砕後、比重分離して澱粉等を除去し、ある程度純粋な形でグルコマンナンを取り出すとこんにゃく精粉になる<sup>10)</sup>。これをさらにアルコール水溶液に分散させて超音波照射し、水溶性・有機溶媒可溶性の物質を洗浄すると、純度95%以上<sup>11)</sup>のコンニャクグルコマンナン(KGM) (Fig.1 右)になる<sup>9)</sup>。このKGMは食物繊維の機能性を活用したい商品(こんにゃくゼリーなど)の用途に利用されている<sup>9)</sup>。

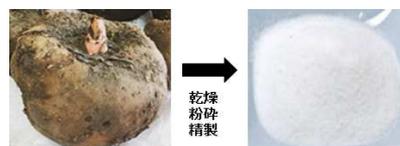


Fig.1 Konjac tuber (left) and konjac glucomannan powder (right).

KGMは主鎖がグルコースとマンノースの5:8の構成比率で $\beta$ -1,4結合した多糖類である(Fig.2)<sup>8)12)</sup>。50~60残基ごとに $\beta$ -1,3結合による分岐があり、分岐点では $\beta$ -1,6結合でグルコース残基に結合している<sup>8)</sup>。また、一部の残基が19個に1個の割合でアセチル化されている<sup>12)</sup>。その平均分子量は100万以上を示し、天然多糖類の中で最大である<sup>12)13)</sup>。KGMは難消化性である水溶性食

† 原稿受理 平成31年2月28日 Received February 28, 2019

\* 生物工学科 (Department of Biotechnology), \*\* 有限会社ハローどうぶつ病院 (Hello Animal Company),

\*\*\* 茂木食品工業株式会社 (Moreki Foods Engineering Co., Ltd.), \*\*\*\* 株式会社G・I (G・I Co., Inc.)

物繊維に分類される。癌<sup>14)15)</sup>、糖尿病<sup>16)19)</sup>、高脂血症<sup>20)</sup>などの予防や、腸内細菌叢の改善<sup>15)21)</sup>などにも有効であると報告されている。

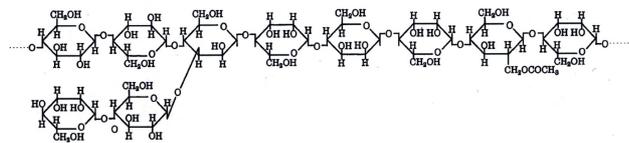


Fig.2 Konjac glucomannan (KGM)<sup>12)</sup>.

オリゴ糖は難消化性であるものが多いことから、腸内細菌叢改善用の素材として、特定保健用食品(トクホ)にも数多く認定されている<sup>22)</sup>。単糖類同士がグリコシド結合した分子量 300-3000 程度のもので、便秘解消、肥満や老化防止、さらに動脈硬化予防などに有効である。

その1つに、乳糖を原料としてβ-ガラクトシダーゼの糖転移反応によって生産されるガラクトオリゴ糖(GOS)がある。GOSは乳糖のガラクトース残基のC4位にさらに1-3個のガラクトース残基がβ-1,4結合した構造を持っている(Fig.3)<sup>23)24)</sup>。小腸でほとんど分解を受けず大腸まで届く難消化性であり<sup>25)</sup>、ビフィズス菌の選択的増殖<sup>26)</sup>や便秘の解消<sup>23)</sup>を促進する効果が確認されている。また、抗う蝕作用やミネラルの吸収促進、コレステロールの低減などの生体調節機能もある<sup>27)</sup>。

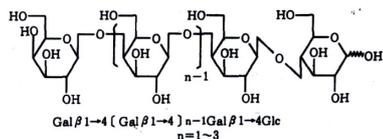


Fig.3 Galacto-oligosaccharides (GOS)<sup>23)</sup>.

もう1つのオリゴ糖として、マルトースを原料にα-グルコシダーゼの糖転移反応により生産されるイソマルトオリゴ糖(IMO)がある。IMOはグルコース分子間のα-1,6結合を有する分枝オリゴ糖で(Fig.4)<sup>28)</sup>、イソマルトース、パノース、イソマルトトリオースが主要な成分である<sup>28)29)</sup>。上品な甘味、高い保湿性と静菌性、耐酸性と耐熱安定性、酵母での非発酵性、澱粉質食品の老化防止など、食品加工素材として優れた性質を持っている<sup>30)</sup>。経口摂取すると小腸で部分的に消化されるが未消化部分は大腸まで到達するので、難消化性と消化性の間に位置付けられる<sup>29)</sup>。生体調節機能としては、腸内細菌叢の改善<sup>29)</sup>、便秘の改善<sup>29)</sup>、抗う蝕作用<sup>27)</sup>が確認されている。

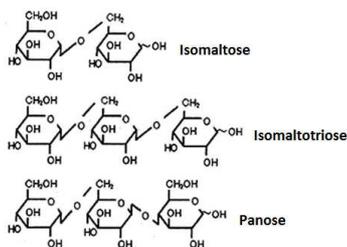


Fig.3 Isomalto-oligosaccharides (IMO)<sup>28)</sup>.

本稿では、食物繊維である KGM とオリゴ糖である GOS あるいは IMO を配合したフードを犬・猫に給餌した試験について示し、その結果を踏まえての今後の課題について説明する。

## 2 KGM と GOS あるいは KGM と IMO を含有したペットフードの犬猫試験

群馬産 KGM を配合したフーズの生体機能性を明らかにするために、犬猫に給餌する試験を実施し、ダイエットと生体調節に対する効果を調べた。

### 2・1 材料と方法

#### 2・1・1 ペットフード

Table 1 に試験用のフード(J, K, L)の組成を示した<sup>31)</sup>。

Table 1 Components of gel-type pet foods<sup>31)</sup>.

| フード | KGM (%) | オリゴ糖 (%) |      | カオキス (%) | 魚醤 (%) | pH  |
|-----|---------|----------|------|----------|--------|-----|
|     |         | GOS      | IMO  |          |        |     |
| J   | 0.80    | 13.3     | -    | 3.0      | 0.38   | 4.8 |
| K   | -       | 13.3     | -    | 3.0      | 0.38   | 4.8 |
| L   | 0.70    | -        | 11.1 | 3.0      | 0.60   | 4.8 |

#### 2・1・2 ペット動物

Table 2 に試験に用いたペット動物を示した。

Table 2 Pet animals used in food functional tests.

| ペット | 動物種 | 品種       | 年齢(才) | 性別  |
|-----|-----|----------|-------|-----|
| A   | 猫   | 雑種       | 8.4   | ♂去勢 |
| B   | 猫   | 雑種       | 5.5   | ♂去勢 |
| C   | 猫   | 雑種       | 1.7   | ♂去勢 |
| D   | 犬   | ダックスフント  | 8.0   | ♂去勢 |
| E   | 猫   | 雑種       | 3.0   | ♂去勢 |
| F   | 猫   | 雑種       | 3.0   | ♂   |
| G   | 猫   | 雑種       | 7.0   | ♀   |
| H   | 犬   | ヨークシャテリア | 2.3   | ♀避妊 |

#### 2・1・3 ペットフードの犬猫試験

KGM 有 GOS フード(J)を3匹の猫(A, B, C)に給餌する試験と、その比較対照としての KGM 無 GOS フード(K)を3匹の猫(E, F, G)に給餌する試験を実施した。給餌のしかたとしては、試験ペットごとに試験フードを朝10g夜10g与え、それとは別に通常ペットフードを朝25g夜25g与えるようにした。この給餌作業を21日間、継続して実施し、試験フード給餌前の0日目と給餌終了の21日目の試験ペットに対して、2・1・4に示す検査を実施した。

また、KGM 有 GOS フード(J)を1匹の犬(D)に給餌する試験と、その比較対照としての KGM 有 IMO フード(L)を1匹の犬(H)に給餌する試験を行った。猫の場合と全く同じようにして、フードの給餌、各検査を実施した。

#### 2・1・4 検査項目

Table 3 に試験したペット動物に対して行った検査項目を示した。食欲、活動量、排便の量、排便の状態に関しては、目視で毎日検査した。体重、血液検査(TG, TC, GLU, BUN, ALP)に関しては、試験フード給餌前の0日

目と給餌終了の 21 日目で実施した。

Table 3 Test items on fed pet animals.

| 検査項目              | 確認できる事項       |
|-------------------|---------------|
| 体重                | ダイエットの効果      |
| 食欲                | フードの嗜好性       |
| 活動量               | 代謝活性の度合       |
| 排便の量              | 便秘解消の効果       |
| 排便の状態             | フードの消化性       |
| トリグリセリド (TG)      | 高脂血症、肥満       |
| 総コレステロール(TC)      | 高脂血症、肥満、肝臓の異常 |
| グルコース(GLU)        | 糖尿病、副腎や甲状腺の異常 |
| 尿素窒素(BUN)         | 腎臓の異常         |
| アルカリホスファターゼ (ALP) | 肝臓や胆道の異常、骨疾患  |

## 2・2 結果と考察

### 2・2・1 犬猫に対する外見上の検査

0.8%KGM/13.3%GOS フード(J), 13.3%GOS フード(K)あるいは0.7%KGM/11.1%IMO フード(L)をペット動物に給餌し、体調の変化、便の量や状態を調べた。どのペット動物も試験フードを嫌がることもなく好んで食べ、体調が悪くなることもなかった。便の状態もほとんど下痢や軟便になることがなかった。0.8%程度の KGM, 13%程度のオリゴ糖を 1 日 20g 摂取しても、5kg 前後のペット動物では健康上に問題が生じないことが分かった。

Fig.5 に、試験フードを給餌する前(0 日目)と後(21 日目)の体重を示した。体重が減少したのが 2 匹(A, C)で、増加したのが 2 匹(B, D)であった。0.8%KGM/13.3%GOS フード(J)の 21 日間の摂取によっては、ダイエット効果が得られないことが分かった。

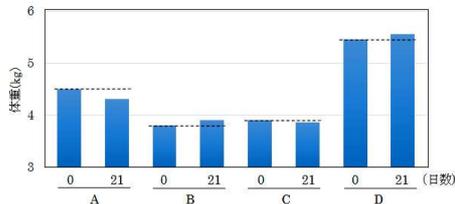


Fig.5 Body weights in cat (A, B, C) and dog (D) fed the KGM food (J).

食物繊維 10 数%のフーズを 112-250 日間給餌した犬や猫で、体重減少が確認されている<sup>32)-35)</sup>。一方、食物繊維フーズを 12-60 日間給餌した場合では体重減少が見られていない<sup>36)37)</sup>。これらのことから考えると、本試験で設定した給餌期間の 21 日間は短すぎたのかもしれない。

### 2・2・2 猫に対する血液検査

Fig.6 に、KGM 有 GOS フード(J)を猫(A, B, C)に給餌する試験と、KGM 無 GOS フード(K)を猫(E, F, G)に給餌する試験で、血液中のトリグリセリド(TG)値を検査した結果を示した。KGM 有フード群で TG の減少が 2 匹(A, C), TG の増加が 1 匹(B)であった。その比較対照である KGM 無フード群でも TG の減少が 2 匹(F, G), TG の増加が 1 匹(E)であった。13.3%GOS フードの 21 日間の摂取で、TG は平均すれば低下する傾向になるとも判断できるが、さらに試験数を増やして再現性を確認する必要があると思われる。

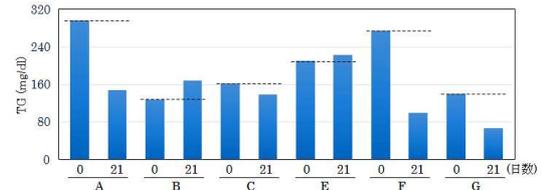


Fig.6 Triglyceride (TG) levels in cat (A, B, C) fed the KGM food (J) and cat (E, F, G) fed the non-KGM food (K).

Fig.7 に、GOS フード(J, K)試験で血液中の総コレステロール(TC)値を検査した結果を示した。KGM 有フード群では TC の減少が 3 匹(A, B, C)全部で確認され、KGM 無フード群では TC の減少が 2 匹(E, F), TG 変化なしが 1 匹(G)となった。13.3%GOS フードの 21 日間の摂取によって、猫の TC 値は低下することが分かった。

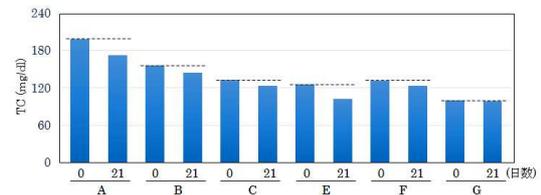


Fig.7 Total cholesterol (TC) levels in cat (A, B, C) fed the KGM food (J) and cat (E, F, G) fed the non-KGM food (K).

Fig.8 に、GOS フード(J, K)試験で血液中のグルコース(GLU)値を検査した結果を示した。KGM 有フード群では GLU の減少が 2 匹(A, B), GLU の増加が 1 匹(C)であった。KGM 無フード群では GLU の減少が 3 匹(E, F, G)であった。13.3%GOS フードの 21 日間摂取によって、猫の GLU 値は低下する可能性が高いと考えられた。10 数%食物繊維フーズを 168 日間<sup>34)</sup>あるいは 20 数%食物繊維フーズを 16 日間<sup>38)</sup>給餌することで、猫の GLU 値が低下したと報告されている。もし、KGM をもっと高く配合できたとすると、KGM フードでも猫の GLU 値を低下させることができるであろうと思われる。

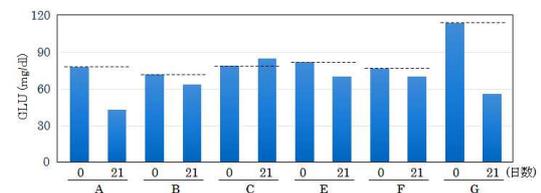


Fig.8 Glucose (GLU) levels in cat (A, B, C) fed the KGM food (J) and cat (E, F, G) fed the non-KGM food (K).

Fig.9 に、GOS フード(J, K)試験で血液中の尿素窒素(BUN)値を検査した結果を示した。KGM 有フード群では BUN の僅かな減少が 2 匹(A, C), BUN の僅かな増加が 1 匹(B)であった。KGM 無フード群では BUN の減少が 1 匹(F), BUN の僅かな減少が 1 匹(G), BUN 変化な

しが1匹(E)であった。13.3%GOS フードの21日間の摂取によって、猫のBUN値はほとんど変化しないと思われる。猫に食物繊維のオオバコ外皮を60日間給餌した試験でも、BUN値は変わっていないと報告されている<sup>39)</sup>。

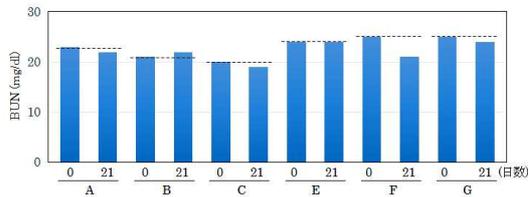


Fig.9 Blood urea nitrogen (BUN) levels in cat (A, B, C) fed the KGM food (J) and cat (E, F, G) fed the non-KGM food (K).

Fig.10に、GOS フード(J, K)試験で血液中のアルカリホスファターゼ(ALP)活性値を検査した結果を示した。KGM 有フード群ではALPの減少が1匹(A)、ALPの増加が2匹(B, C)であった。KGS 無フード群ではALPの減少が1匹(E)、ALPの増加が1匹(G)、ALPほぼ変化なしが1匹(F)であった。13.3%GOS フードの21日間摂取によって、猫のALP活性値は低下しないものと考えられた。

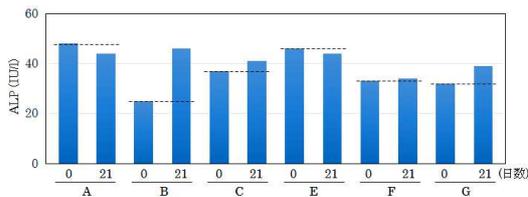


Fig.10 Alkaline phosphatase (ALP) levels in cat (A, B, C) fed the KGM food (J) and cat (E, F, G) fed the non-KGM food (K).

猫の血液検査の結果をまとめると、Table 4 のようになる。試験フード摂取前(0日)と摂取後(21日)での変動を、3匹の猫の検査値の平均より求めると、TG, TC, GLUは減少傾向に、ALPは増加傾向に、BUNは変化しないと判断できる。

Table 4 Summary of blood test in cat fed the KGM food (J) and cat fed the non-KGM food (K).

| フード            | 給餌期間  | 血液検査      |           |            |            |           |
|----------------|-------|-----------|-----------|------------|------------|-----------|
|                |       | TG(mg/dl) | TC(mg/dl) | GLU(mg/dl) | BUN(mg/dl) | ALP(IU/l) |
| J<br>(KGM/GOS) | 0日    | 196±52    | 163±19    | 76±2       | 21±1       | 37±7      |
|                | 21日   | 152±9     | 147±14    | 64±12      | 21±1       | 44±9      |
|                | 変動(%) | -44(-22%) | -18(-11%) | -12(-16%)  | 0(0%)      | 7(+19%)   |
| K<br>(GOS)     | 0日    | 209±39    | 119±10    | 91±12      | 25±1       | 37±5      |
|                | 21日   | 130±9     | 109±8     | 65±5       | 23±1       | 39±3      |
|                | 変動(%) | -79(-38%) | -10(-8%)  | -26(-29%)  | -2(-8%)    | 2(+5%)    |

### 2・2・3 犬に対する血液検査

Fig.11に、KGM 有GOS フード(J)を犬(D)に給餌する試験と、KGM 有IMO フード(L)を犬(H)に給餌する試験で、血液検査(TG, TC, GLU, BUN, ALP)をした結果を

示した。

TG値はGOS フードで減少した。この結果は猫でのGOS フードの結果と一致する(Table 4)。一方、IMO フードでは増加したが、その理由はよく分からない。TG値の低下は1%フルクトオリゴ糖(FOS)では起きないが<sup>40)41)</sup>、5-10%混合飼料(FOS+テンサイ繊維)では起きると報告されている<sup>42)</sup>。また、10数%食物繊維フーズでも、TGの低下がみられている<sup>43)44)</sup>。もしかすると、オリゴ糖より食物繊維の方がTGの低下を導きやすいのかもしれない。

TC値はGOS フードで減少、IMO フードでほぼ変化なしであった。GOS フードの犬の結果は猫の結果(Table 4)と一致している。また、TCの減少は10数%食物繊維フーズでも観察されている<sup>43)44)</sup>。

GLU値は猫での場合(Table 4)と一致してGOS フードで減少した。一方、IMO フードでは増加したが、その理由は不明である。また、5-10% FOS+テンサイ繊維フーズ<sup>42)</sup>や10数%食物繊維フーズ<sup>37)44)</sup>でもGLU値の低下が報告されている。

BUN値はGOS フードでもIMO フードでも増加した。しかしながら、5-10% FOS+テンサイ繊維フーズでは、BUNは減少すると報告されている<sup>42)</sup>。

ALP活性値はGOSとIMOの両フードで増加した。猫の場合でも若干の増加傾向を示している(Table 4)。

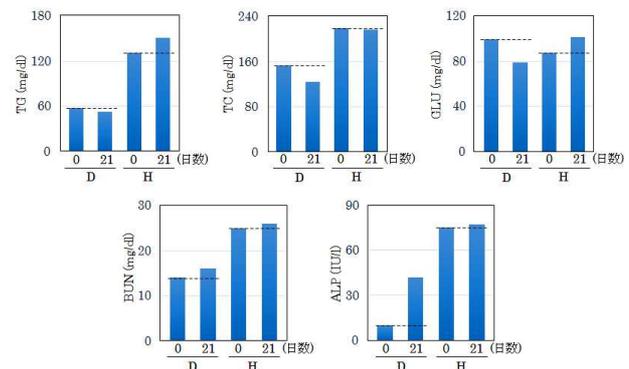


Fig.11 TG, TC, GLU, BUN and ALP levels in dog (D) fed the GOS food (J) and dog (H) fed the IMO food (L).

Fig.11に示す犬のGOSでの血液検査結果は、Table 4に示す猫の血液検査結果とBUNを除いてほぼ一致している。このことは、GOSが犬猫においてTG, TC, GLUを低下させ、ALPを増加させることを示唆している。

## 4 まとめ

コンニャクグルコマンナン入りペットフードに関する第一段の予備的試験を終えて、以下のことが明らかとなった。

- GOSを多く配合したジェルフードは、犬猫のTG, TC, GLUを減少させるサブリとして、十分に可能性がある。
- IMOを多く配合したジェルフードには、犬に対す

る機能性は認められない。

- ③ 試験したジェルフードの KGM 含有量では、KGM 繊維が持つ機能性を見い出せない。
- ④ KGM 含有量の高いドライフード、ウェットフードについて、犬猫試験を実施すべきである。
- ⑤ KGM 含有量を高め、その機能性を発揮させるために、KGM の低分子化やオリゴ化の検討をすべきである。

犬猫を対象とした KGM 含有フードの機能性に関する報告はないが、マウスやラットでの報告はある (Table 5)。

Table 5 Animal test with food containing konjac glucomannan published as a paper.

| 主な検査項目  | KMG量 (%) | 給餌期間 (日) | 試験動物 | 文献番号 |
|---------|----------|----------|------|------|
| 体重      | 8        | 49       | ラット  | 45   |
| 体重      | 5        | 266      | マウス  | 46   |
| 体重      | 5        | 217      | マウス  | 47   |
| 菌叢      | 8        | 28       | マウス  | 21   |
| 菌叢      | 4        | 112      | マウス  | 48   |
| 腫瘍      | 10       | 365      | マウス  | 15   |
| 腫瘍      | 5        | 133      | ラット  | 14   |
| 腫瘍      | 5        | 28       | ラット  | 49   |
| コレステロール | 15       | 126      | ラット  | 50   |
| コレステロール | 15       | 49       | ラット  | 51   |
| コレステロール | 10       | 18       | ラット  | 52   |
| IgA     | 5        | 14       | ラット  | 53   |
| IgA     | 5        | 21       | ラット  | 54   |
| IgE     | 5        | 56       | マウス  | 55   |

検査項目はまちまちであるが、KGM の含有量が 4~15% のフードを作製して試験されている。本試験に用いたフードでは、KGM 含有量が 0.7-0.8% で、ジェル化のために添加した程度である。KGM 効果が確認されているレベルまで、含有量を上げる必要がある。また、給餌期間は 12~365 日 (平均 93 日) とまちまちであるが、本試験での 21 日はそれらと比較して短めである。より長期間の給餌による試験が今後必要ではないかと考える。

## 5 おわりに

本研究は、群馬産の「こんにやく」をキーワードにして、地域活性化を図る狙いで開始された。群馬がらみの関係者が集まって組織され、KGM の高付加価値化を模索している。予防医学的なブームの中、健康への意識が非常に高まっていることを受け、家族同然のペットをターゲットにしたフードの開発を考えるに至った。生体調節機能をはっきりと証明した KGM ペットフードは現在存在しない。今回の犬猫試験は、その信用ある KGM フードを開発するための第一歩として実施された。ペットフードに用いる KGM 素材を、生体調節の機能性に結び付けられるようにするためには、まだすこし時間がかかるであろう。KGM 素材を食物繊維の機能性だけでなく、難消化性オリゴ糖の機能性も持たせるようにすべきである。それが達成された暁には、機能性素材が群馬 KGM だけからなるペットフードを開発できると思われる。

## 謝辞

本研究は、前橋工科大学による平成 30 年度地域活性化研究事業「愛犬用ダイエット・フード開発」によって行われた。

## 参考文献

- 1) 辨野義己, 腸内細菌のチカラ, <https://takeda-kenko.jp/yakuhou/feature/intestinalbacteria/vol01.html>
- 2) 市川知美, 松本つばさ, 広島女学院大学人間生活学部紀要, 3, 105 (2016).
- 3) 田辺賢一, 博士論文(2014), [http://reposit.sun.ac.jp/dspace/bitstream/10561/1002/6/honbun\\_B2tanabe.pdf](http://reposit.sun.ac.jp/dspace/bitstream/10561/1002/6/honbun_B2tanabe.pdf)
- 4) T. Oku and S. Nakamura, Pure Appl. Chem., 74, 1253 (2002).
- 5) M. Roberfroid, G.R. Gibson, L. Hoyles, A.L. McCartney, R. Rastall, I. Rowland, D. Wolvers, B. Watzl, H. Szajewska, B. Stahl, F. Guarner, F. Respondek, K. Whelan, V. Coxam, M.J. Davicco, L. Leotoing, Y. Wittrant, N.M. Delzenne, P.D. Cani, A. M. Neyrinck and A. Meheust, Br. J. Nutr., 104, S1 (2010).
- 6) J.H. Cummings, H.N. Englyst and H.S. Wiggins, Nutr. Rev., 44, 50 (1986).
- 7) J.H. Cummings and G.T. Macfarlane, J. Appl. Bacteriol. 70, 443 (1991).
- 8) 宮越俊一, 化学と教育, 64, 292 (2016)
- 9) 後藤真彦, 日本食生活学会誌, 15, 261 (2005)
- 10) 日本こんにやく協会, 健康な体作り, <http://konnyaku.or.jp/kenkou/index.html>
- 11) 堀江祐範, 杉野紗貴子, 藤本博雄, 山辺啓三, 日本食品工学会誌, 18, 71 (2017)
- 12) 大西伸和, 博士論文(2008), [http://ir.lib.hiroshima-u.ac.jp/files/public/2/27277/20141016160425402088/diss\\_ko4498.pdf](http://ir.lib.hiroshima-u.ac.jp/files/public/2/27277/20141016160425402088/diss_ko4498.pdf)
- 13) 大西伸和, 生物工学会誌, 87, 287 (2009)
- 14) T. Mizutani and T. Mitsuoka, Cancer Lett., 19, 1 (1983).
- 15) T. Mizutani and T. Mitsuoka, Cancer Lett., 17, 27 (1982).
- 16) K. Doi, M. Matsuura, A. Kawara and S. Baba, Lancet, 1, 987 (1979).
- 17) V. Vuksan, D.J.A. Jenkins, P. Spadafora, J.L. Sieven-Piper, R. Owen, E. Vidgen, F. Brighenti, R. Josse, L.A. Leiter and C. Bruce-Thompson, Diabetes Care, 22, 913 (1999).
- 18) V. Vuksan, J.L. Sievenpiper, R. Owen, J.A. Swilley, P. Spadafora, D.L. Jenkins, E. Vidgen, F. Brighenti, R.G. Josse, L.A. Leiter, Z. Xu and R. Novokmet, Diabetes Care, 23, 9 (2000).
- 19) V. Vuksan, J.L. Sievenpiper, Z. Xu, E.Y.Y. Wong, A.L. Jenkins, U. Beljan-Zdravkovic, L.A. Leiter, R.G. Josse and M.P. Stavro, J. Am. Coll. Nutr., 20, 370S (2001).
- 20) H.L. Chen, W.H.H. Sheu, T.S. Tai, Y.P. Liaw and Y.C.

- Chen, J. Am. Coll. Nutr., 22, 36 (2003).
- 21) H.L. Chen, Y.H. Fan, M.E. Chen and Y. Chen, *Nutr.*, 21, 1059 (2005).
- 22) 日本食品機能研究会, オリゴ糖,  
<http://www.jafra.gr.jp/origo1.html>
- 23) 出口ヨリ子, 松本圭介, 伊藤彰敏, 綿貫雅章, *栄養学雑誌*, 55, 13 (1997).
- 24) 谷口肇, 機能性オリゴの生産と利用, [http://stu.isc.chubu.ac.jp/bio/public/ann\\_rep\\_res\\_inst\\_biol\\_func/annual-report\\_v1\\_2001/pdf/37.pdf](http://stu.isc.chubu.ac.jp/bio/public/ann_rep_res_inst_biol_func/annual-report_v1_2001/pdf/37.pdf)
- 25) 長南治, 柴原(曾根)春恵, 高橋理恵, 池田雅和, 菊地(早川)弘子, 石川文保, 木村一雅, 松本圭介, *日本食品科学工学会誌*, 51, 28 (2004).
- 26) 石川文保, 高山博夫, 松本圭介, 伊藤正紀, 長南治, 出口ヨリ子, 菊地(早川)弘子, 綿貫雅章, *ピフィズ*, 9, 5 (1995).
- 27) 中久喜輝夫, *応用糖質科学*, 1, 281 (2011).
- 28) O.O. Ibrahim, *J. Food Chem. Nanotechnol.*, 4, 65 (2018)
- 29) 金子俊之, 河本高伸, 菊地弘恵, 塩田真夫, 弥武経也, 飯野久和, 辻啓介, *日本家政学会誌*, 44, 245 (1993).
- 30) 菅野智栄, *澱粉科学*, 37, 87 (1990).
- 31) 善野修平, 薩秀夫, 茂木進, 喜久田治郎, 石井亮, *前橋工科大学研究紀要*, 22, 49 (2019).
- 32) A.J. German, S.L. Holden, M.L. Wiseman-Orr, J. Reid, A.M. Nolan, V. Biourge, P.J. Morris and E.M. Scott, *The Vet. J.*, 192, 428 (2012).
- 33) A. Tvarijonavičiute, J.J. Ceron, S.L. Holden, V. Biourge, P.J. Morris and A.J. German, *J. Vet. Intern. Med.*, 27, 31 (2013).
- 34) R.W. Nelson, J.C. Scott-Moncrieff, E.C. Feldman, S.E. DeVries-Concannon, P.H. Kass, D.J. Davenport, C.T. Kiernan and L.A. Nwal, *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 216, 1082 (2000).
- 35) N. Bennett, D.S. Greco, M.E. Peterson, C. Kirk, M. Mathes and M.J. Fettman, *J. Feline Med. Surg.*, 8, 73 (2006).
- 36) R.F. Butterwick and P.J. Markwell, *Am. J. Vet. Res.*, 58, 272 (1997).
- 37) R.W. Nelson, C.A. Duesberg, S.L. Ford, E.C. Feldman, D.J. Davenport, C. Kiernan and L. Neal, *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 212, 380 (1998).
- 38) M.M. Fischer, A.M. Kessler, L.R. de Sa, R.S. Vasconcellos, F.O. Filho, S.P. Nogueira, M.C. Oliveira and A.C. Carciofi, *J. Anim. Sci.*, 90, 2233 (2012).
- 39) M. Rishniw and S.G. Wynn, *J. Feline Med. Surg.*, 13, 405 (2011).
- 40) F. Respondek, K.S. Swanson, K.R. Belsito, B.M. Vester, A. Wagner, L. Lstasse and M. Diez, *J. Nutr.*, 138, 1712 (2008).
- 41) R. Ricci, I. Jeusette, J.M. Godeau, B. Contiero and M. Diez, *Br. J. Nutr., Suppl.1*, S120 (2011).
- 42) M. Diez, J.L. Hornickm P. Baldwin and L. Istasse, *Am. J. Vet. Res.*, 58, 1238 (1997).
- 43) L.M. Fleeman, J.S. Rand and P.J. Markwell, *J. Small Anim. Pract.*, 50, 604 (2009).
- 44) C. Pena, L. Suarez, I. Bautista-Castano, M.C. Juste, E. Carreton and J.A. Monyoya-Alonso, *J. Vet. Med. Sci.*, 76, 1305 (2014).
- 45) M. Vazquez-Velascom, L. Gonzalez-Torres, M. T. Mendez, S. Bastida, J. Benedi, M. J. Geozalez-Munoz and F. J. Sanchez-Muniz, *Nutr. Hosp.*, 32, 2718 (2015).
- 46) S. Nakamura, N. Kondo, Y. Ymaguchi, M. Hashiguchi, K. Tanabe, C. Ushiroda, M. Kawahashi-Tokuhisa, K. Yui, M. Miyakoda and T. Oku, *Gastroenterol. Res. Pract.*, 2014, 303184 (2014).
- 47) K. Tanabe, S. Nakamura, M. Moriyama-Hashiguchi, M. Kitajima, H. Ejima, C. Imori and T. Oku, *J. Agric. Food Chem.*, 67, 867 (2019).
- 48) X. Zhai, D. Lin, Y. Zhao, W. Li and X. Yang, *J. Agric. Food Chem.*, 66, 12706 (2018)
- 49) W.-T. Wu and H.-L. Chen, *J. Agric. Food Chem.*, 59, 989 (2011)
- 50) M. Yoshida, J. Sawa, T. Hozumi, H. Mimoto, Y. Ishida, T. Kazumi, K. Doi and S. Baba, *Diabetes Res. Clin. Pract.*, 13, 147 (1991)
- 51) L. Gonzalez-Torres, M. Vazquez-Velascom, R. Olivero-David, S. Bastida, J. Benedi, R. R. Geozalez, M. J. Geozalez-Munoz and F. J. Sanchez-Muniz, *J. Physiol. Biochem.*, 71, 773 (2015).
- 52) C. M. Gallaher, J. Munion, R. Hesslink Jr., J. Wise and D. D. Gallaher, *J. Nutr.*, 130, 2753 (2000)
- 53) B. O. Lim, K. Yamada, M. Nonaka, Y. Kuramoto, P. Hung and M. Sugano, *J. Nutr.*, 127, 663 (1997).
- 54) K. Kudoh, J. Shimizu, A. Ishiyama, M. Wada, T. Takita, Y. Kanke and S. Innami, *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, 45, 173 (1999).
- 55) N. Onishi, S. Kawamoto, M. Nishimura, T. Nakano, T. Aki, S. Shigeta, H. Shimizu, K. Hashimoto and K. Ono, *Int. Arch. Allergy Immunol.*, 136, 258 (2005).