

(原著)

# ラットの盲腸内容物に及ぼすスピルリナの影響

土橋 昇\* 渡邊智子\*\* 高居百合子\*\*\*

## Effects of Spirulina (*Spirulina plantensis*) on Cecum Contents in Rats

Noboru Tsuchihashi, Tomoko Watanabe and Yuriko Takai

(1986年10月31日受付)

### 緒 言

スピルリナ (*Spirulina*) は藍藻類ラセン科に属する微生物で名称の示す通り螺旋状に藻体が連なっている藻類である。この微生物はもともと熱帯地方を中心とする湖沼に自生していたが、近年我が国を初めとして人工培養池で無機態窒素を原料とし大量に生産されるようになった。成分の特徴は蛋白質を60~70%含んでいること<sup>1)</sup>、アミノ酸バランスが優れていること<sup>2) 3)</sup>、各種ビタミン、ミネラルを豊富に含有していること<sup>1)</sup>などである。これらのことからスピルリナの栄養価は高く評価されクロレラと共に将来の有力な蛋白質源、あるいは医療的効果のある食品として期待され、各方面で応用に関する研究が進められている。スピルリナの利用面については飼料資源の他に、食品としてパン・クッキー・チーズ・練り製品・飲料水などに混ぜて用いられ、あるいは、ある種の成分、例えば食餌性繊維質などにみられる医療、保健的効果をもとにした健康食品への応用、更に、スピルリナの持つ特有の色素を利用した青色天然着色料<sup>4)~7)</sup>として製品化されている。最近のバイオテクノロジーの進歩に伴い、スピルリナの利用も増加しつつあるが、市場を見渡すとまだまだ食品としての開発の余地が多く残されている感がする。そこで、未来の食糧として期待がもたれるスピルリナについて、食物繊維の投与効果<sup>8)</sup>の有無を盲腸内における変化としてとらえることに着目した。今回は、渡邊等<sup>9)</sup>の報告した幼ラットの成長に及ぼすスピルリナ投与の影響についての続編として、ラットにおける盲腸内のビタミン産生および *Bifidobacterium*,

*Lactobacillus* の生育に及ぼすスピルリナの影響を検討したので報告する。

### 実験方法

**1. スピルリナ** スピルリナは、大日本インキ化学工業株式会社のタイ国工場、Siam Algae 社の屋外培養池で大量培養を行なった藻体を濾過し水洗後、噴霧乾燥法で粉末化したものを使用した。乾燥スピルリナ粉末中に含まれる主成分<sup>10)</sup>を表1に示した。

**2. 実験動物** 生後4週齢のWister系雄ラットを日本クレア株式会社から購入し実験に供した。2週間、対照飼料で予備飼育後、その間の平均体重増加量と実験開始時の平均体重(初体重)が等しくなるように1群6匹ずつ対照群とスピルリナ群の2群に分けた。

**3. 実験飼料** 飼料組成を表2に示した。スピルリナ群飼料は、対照群飼料に乾燥したスピルリナ粉末を5%添加し調整した。なお、スピルリナに含まれる蛋白質量については、カゼイン量から減じ両群の蛋白質レベルを

表1. 乾燥スピルリナ粉末の成分 (%)

成 分	含 量
水	5.5
粗たんぱく質	60.1
粗脂 肪	7.4
粗 織 維	5.7
粗 灰 分	5.9
可溶性無窒素物	15.4
-----	
クロロフィル a	0.78
総カロチノイド	0.44

\* 本学講師 (食品学) \*\* 本学助手 (栄養学・食品学)

\*\*\* 本学教授 (栄養学・食品学)

表2. 飼料組成 (g)

	対照群	スピルリナ群
α-コーンスターチ	75	73.5
カゼイン	15	11.5
大豆油	5	5
塩類混合*	4	4
ビタミン混合*	1	1
塩化コリン	0.15	0.15
ビタミンA&D	0.15	0.15
乾燥スピルリナ	0	5

\*日本クレア製

合わせ、最終的にα-コーンスターチで調整した。

**4. 飼育方法** 飼育は6室に分離された金網ゲージにラットを1匹ずつ入れ、温度25±2℃、湿度60%、12時間サイクル明暗(明;7:00~19:00)の室内で約100日間行なった。飼料と水は自由摂取とし、飼育期間中、飼料摂取量および体重を測定した。

**5. 実験方法** 飼育期間において飼料摂取量は週3回、体重は週1回測定した。断首屠殺後、直ちに開腹し盲腸内容物の一部は微生物およびpH検査用に、残りは1/50N-HCl溶液に懸濁後、ホモジナイズしビタミン定量に供した。腸内細菌叢は *Bifidobacterium*, *Lactobacillus* について光岡<sup>11)</sup>の方法に従い検討した。試料は炭酸ガスを置換した希釈液に約0.3gとり精秤後、炭酸ガスを置換しながら1/10, 8段希釈を行なった。培養はBSおよび変法LBS培地<sup>11)</sup>にそれぞれの希釈液を0.1ml接種し37℃、48時間、GasPak法<sup>11)</sup>(BBL製, GasPak 150嫌気システム#60628, GasPakH<sub>2</sub>+CO<sub>2</sub>発生袋#70304)に従い行なった。盲腸内のpHは経時的に変化するため、解剖直後、速やかに内容物を5mlの蒸留水に懸濁しpH試験紙(東洋濾紙株式会社製)を用い測定した。ビタミンの定量については、ビタミンB<sub>1</sub>はチオクローム蛍光法<sup>12)</sup>, ビタミンB<sub>2</sub>はルミフラビン蛍光法<sup>13)</sup>に従った。なお、ビタミンの定量は肝臓についても行なった。

**結果および考察**

図1に飼育98日目までの体重変化を成長曲線で示した。全期間を通じスピルリナ群および対照群とも順調な体重増加を示し、外見的な異常は全く認められなかった。両者の体重を比較すると、スピルリナ群は対照群に

比し僅かに高い傾向にあったが、有意差は認められなかった。98日目の体重増加率(体重増加量/初体重)は対照群1.77±0.118, スピルリナ群1.88±0.283であった。

表3に盲腸重量および内容物のpHを示した。スピルリナを投与することによって盲腸内容物重量の増加が認められた。盲腸内容物重量の増加は、当然ながら盲腸重量の増加を示すが、盲腸内容物重量、盲腸重量についてスピルリナ群/対照群の割合をみると前者が1.080, 後者が1.129となり盲腸組織そのものの重量も増加していることがわかる。一般成分中の粗繊維は植物の細胞壁の特徴を反映し、食品への利用面から考えると含量よりむしろ理化学的構造が重要であると考えられる。スピルリナの細胞壁はクロレラに比し含量は少ないが、薄く柔らかい特徴を有していること<sup>1) 14)</sup>は盲腸内における腸内細

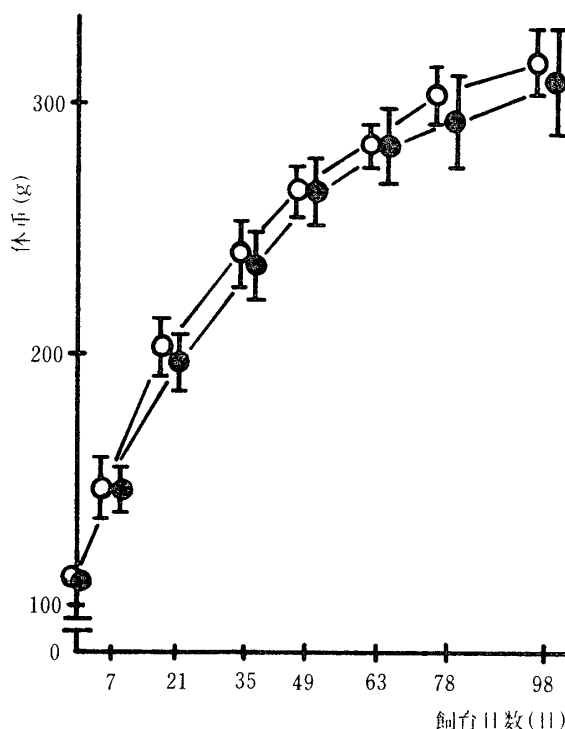


図1. 成長曲線

●対照群 ○スピルリナ群

表3. 盲腸重量および内容物のpH

	対照群	スピルリナ群
盲腸重量**	2.94±0.61*	3.32±0.26
盲腸内容物重量**	1.99±0.40	2.15±0.32
内容物pH	6.6±0.13	6.6±0.23

\*Mean±S. D., \*\*単位: グラム

表4. 盲腸内の Vitamin B<sub>1</sub>およびB<sub>2</sub>量 (μg)

	対照群	スピルリナ群
V. B <sub>1</sub> 量/g 内容物	5.88±1.29*	8.39±4.60
V. B <sub>2</sub> 量/g 内容物	18.21±4.56	18.78±4.58
V. B <sub>1</sub> 量/g 内容物全量	12.89±1.25	18.21±10.90
V. B <sub>2</sub> 量/g 内容物全量	36.78±6.56	38.80±6.70

\*Mean±S. D.

表5. 肝臓中の Vitamin B<sub>1</sub>およびB<sub>2</sub>量 (μg)

	対照群	スピルリナ群
肝臓重量* <sup>1</sup>	9.84±1.08*	9.54±0.68
V. B <sub>1</sub> 量/g 肝臓	11.15±1.04	9.54±0.68
V. B <sub>2</sub> 量/g 肝臓	34.00±3.37	38.21±1.98
V. B <sub>1</sub> 量/g 肝臓全量	106.51±14.29	92.41±12.22
V. B <sub>2</sub> 量/g 肝臓全量	337.46±64.66	367.15±25.21

\*Mean±S. D, \*<sup>1</sup>単位：グラム

菌の増加に期待が持たれる。内容物のは対照群, スピルリナ群とも6.6で全く差が認められなかった。内容物のpHの変化は腸内細菌叢に起因するところが多く、幼ラットでは *Bifidobacterium*, *Lactobacillus* の増加に伴い pH が低下する<sup>15)</sup> <sup>16)</sup>。しかし、長期間ラットを飼育した場合は、腸内細菌叢も変化するため腸内細菌による産生物質が酸性物質に限らず、アルカリ性物質の産生も増加する<sup>17)</sup> ことから *Bifidobacterium* および *Lactobacillus* の増加と pH の低下が一致しないことが推察される。

表4, 5に盲腸内および肝臓中の Vitamin B<sub>1</sub>ならびにB<sub>2</sub>量を示した。スピルリナ群における Vitamin B<sub>1</sub>は対照群に比し盲腸で増加し、肝臓では減少していた。一方、Vitamin B<sub>2</sub>は盲腸では差が認められず、肝臓で増加していた。この結果と飼料中におけるスピルリナ由来のB<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>が微量であることを考え合わせると、スピルリナを投与することによって盲腸内の Vitamin B<sub>1</sub>が増加することが判明した。盲腸および肝臓中のビタミン量については、飼料からの摂取量、微生物による産生および吸収量、生体における吸収および代謝時の利用度などが関係するため、この点については、さらに詳細な検討を要すると思われる。

表6に盲腸内の *Bifidobacterium* および *Lactobacillus* を検討した結果を示した。スピルリナ群/対照群の割合をみると、*Lactobacillus* は増加する傾向にあったが、*Bifidobacterium* については差が認められなかった。*Lactobacillus* は栄養要求が複雑なことで知られているが、*Bifidobacterium* はさらに複雑である<sup>18)</sup>。我々はこれまで、繊維質を多く含む食品や植物細胞の構成成分に化学的な修飾を施した難消化性多糖類をラットに投与し、腸内細菌叢に及ぼす影響について検討してきた。*Bifidobacterium* および *Lactobacillus* に対する繊維質の影響をまとめると、両者に影響を及ぼすもの、どちらか一方だけに影響を及ぼすもの、あるいはどちらにも影響を及ぼさないものに分類できる<sup>19)</sup>。スピルリナは我々の実験から *Lactobacillus* に影響を及ぼすものの仲間に入るとと思われる。最近スピルリナにも乳酸菌生育促進因子の存在が明らかにされつつあるが、この結果はこれを示唆している。さらに、本実験の結果から *Lactobacillus* の増加と盲腸内 Vitamin B<sub>1</sub> の増加に相関関係が考えられるが、この点については、今後

表6. *Bifidobacterium* および *Lactobacillus* の腸内生育に及ぼすスピルリナの影響

	対照群	スピルリナ群	スピルリナ群/対照群
<i>Bifidobacterium</i>			
×10 <sup>9</sup> /g 盲腸	3.00±1.22*	3.50±1.81	1.16
×10 <sup>9</sup> /全盲腸	6.43±3.79	8.06±4.90	1.25
<i>Lactobacillus</i>			
×10 <sup>9</sup> /g 盲腸	3.96±2.68	12.96±4.82	3.27
×10 <sup>9</sup> /全盲腸	7.76±4.55	27.19±7.79	3.50

\*Mean±S. D.

in vitro の実験を行ない検討する予定である。

### 要 約

スピルリナ添加飼料をラットに約100日間投与し、盲腸内容物に及ぼす影響を検討した。結果は以下のとおりである。対照群と比較し、

- 1) 盲腸内容物重量および盲腸組織重量の増加が認められた。
- 2) 盲腸内の Vitamin B<sub>1</sub>量の増加が認められた。
- 3) *Bifidobacterium* および *Lactobacillus* の菌数を測定した結果、*Lactobacillus* のみ増加が認められた。

終わりに、本研究を遂行するにあたり試料を提供して下さった大日本インキ化学工業株式会社バイオ事業部加藤敏光氏に深謝致します。

### 文 献

- 1) 山口迪夫：New Food Industry, 21-2, 34 (1979)
- 2) 本間伸夫ほか：新潟女子短期大学研究紀要, 12, 55 (1975)
- 3) YAMAGUCHI, M. et al.: XIth Int. Nat. Congr. Nutr. (Rio de Janeiro), Abstracts, p. 367 (1978)
- 4) 原島圭二：生物科学, 28, 133, 176 (1976)
- 5) 田中淑人ほか：日本水産学会誌, 42, 197 (1976)
- 6) 秦正 弘ほか：日本水産学会誌, 42, 203 (1976)
- 7) 田中淑人ほか：日本水産学会誌, 42, 885 (1976)
- 8) 印南 敏, 桐山修八編：食物繊維, 242, 第一出版, 東京 (1982)
- 9) 渡邊智子, 高居百合子：千葉県立衛生短期大学紀要, 4-2, 29 (1985)
- 10) 加藤敏光, 竹本和夫ほか：日本栄養・食糧学会誌, 37-4, 323 (1984)
- 11) 光岡知足：腸内菌の世界, 43, 叢文社, 東京 (1984)
- 12) 日本薬学会編：衛生試験法注解, 209, 金原出版, 東京 (1980)
- 13) 同上, p 213
- 14) 川村信一郎：発酵と工業, 35, 854 (1977)
- 15) 土橋 昇, 渡邊智子ほか：千葉県立衛生短期大学紀要, 5-1, 3 (1986)
- 16) 渡邊智子, 土橋 昇ほか：千葉県立衛生短期大学紀要, 5-1, 15 (1986)
- 17) 光岡知足：腸内細菌の話, 154, 岩波新書, 東京 (1978)
- 18) R. E. Buchanan et al.: Bergey's Manual Determinative Bacteriology, 8th Edition, 576, 669 (1978)
- 19) 土橋 昇, 渡邊智子ほか：未発表