報 文

南極オキアミたん白質のラットに対する栄養価の検討†

松 本 恵 子, 一寸木 宗一, 浜 倉 大 全*

前 川 昭 男, 鈴 木 隆 雄

東京農業大学農芸化学科栄養食品化学研究室

* 神奈川県水産公社

Nutritive Evaluation of *Euphausia superba* Protein in Rats

Keiko MATUMOTO, Soichi CHOKKI, Daizen HAMAKURA*

Akio MAEKAWA and Takao SUZUKI

Laboratory of Food and Nutrition, Dept. of Agricultural Chemistry,
Tokyo University of Agriculture, Setagaya-ku, Tokyo

* Kanagawa Prefectural Fishery Co-operation, Isogoku-ku, Yokohama

Nutritive values of raw *Euphausia superba* (*E. superba*) protein concentrate, raw *E. superba* powder and preboiled *E. superba* powder were compared with that of whole egg protein in rats and the following results were obtained.

(1) Average weight gains of rats fed with raw *E. superba* protein concentrate and preboiled *E. superba* powder were not significantly different from that of rats fed with whole egg protein. On the other hand, the group fed with raw *E. superba* powder showed a slightly lower growth than those fed with whole egg protein.

(2) Biological value, digestibility and not protein utilization of raw *E. superba* protein concentrate fed group closely resembled to those of whole egg protein group. But, raw *E. superba* powder and preboiled *E. superba* powder groups obtained low values in comparison to whole egg protein group.

(3) A/U×intake protein value in the raw *E. superba* protein concentrate group was similar to that of whole egg protein group. Moreover, raw *E. superba* powder and preboiled *E. superba* powder groups gave low values significantly different from that of whole egg protein group.

The above results indicate that the *E. superba* protein has a good quality.

(Received November 19, 1975)

第1報¹⁾において著者らは、南極オキアミ（以下オキアミと記す）より0.05% NaOHを用いてたん白質を抽出し、たん白質82%を含むオキアミたん白標品を得た。そのアミノ酸組成は、全卵たん白質と比較して含硫アミノ酸以外はよく類似しており、卵価87であった。さらにペプシンによる人工消化試験において、消化率は全卵たん白質と同程度であることを認めた。一方、オキアミ乾燥粉末を調製し人工消化試験を行なった。

本報においては前報で調製したオキアミたん白標品、オキアミ乾燥粉末の白ネズミに対する栄養価を検討し

た。栄養価の評価は肝キサンチン酸化酵素活性、アラントイン/尿素×たん白質摂取量(A/U×I·p)、体重増加量、生物価、消化率、正味たん白質利用率(NPU)等について行ない、全卵たん白質と比較検討した。

実 験 方 法

1. 動物実験および飼育法

体重約50g前後のウィスター系、雄、白ネズミを用い、第1報¹⁾に記載した調製法により得られたオキアミたん白標品、生オキアミ乾燥粉末、煮熟オキアミ乾燥粉末の3試料ならびに比較対照として全卵たん白質（太陽工業製）をたん白質源として用い、1区10頭として4区に分け14日間飼育した。

飼料組成はTable 1に示すごとく、20%たん白レベルになるように次のごとく調製した。すなわち、全卵たん白質20.3%、オキアミたん白標品28.1%、生オキア

† *Euphausia superba* (南極オキアミ)の栄養食品化学的研究(第2報)

Nutritional Studies on *Euphausia superba* as a Food Source (Part 2)

〒156 東京都世田谷区桜丘 1-1-1

* 〒235 横浜市磯子区新磯子町 15

Table 1. Compositions of diet (contg. 20% protein).

Protein source				
A. Whole egg protein	20.3%			
B. Raw <i>E. superba</i> protein concentrate		28.1		
C. Raw <i>E. superba</i> powder			32.8	
D. Preboiled <i>E. superba</i> powder				36.4
Wheat starch	63.7	55.9	51.2	47.6
Soybean oil (contg. cod-liver oil 4%)	10	10	10	10
Mineral mixture*	5	5	5	5
Vitamin mixture*	1	1	1	1

* Harper, A.: *J. Nutr.*, 68, 405 (1955).

Cellulose powder (1 g) was added to each diet (100 g).

ミ乾燥粉末 32.8%, 煮熟オキアミ乾燥粉末 36.4% とし、ミネラルおよびビタミン混合は Harper²⁾ に準じて調製した。

上記飼料を 1 日 1 回、一定時間に水とともに更新して自由飽食させた。なお、1 日の摂取量ならびに体重増加量も同時に測定した。上記 4 区の白ネズミは代謝ケージを用い、温度 $22 \pm 3^\circ\text{C}$ 、湿度 $55 \pm 5\%$ 、12 時間ごと明暗に保たれた動物飼育室で飼育した。

2. 白ネズミ肝臓キサンチン酸化酵素活性の測定法^{3,4)}

白ネズミは飼育期間終了後、1 昼夜絶食させたのち、断首放血、肝臓を摘出ドライアイスで凍結し、 -25°C に保存して実験に供した。粗酵素液の調製法は、村松らの方法³⁾ に準じて行なった。キサンチン酸化酵素活性はワールブルグ検圧計を用い、その酸素吸収量から比較検討を行なった。酵素反応組成は、主室に粗酵素液 1.5 ml、1/15M リン酸緩液 (pH 7.4) 0.95 ml、0.0113 M メチレンブルー 0.15 ml、側室には基質として 1/20M NaOH で溶解した 1/40 M キサンチン 0.20 ml を入れ、全液量を 3.0 ml とした。

3. アラントイン/尿素×たん白質摂取量 ($A/U \times I \cdot p$) の測定法

桐山、芦田ら^{5,6)} は体たん白質合成と核酸代謝との間に密接な関係があることを推測し、白ネズミに良質のたん白質を与えた場合、アラントインの排泄量が比較的多く、低質になるにしたがって少なくなることを報告している。

以上の知見に基づき白ネズミ尿中の尿素、アラントイン量を測定し、 $A/U \times I \cdot p$ 値を求めた。アラントインは E.G. Yong らの方法⁷⁾、尿素はジアセチルカルバジド直接法⁸⁾ によって定量した。

4. 生物価、消化率、正味たん白質利用率の測定法^{9,10)}

離乳直後、体重約 30 g 前後のウィスター系、雄、白ネズミを用い飼料組成および飼育法は 1. に準じて行な

い、1 区 13 頭として 30 日間飼育した。各区 13 頭のうち 10 頭については、毎日の窒素摂取量と糞尿中の窒素量を測定した。3 頭については、飼育試験終了 10 日前より無たん白食とし、内因性の窒素を求めるために糞尿中の窒素量を測定した。これらの測定値から生物価を求め、さらに消化率、正味たん白質利用率 (NPU) を算出した。

結 果

1. 白ネズミ肝臓キサンチン酸化酵素活性

白ネズミ肝臓キサンチン酸化酵素活性について、ワールブルグ検圧計を用い酸素吸収量から比較検討した結果、Table 2 に示すごとく活性はオキアミたん白標品投与区において 404 ± 46.3 、全卵たん白質投与区 418.4 ± 82.4 、生オキアミ乾燥粉末投与区 284.3 ± 19.6 、煮熟オキアミ乾燥粉末投与区 267.3 ± 18.8 であり、全卵たん白質投与区とオキアミたん白標品投与区では、 $|t|_{0.25} < p_{0.05} = 2.306$ で有意の差は認められず、生オキアミ乾燥粉末および煮熟オキアミ乾燥粉末投与区では $|t|_{5.03}, |t|_{6.80} > p_{0.05} = 2.306$ で有意の差が認められた。

2. アラントイン/尿素×たん白質摂取量 ($A/U \times I \cdot p$)

$A/U \times I \cdot p$ 値は Table 3 に示すごとく、オキアミたん白標品投与区 24.3 ± 2.2 、対照の全卵たん白質投与区 22.4 ± 3.2 で $|t|_{1.29} < p_{0.05} = 2.306$ となり、有意の差は認められなかった。また、生オキアミ乾燥粉末投与区 13.7 ± 1.2 、煮熟オキアミ乾燥粉末投与区 14.7 ± 1.7 であり、 $|t|_{15.7}, |t|_{13.3} > p_{0.05} = 2.306$ でいずれも有意の差が認められた。

3. 白ネズミの育成

白ネズミの体重増加量は Table 4 に示すごとく、オキアミたん白標品投与区は全卵たん白質投与区とほぼ同程度の結果が得られ、また生オキアミ乾燥粉末投与区、煮熟オキアミ乾燥粉末投与区では全卵たん白質投与区に

Table 2. Liver xanthine oxidase activities in rats fed with samples prepared from *E. superba* and whole egg protein.

Group	No. of rats	Unit activity*
A. Whole egg protein	5	418.4±82.4**
B. Raw <i>E. superba</i> protein concentrate	5	404.3±46.3 ^{B)}
C. Raw <i>E. superba</i> powder	5	284.3±19.6 ^{C)}
D. Preboiled <i>E. superba</i> powder	5	267.3±18.8 ^{D)}

* O₂ μl/hr/liver(g), ** mean±standard deviation.^{B)} not significantly different between whole egg protein group and B group.^{C), D)} significantly different ($p<0.05$) from whole egg protein group.Table 3. A/U values in rats fed with samples prepared from *E. superba* and whole egg protein.

Group	No. of rats	Allantoin*	Urea*	Intake protein	A/U×I·p
A. Whole egg protein	5	27.85±1.42	266.5±39.04	2.14±0.14	22.4±3.2**
B. Raw <i>E. superba</i> protein concentrate	5	28.37±1.61	256.0±40.56	2.19±0.07	24.3±2.2 ^{B)}
C. Raw <i>E. superba</i> powder	5	17.10±0.83	207.2±32.76	1.66±1.91	13.7±1.2 ^{C)}
D. Preboiled <i>E. superba</i> powder	5	18.20±2.67	239.2±20.23	1.92±0.32	14.6±0.5 ^{D)}

* mg/day/rat, ** mean±standard deviation.

^{B)} not significantly different between whole egg protein group and B group.^{C), D)} significantly different ($p<0.05$) from whole egg protein group.Table 4. Weight gain of rats fed with samples prepared from *E. superba* and whole egg protein.

Group	No. of rats	Initial (g)	Final (g)	Wt. gain (g)
A. Whole egg protein	10	31.8±1.9	155.1±20.0	113.7±15.4*
B. Raw <i>E. superba</i> protein concentrate	10	31.6±2.7	150.1±14.5	118.5±15.5 ^{B)}
C. Raw <i>E. superba</i> powder	10	31.1±2.2	128.1±16.1	94.6±15.1 ^{C)}
D. Preboiled <i>E. superba</i> powder	10	30.6±2.5	136.8±7.4	105.4±6.3 ^{D)}

* mean±standard deviation.

^{B), D)} B and D groups were not significantly different from whole egg protein group.^{C)} significantly different ($p<0.05$) from whole egg protein group.

比較して、やや生長が劣る結果が得られた。すなわち、オキアミたん白製品投与区では 118.5±15.5、全卵たん白質投与区で 113.7±15.4、生オキアミ乾燥粉末投与区で 94.6±15.1、煮熟オキアミ乾燥粉末投与区で 105.4±6.3 の体重増加量が認められた。この結果、全卵たん白質投与区とオキアミたん白製品投与区および煮熟オキアミ乾燥粉末投与区で $|t|_{1.276}, |t|_{1.32} < p_{0.05} = 2.101$ となり、有意の差は認められなかった。生オキアミ乾燥粉末投与区では $|t|_{2.34} > p_{0.05} = 2.101$ となり、有意の差が認められた。

4. 生物価、正味たん白質利用率、消化率

Table 5 に示すごとく、オキアミたん白製品投与区における生物価は 73.5±7.6、正味たん白質利用率 72.0±3.0、消化率 99.2±3.5% であった。全卵たん白質投与区では生物価 84.0±7.5、正味たん白質利用率 80.4±2.7、消化率 95.9±0.4% であり、さらに生オキアミ乾燥粉末投与区では生物価 56.1±7.7、正味たん白質利用率 55.8±7.3、消化率 94.1±0.2%、煮熟オキアミ乾燥粉末投与区では生物価 66.6±2.1、正味たん白質利用率 62.5±2.4、消化率 94.5±1.1 であった。全卵たん

Table 5. Nutritive values of samples prepared from *E. superba* and whole egg protein.

Group	No. of rats	B.V.	Digestibility %	N.P.U.
A. Whole egg protein	5	84.0±7.5	95.9±0.4	80.4±2.7*
B. Raw <i>E. superba</i> protein concentrate	5	73.5±7.6 ^{B)}	99.2±3.5 ^{B)}	72.0±3.0 ^{B)}
C. Raw <i>E. superba</i> powder	5	56.1±7.7 ^{C)}	94.1±0.2 ^{C)}	59.6±7.3 ^{C)}
D. Preboiled <i>E. superba</i> powder	5	66.6±2.1 ^{D)}	94.5±1.1 ^{D)}	62.5±2.4 ^{D)}

* mean±standard deviation.

^{B)} not significantly different between whole egg protein group and B group.

^{C), D)} significantly different ($p<0.05$) from whole egg protein group.

白質投与区とオキアミたん白標品投与区の生物価, 正味たん白質利用率の有意差検定は $p_{0.05}$ で, 有意の差が認められなかった。生オキアミ乾燥粉末投与区および煮熟オキアミ乾燥粉末投与区と全卵たん白質投与区の間ではいずれも $p_{0.05}$ で有意差が認められた。

考 察

第1報においてオキアミより抽出したたん白標品は, そのアミノ酸組成から制限アミノ酸は含硫アミノ酸であり卵価 87 であったが, 今回白ネズミを用いて, 肝キサンチン酸化酵素活性, $A/U \times I \cdot p$ 値, 体重増加量, 生物価, 消化率, NPU 等を測定した結果, 全卵たん白質とはほぼ同程度の栄養価であることを認めた。

Sidhu は, オキアミをイソプロパノール処理した魚粉タイプの濃縮たん白製品が白ネズミに対してカゼインと同程度のたん白質効率, 成長率を示すことを報告¹¹⁾しているが, 著者らの得た結果とあわせて, オキアミのたん白質の栄養価は高いと判断される。したがって, 今後実用的な見地からオキアミたん白の有効な利用を考慮し, 効率のよいオキアミたん白調製法を開発するとともに, 穀類に対する補足効果についても研究を進めたい。

次に, オキアミ乾燥粉末は, 前報の人工消化試験において, 消化率が低いことを認めたが, 今回の実験で白ネズミに対しては, 2種の乾燥粉末試料とも生物価 56.1±7.7, 66.6±2.1, 消化率 94.1±0.2%, 94.5±1.1% で消化率は人工消化試験の値より高く, オキアミは乾燥粉末としても動物によく利用されることが明らかとなった。この結果, 原料オキアミの状態によっては乾燥粉末の製品として用途が広いと考えられる。

要 約

1) 白ネズミ肝臓キサンチン酸化酵素活性は, オキアミたん白標品投与区と全卵たん白質投与区とは差が認められなかった。

2) $A/U \times I \cdot p$ 値は対照とした全卵たん白質投与区と

オキアミたん白標品投与区ではほぼ同値であったが, 生オキアミ乾燥粉末投与区および煮熟オキアミ乾燥粉末投与区において, $A/U \times I \cdot p$ 値は全卵たん白質投与区, オキアミたん白標品投与区より低い結果が得られた。

3) 白ネズミの体重増加量は, オキアミたん白標品投与区と全卵たん白質投与区とはほぼ同程度であった。また, 生オキアミ乾燥粉末投与区, 煮熟オキアミ乾燥粉末投与区では全卵たん白質投与区に比較して, 生長がやや劣る結果が得られた。

4) 生物価, 正味たん白質利用率, 消化率は, オキアミたん白標品投与区と全卵たん白質投与区とで, ほぼ同程度であった。

本研究を遂行するにあたり貴重な試料を提供された食品産業センター難波部長, 新井氏, 神奈川県水産公社に付記して衷心より感謝いたします。

本研究の概要は昭和49年11月に行なわれた日本栄養・食糧学会関東支部会で報告した。

文 献

- 1) 松木恵子, 一寸木宗一, 浜倉大全, 前川昭男, 鈴木隆雄: 栄養と食糧, 29, 347 (1976)
- 2) Harper, A.: *J. Nutr.*, 68, 405 (1955)
- 3) 村松敬一郎, 矢野俊子, 芦田 淳: 農化, 28, 984 (1954)
- 4) Axelrod, A.E. and Eluehjem, C.A.: *J. Biol. Chem.*, 140, 725 (1941)
- 5) 桐山修八, 芦田 淳: 生化学, 32, 185 (1960)
- 6) 桐山修八, 芦田 淳: 栄養と食糧, 14, 12 (1961)
- 7) Young, E.G. and Conway, C.F.: *J. Biol. Chem.*, 167, 535 (1947)
- 8) Marsh, W.H. et al.: *Clin. Chem.*, 11, 624 (1965)
- 9) 森本 宏: 動物栄養試験法 (1971), 養賢堂
- 10) 島蘭順雄, 中川一郎: タンパク質, アミノ酸の栄養学, 268~269 (1964), 朝倉書店
- 11) Sidhu, G.S. et al.: *J. Sci. Food Agr.*, 21, 293 (1970)

(昭和50年11月19日受理)