

ニワトリヒナによる酵母蛋白質飼料の利用性

唐澤 豊・久保田 徹

信州大学農学部 家畜飼養・飼料学教室

緒 言

炭化水素資化酵母についてニワトリで多くの飼養試験が行われ、ME 値は高いものでは乾物 g 当たり 3.38kcal で亜硫酸廃液酵母より高く、粗蛋白質の消化率は 84%、成長も大豆粕魚粉飼料と同様によいことが報告されている^{1,2)}。しかし、炭化水素資化酵母は大豆粕魚粉の多くても半分程度まで置換するのが限度で、それ以上になるとヒナの成長と飼料摂取量の低下をきたすことが知られている³⁻⁵⁾。その原因の一つは石油臭とも考えられるが、石油臭のないものについてもそのような現象が認められることから理由については現在不明である²⁾。

単細胞蛋白質である酵母や細菌は、多量の核酸窒素を含むことが知られ、Strijewski and Wagner⁶⁾によれば酵母は全窒素の 13~22%、細菌は 16~24%の核酸窒素を含んでいるという。この核酸窒素の利用性と共に核酸分解産物であるプリン、ピリミジン塩基のニワトリの窒素代謝に及ぼす影響を明らかにすることは、微生物蛋白質を飼料原料として利用するうえで重要であろう。しかし、ニワトリで RNA の消化率が 77%であるとの報告⁷⁾はあるものの、これらの点についての検討はほとんどなされていない。

本研究は、通常培地で培養された酵母だけを蛋白質源とする飼料と大豆粕飼料のヒナによる摂食量と利用性を比較検討し、あわせて酵母中に含まれる核酸窒素と飼料中窒素の利用性およびヒナの終末窒素代謝との関係についても検討することを目的とした。

材料および方法

本実験では、ハイライン W36 の初生雄雛 24羽を供試した。ヒナは実験期間中約 30°C に加温調節した金属製個体ケージに収容し、市販幼雛用飼料を給与して 1 週間予備飼育した。予備飼育後、ヒナは無作為に 6羽ずつ 4区に割り当て実験飼料を 20日間給与した。飼料と水は予備飼育時から実験終了時までヒナに自由摂取させた。

実験に供試した A、B および C 酵母（協和醸酵工業株式会社製）は通常培地で培養されたもので、それぞれ粗蛋白質を 57.1、48.5 および 55.3%、粗脂肪を 0.9、10.6 および 1.9%、粗線維を 3.5、3.2 および 4.7%、粗灰分を 4.4、6.5 および 5.5%、炭水化物を 29.6、28.6 および 25.3% 含んでいた。また、B および C 酵母はグルタチオンをそれぞれ 2.07、3.19% 含んでいた。

対照飼料給与区（対照区）は、単離大豆粕（ISB）を蛋白質源とし、この ISB をすべて A、

BおよびC酵母でそれぞれ置換したA区, B区およびC区の3区を実験飼料給与区とした。各飼料の組成を Table 1 に示した。全飼料の CP は21.33%とし, 幼雛のアミノ酸要求量(NRC 標準)を満足し, 飼料間の必須アミノ酸組成を一定にするため結晶アミノ酸を添加した。添加後の各飼料の必須アミノ酸の組成(%)は, アルギニン1.63, グリシン1.00, ヒステジン0.48, イソロイシン1.00, ロイシン1.94, リジン1.53, メチオニン+シスチン0.74,

Table 1 Composition (%) of experimental diets

	Control	A	B	C
Variable				
Cornstarch	63.36	51.95	45.50	51.35
Soybean meal ¹⁾	23.53			
Yeast A		31.52		
Yeast B			36.49	
Yeast C				29.84
Amino acid addition				
Arg		0.72	0.72	0.64
Gly	0.26	0.22	0.09	0.23
His		0.02	0.07	0.11
Ile		0.01	0.17	0.26
Leu		0.46	0.75	0.85
Lys	0.03		0.27	0.40
Met+Cys	0.11	0.33	0.02	
Phe+Try		0.78	1.09	1.19
Thr	0.01		0.09	0.25
Trp		0.04	0.09	0.11
Val		0.11	0.27	0.37
Glu	0.92	0.64		0.42
Constants				
Cellulose powder ²⁾	4.00	4.00	4.00	4.00
Corn oil	2.00	2.00	2.00	2.00
Mineral mix ³⁾	6.49	6.49	6.49	6.49
Vitamin mix ³⁾	1.22	1.22	1.22	1.22
Choline chloride	0.27	0.27	0.27	0.27
Calculated CP	21.33	21.33	21.33	21.33
Determined ME (kcal/kg)	3,491	3,053	3,362	3,435
Calculated purines		0.563	0.563	0.563
DNA		0.040	0.050	0.033
RNA		0.523	0.513	0.530
Purine N/Total N		3.8	3.9	4.1

1) Fujipro-R (CP 85%), Fuji Oil Co., Ltd, Osaka, Japan.

2) HP310, Kojin Co., Ltd, Tokyo, Japan.

3) Nesheim *et al.* (1962).

フェニルアラニン+チロシン2.37, スレオニン0.98, トリプトファン0.29およびバリン1.24であった。また、各実験飼料のプリン含量は0.563%に調整した。代謝エネルギー (ME) は摂取飼料の総エネルギーと総排泄エネルギーの実測値の差とした。得られた給与実験飼料のME測定値は対照区, A区, B区およびC区でそれぞれ3491, 3053, 3362および3435 kcal/kgであった。なおME算出の際の窒素補正は行わなかった。

飼料摂取量は実験期間中毎日、体重は実験開始後0日, 5日, 10日, 15日および20日の午前9時に測定した。総排泄物は、実験期間の最後の3日間すなわち実験開始18日目の午前9時から21日の午前9時までの全量を採取した。総排泄物は採取直後5%塩酸を噴霧し約55°Cで通風乾燥後粉碎し、窒素含量をマイクロケルダール法で、尿酸含量を、Pudelkiewiczら⁸⁾の酵素法で測定した。また、MEを測定するための各飼料と総排泄物のエネルギーは、ボンブカロリメーター(燃研式)で測定した。

データの統計分析は、平均値の差の検定(t-検定)⁹⁾によった。

結 果

飼料摂取量, ME 摂取量, 体重増加量, 飼料効率およびME/GE比を Table 2 に示した。

Table 2 Feed intake, ME intake, growth and ratios of gain to feed and of ME to gross energy (GE) in chickens fed yeast diets

	Control	A	B	C
Feed intake ¹⁾	350	367	372	286
(g/chick)	±23 a	±19 a	±22 a	±14 b
ME intake ¹⁾	1,356	1,232	1,367	1,078
(kcal/kg/chick)	±98 a	±70 ab	±66 a	±56 b
Body weight gain ¹⁾	153	156	196	125
(g/chick)	±14 a	±9 a	±8 b	±6 c
Gain/Feed	43.3	42.5	53.0	43.8
(%)	±1.4 a	±1.1 a	±1.5 b	±2.1 a
ME/GE	88.0	76.9	79.9	84.4
(%)	±1.7a	±0.7 b	±1.2 b	±1.1 a

Values are means ± SE of 6 replications except C group of 5 replications.

Means with different superscript letters are significantly different at $P < 0.05$.

1) 8-28 days old.

飼料摂取量は、A区とB区で対照区と比べ有意差は認められなかったが、C区で対照区より有意に低くなった ($P < 0.05$)。またME摂取量についても、対照区とA区, B区との間に有意差は認められなかったが、C区では有意に低かった ($P < 0.05$)。体重増加量は、A区と対照区は等しいのに対し、B区は対照区より有意に高く ($P < 0.05$)、C区は低くなる傾向があった。飼料効率についても体重増加量と同様の傾向が認められ、B区が対照区より有意に

高かった ($P < 0.05$)。しかし、C区の飼料効率は体重増加量と異なり対照区とほぼ等しかった。ME/GE比は、A区とB区の両区とも対照区より有意に低く ($P < 0.05$)、C区のME/GE比は対照区とほぼ等しかった。

各飼料給与時の体重の経時的変化を Fig. 1 に示した。A区の体重は実験期間を通じ対照区と同様の増加パターンを示した。これに対し、B区の体重は実験開始5日目(12日齢)以降実験終了時まで対照区のそれより終始高く、実験開始20日目には対照区より有意に高くなった ($P < 0.05$)。一方C区の体重は、実験開始5日目以降終了時まで対照区のそれより低く、実験開始10日目と15日目には対照区より有意に低くなった ($P < 0.05$)。

窒素摂取量、窒素排泄量および窒素利用率を Table 3 に示した。窒素摂取量、総窒素排泄量ともに対照区と比べA区とB区で高く、C区で低い傾向が見られたが、有意差はなかった。しかしながら、尿酸窒素の排泄量は対照区と比べ各区とも低くC区との間に有意差があった ($P < 0.05$)。また、総窒素中の尿酸窒素の割合は、対照区と比べ各区とも低く ($P < 0.05$)、特にA区では対照区の半分以下であった。窒素利用率については、対照区と各区との間に有意差はなかった。ヒナが摂取した窒素の尿酸窒素への転換率もまた対照区より各区で低くA区、C区と対照区の間には有意差があった ($P < 0.05$)。

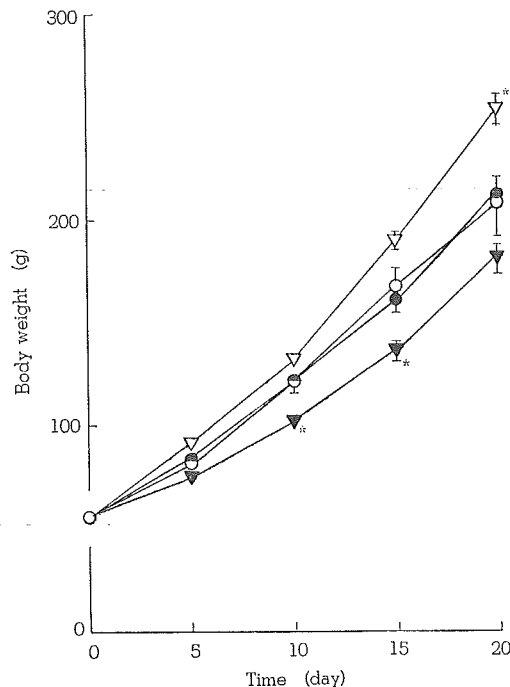


Fig. 1 Growth of chickens fed ISB (control, ○), yeasts A (●), B (△) and C (▲). Each point with vertical bar indicates mean \pm SE of 6 replications except diet C of 5 replications.

* Significantly different from control value at each time ($P < 0.05$).

Table 3 Nitrogen intake, excretion and utilization by chickens fed yeast diets

		Control	A	B	C
N intake ¹⁾		3.0	3.3	3.5	2.5
	(g/chick)	±0.4ab	±0.3a	±0.3a	±0.2b
N excretion ¹⁾	Total	1.1	1.4	1.4	0.8
	(g/chick)	±0.2ab	±0.1a	±0.2a	±0.1b
	UA	0.53	0.32	0.42	0.26
		±0.09a	±0.04ab	±0.06a	±0.04b
	UA ratio	48.0	22.7	30.0	30.6
	(%)	±2.4a	±2.5b	±1.2c	±1.4c
N utilization ²⁾		62.0	57.5	60.1	66.6
	(%)	±5.0ab	±1.1a	±1.8ab	±2.2b
N converted to UA ³⁾		3.98	2.25	2.93	2.40
	(%)	±0.55a	±0.23a	±0.24ab	±0.31b

Values are means ± SE of 6 replications except C group of 5 replications. Means with different superscript letters are significantly different at $P < 0.05$.

1) Recorded for the last 3 days of a 20-day experimental period.

2) $(N \text{ intake} - N \text{ excretion}) / N \text{ intake} \cdot 100$.

3) $\text{Uric acid} - N / N \text{ intake} \cdot 100$.

考 察

一般に炭化水素資化酵母をヒナの飼料蛋白質源として用いた場合、飼料摂取量と増体量の低下が報告されている¹⁻⁵⁾。西川ら²⁾は大豆粕と魚粉の代わりに炭化水素資化酵母を使用し、飼料中の割合が5%までは3週までのヒナの成長と飼料摂取量に影響がないが10%以上ではこれらの低下を認めている。Waldroupら⁵⁾も魚粉大豆粕の一部を置換して飼料の15%まで炭化水素資化酵母を添加した場合、ヒナの成長、飼料摂取量、飼料効率は悪影響を受けないと報告した。本実験は通常培地で培養した酵母A、BおよびCで対照飼料の大豆粕全部を置換することが可能かどうかについて検討した。その結果、酵母AとBでは飼料摂取量、体重増とも低下が認められず、むしろ体重増、飼料効率は優れていた。しかし、酵母Cについては飼料効率とエネルギー利用率は変らなかったものの、飼料摂取量の低下に伴う増体重の減少傾向が認められた。これらの結果から、酵母AおよびBは、ME/GE比は低いものの、ヒナの飼料原料として大豆粕と同等かそれ以上の栄養価を持つものと考えられる。C酵母の嗜好性の低い理由については不明である。

本実験で供試したすべての実験飼料は、蛋白質レベルと必須アミノ酸レベルがすべて等しくまたNRC標準を満足するよう調製したことから、これらの要因が酵母Bの優れた成長、飼料効率に関与しているとは考えにくい。しかし、A酵母、C酵母がそれぞれ粗脂肪を0.9%、1.9%含んでいるのに対し、B酵母は乾燥法が異なるため10.6%も粗脂肪を含んでいた。このB酵母の高脂肪含量が他の酵母と比べ特に優れた成長と飼料効率をもたらした可能性が考えられる。Renner¹⁰⁾によれば大豆粕を蛋白質源とする精製飼料の炭水化物を等カロリー

のラードで置換してもヒナの体重増加と蛋白質蓄積率は変わらず、飼料のME/蛋白質比が高い時ヒナの成長がよいことから、むしろME/蛋白質比の方が成長と飼料効率に影響した可能性が考えられる。しかし、本実験において実測した対照区、A区、B区およびC区の各飼料のME値(kcal/kg)は、それぞれ3491、3053、3362および3435であった。したがって飼料のME/蛋白質比は、それぞれ16.30、14.31、15.76および16.10kcal/gとなるがこれらの値はB区で特に高いわけではない。したがって、本実験において観察されたB酵母がヒナの成長と飼料効率の点で優れた蛋白質である理由は、他の要因による結果であろう。

窒素の利用率は、C区が他区と比べて飼料摂取量(窒素摂取量)が少ないため他区より高くなる傾向があったが、A区とB区では対照区とほとんど変らなかった。実験飼料区のプリン含量は0.56%で、全飼料窒素の3.8~4.1%に相当する量であったが、このようにA区、B区で対照区とほぼ等しい窒素利用率が得られたことは、体重増と飼料効率の点だけでなく窒素の利用性についても酵母蛋白質に含まれるこの程度の核酸窒素は何ら悪影響をおよぼさないものと言える。

本実験に用いた酵母のうちA酵母にはグルタチオンを含まなかったが、B酵母とC酵母はグルタチオンを含んでおり実験飼料中には最終的にそれぞれ1.27%と1.72%含まれていた。飼料中のグルタチオンはメチオニン節約作用を持ち、これはメチオニンからのシスチンがグルタチオンからのシスチンによって節約されるためであると考えられている¹¹⁾。したがって、メチオニンやシスチンが飼料に十分含まれている場合には、グルタチオンを飼料に添加(1.24%)してもラットの成長に何の影響もない¹¹⁾。本実験で用いた飼料はNRCの飼養標準にしたがってすべての必須アミノ酸を含んでおり、その組成も等しいものであったから、BおよびC酵母に含まれるグルタチオンがヒナの成長に何らかの影響を及ぼした可能性は小さい。

哺乳類では一般に核酸(酵母、酵母RNA)の摂取によって血中尿酸レベルが上昇し、尿中への尿酸排泄量が増加することが知られている^{12,13)}。本研究において、酵母飼料はいずれもプリンを0.56%含んでいたにもかかわらず、酵母飼料区の摂取窒素当りの尿酸排泄量は対照区と比べて低下する傾向を示し、特にA区でその低下が著しかった。このことは摂取窒素のうち尿酸に転換して排泄される量すなわち摂取窒素当りの尿酸生成量が対照区より少ないことを意味している。また全排泄窒素に占める尿酸窒素の割合が対照区よりも酵母飼料区でいずれも有意に低かったことは、尿酸以外の形で排泄される窒素が相当尿中に存在することを示すものである。哺乳類と異なり、このように酵母飼料を給与することによって尿酸生成が抑制される機構については更に検討されなければならない。

終りに、本実験で使用した酵母とアミノ酸を提供された協和醸酵工業(株)に対して深甚の謝意を表す。

要 約

本研究は、ニワトリヒナに給与する大豆粕飼料の大豆粕を酵母で全量置換することが可能かどうかについて検討した。

実験に供試した酵母はA, B, C (粗蛋白質含量はそれぞれ57.1, 48.5および55.3%)の三種で、対照飼料の蛋白質源は大豆粕とし、全飼料のCPは21.3%, 必須アミノ酸組成はNRC 飼養標準を満足するようアミノ酸を添加して補正した。その結果、酵母飼料は全て0.563%のプリンを含有した。

飼料摂取量とME摂取量は、A, B両区とも対照区と差がなく、ME/GE比はA, B両区とも対照区より有意に低くなった ($P < 0.05$)。体重増加量と飼料効率もA区は対照区と等しく、B区は対照区より高くなった ($P < 0.05$)。これに対しC区の飼料摂取量、ME摂取量、体重増加量は、対照区より低くなる傾向があった。しかしC区の飼料効率とME/GE比は対照区とほぼ等しかった。

窒素摂取量、総窒素排泄量とも対照区と比べA区とB区で高く、C区で低い傾向が認められた。尿酸窒素の排泄量は、対照区と比べ各区とも低くC区との間に有意差が認められた ($P < 0.05$)。総排泄窒素中の尿酸窒素の割合は、各区とも対照区より有意に低く ($P < 0.05$)、A区では特に対照区の半分以下であった。摂取窒素の尿酸窒素への転換率は、同様に各区で対照区より低かった (A区, C区, $P < 0.05$)。しかしながら、摂取窒素の利用率は対照区と各区の間に有意差は認められなかった。

以上の結果から、供試した酵母AとBは、ヒナの飼料蛋白質源として大豆粕と同等かそれ以上の栄養価を持つものと考えられる。またこれらの酵母は、尿酸生成を抑制する作用を持っていることが示唆された。

引用文献

- 1) 小坂清巳・星井 博・吉田 実：日本家禽会誌, 9, 159-164, 1972.
- 2) 西川哲三郎・田中庸雄・山根哲夫・本田博信：日畜会報, 41, 569-578, 1970.
- 3) 三田雅彦・大塚茂夫・伊藤 隆・日比野進：日本家禽学会春季大会講演要旨, 1969.
- 4) 重野嘉吉・田中桂一・Narsum：日本家禽学会秋季大会講演要旨, 1969.
- 5) Waldroupe, P. W., C. M. Hillard and R. J. Mitchell: *Poult. Sci.*, 50, 1022-1029, 1971.
- 6) Roth, F. X. and M. Kirchgessner: *Proceedings of the 3rd EAAP-Symposium on Protein Metabolism and Nutrition*, Ed. by H. J. Oslage & K. Rohr, Vol.1 pp.120-134, 1980.
- 7) Shannon, D. W. F. and J. M. McNab: *J. Sci. Food Agric.*, 24, 27-34, 1973.
- 8) Pudelkiewicz, W. J., M. W. Stutz and L. D. Matterson: *Poult. Sci.*, 47, 1274-1277, 1968.
- 9) 吉田 実：畜産を中心とする実験計画法, 養賢堂, 東京, 1980.
- 10) Renner, R: *J. Nutr.*, 84, 322-326, 1964.
- 11) Tateishi, N., M. Hirasawa, T. Higashi and Y. Sakamoto: *J. Nutr.*, 112, 2217-2226, 1982.
- 12) 横澤隆子・金井久美子・大浦彦吉：農化, 51, 535-541, 1977.
- 13) 横澤隆子・大浦彦吉・中川 眸・竹本佳世子：栄養と食糧, 34, 35-41, 1981.

Utilization of Dietary Yeasts by Chickens

Yutaka KARASAWA and Torou KUBOTA

Laboratory of Animal Nutrition and Feed Science, Fac. Agric. Shinshu Univ.

Summary

The purpose of this study was to examine if yeasts A, B and C can fully replace isolated soybean meal as a sole protein source in chicken diet with nutritional satisfaction.

Isolated soybean diet (control) and yeast diets A, B and C all contained 21.33 % protein and had the same compositions of essential amino acids. They were fed to 1-week-old Single Comb White Leghorn male chickens *ad libitum* for 20 days.

No significant differences in feed consumption and ME intake between control and diet A or B were observed, but ratios of ME to GE of diets A and B, and body weight gain and a ratio of gain to feed of diet B were significantly higher than those of control ($P < 0.05$). However, on diet C feed consumption, ME intake and body weight gain tended to be lower than those on control diet, although gain/feed and ME/GE ratios were almost the same in the two dietary groups. Nitrogen intake and total nitrogen excretion tended to be higher in diets A and B and to be lower in diet C than in control diet although not significant. The proportions of uric acid N in total excretory nitrogen in diets A, B and C were significantly decreased as compared with those in control diet ($P < 0.05$), and similar tendencies were observed in uric acid excretion (diet C, $P < 0.05$) and urinary uric acid N excretion per ingested nitrogen (diets A and C). Dietary nitrogen utilization (N retention/N intake) was not significantly different between control diet and diet A, B or C.

It is concluded from these results that yeasts A and B can fully replace isolated soybean meal as a sole protein source in chicken diet with nutritional satisfaction and suggested that uric acid production in chickens is depressed by feeding the yeast diets.