

コーンスターチ製造工業における副産物 「コーンステープリカー」の 高度利用に関する研究

第3報 コーンステープリカー粉末飼料化とその飼育試験

滝 昭夫*・三輪 泰造*・久松 眞・山田 哲也
(三重大学農学部, 農芸化学科, *日本食品化工(株))

Studies on Value-Added Utilization of Corn Steep Liquor,
a Byproduct of the Corn Starch Plant

Part 3. Conditions for Pulverizing CSL treated with Yeast and
Nutritional Evaluation of CSL Powder as Feed

Akio TAKI*, Taizo MIWA*, Makoto HISAMATSU and Tetsuya YAMADA
Department of Agricultural Chemistry, Faculty of Agriculture,
Mie University, Tsu, 514 Japan
*Nippon Shokuhin-Kako Co., Fuji, 417 Japan

I 緒 言

コーンステープリカーは、原料とうもろこしの各種水溶性物質を抽出した濃厚溶液であるため、その直接粉末化はきわめて困難で、たとえ乾燥できても放置するとその強い吸湿性によって飴状になる¹⁾。この主因は乳酸を高濃度に含有することによるものである。そこで、著者らは乳酸の除去を目的として、コーンステープ水の乳酸を炭素源として良好な生育を示す酵母の検索をおこない²⁾、ついで、コーンステープ水培地による、この好適酵母の通気培養³⁾を行って、コーンステープ水の乳酸が能率よく消費除去されることを明らかとした。この酵母培養によって、コーンステープ水の粉末化が可能になり、これに酵母菌体が付加することで栄養価の増大も期待できた。そこで、スプレードライヤーによって、酵母培養処理コーンステープ水の粉末化を実施し、その性状を検討し、さらに飼育試験を行なったので報告する。

II 実験および結果

1. CSL 粉末飼料の製造と性状

(1) 酵母培養処理コーンステープ水の粉末化

乳酸資化性の高い *Saccharomyces cerevisiae* var. *ellipsoideus* IAM 4125 による培養処理コーンステープ水(固型分濃度 6%) を減圧濃縮罐(真空度 680~700 mmHg, 罐内温度 58~60°C) で濃縮し、最終濃度を固形分として 45~47% とした。ついで、次の 2 方式によって粉末化を行なった。

(1) スプレー方式

(NIRO スプレードライヤー)

供給濃度(固形分)	45~47%
熱風入口温度	180~190°C
排気温度	90~100°C

(2) ドラム式

(研究用ドラムドライヤー)

供給濃度(固形分)	45~47%
蒸気圧	3~4 kg/cm ²

(温度 143~152°C)

粉末標品はスプレー品では淡黄色の、均一微粉末状であるが、保存中に異臭と湿気をおびやすい。これは瞬時乾燥のため酵母の細胞内酵素活性が一部失活せず残存することにより自己消化をおこすためと考えられる。これに対して、ドラム品は黄褐色で、粒子が粗く、乾燥時間が長いことから細胞内酵素は失活し自己消化を起こしにくくなり、吸湿性は減少しているが、乾燥時に焦げ臭が発生した。

(2) CSL 粉末標品の一般分析

一般分析、乳酸の定量、還元糖の定量は次の方法による。

1) 一般分析

一般食品および飼料分析法⁴⁾によった。

2) 乳酸の定量

Barker-Summerson 法⁵⁾によった。

3) 還元糖の定量

Somogyi 変法⁶⁾によった。

CSL 粉末標品と市販類似標品の比較を第 1 表に示し

た。他の CSL 市販品とくらべ酵母培養処理によって、乳酸の含有量の著しい低下とともに、粗蛋白質の増加が認められ、CSL 粉末標品の栄養価の向上が期待された。

(3) CSL 粉末標品の吸湿性

飽和食塩水を入れたデシケーター（温度 20°C、湿度 75~80%）中における CSL-粉末標品、市販類似標品の吸湿性を Fig. 1 に示した。CSL-粉末標品に吸湿性の低下がみられ、ドラム品はスプレー品に比してより低くなっているが、これは粉末の形状の差にも起因するものと考えられる。この吸湿性を支配する因子として乳酸の存在量が考えられるので、酵母培養処理時間を変えて乳酸の残存量の異なる CSL 粉末を調製して、吸湿性を比較した結果を Fig. 2 に示した。このうち原料の試料 A は乳酸のため粉末化が不可能であった。

CSL 粉末	A (CSL)	B	C	D
酵母培養時間 (時)	0	16	20	24
乳酸 (固形分中) %	22.30	11.04	5.02	2.46

この図から CSL 粉末の乳酸含有量が吸湿性を強く支

Table 1. Comparison of CSL powder with commercially available analogue.

	spray dried (%)	film dried (%)	commercial material* (%)	commercial dry yeast (%)
moisture	3.90	3.76	5.24	6.43
crude protein	55.76	55.81	43.80	43.06
crude fat	0.08	0.12	0.24	0.810
ash	18.79	19.77	23.64	6.36
reducing sugar	2.21	1.18	6.88	0.51
lactic acid	1.76	1.50	18.29	—

*commercial CSL powder for fertilizer

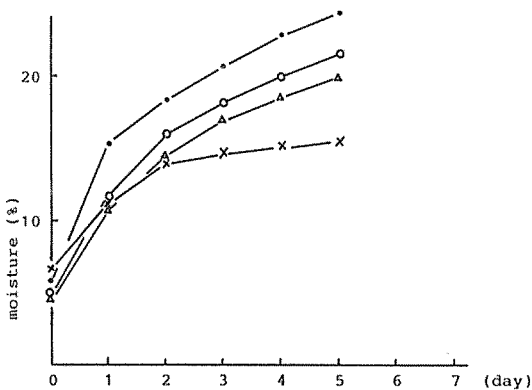


Fig. 1. Moisture adsorption test of CSL powder.

- : commercial material
- : CSL-P (spray dried)
- △—△: CSL-P (film dried)
- ×—×: commercial dry yeast

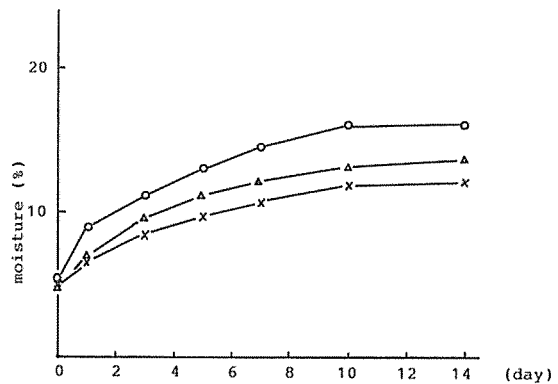


Fig. 2. The effect of lactic acid content on moisture adsorption of CSL powder.

- : lactic acid 11.04%
- △—△: lactic acid 5.02%
- ×—×: lactic acid 2.46%

配することが明らかである。いずれの試料も約10日で水分含量が平衡に達するが、CSL 粉末の品質維持のためには乳酸残存量を軽減させ吸湿量を減少させることが必要である。

2. CSL 粉末試料 (CSL-P) の栄養評価

(1) 粉末試料の調製

飼育試験に供試した CSL 粉末試料 (以下 CSL-P と略記する) は、スプレードライヤー (二葉熱科学製) によって調製した。その粉末化は次の運転条件でおこなった。

- 噴霧形式 3 kg/cm² 熱風吸込みによる二流体方式
- 供給液濃度 固形分 40~45%
- 供給速度 20 l / 時間
- 熱風入口温度 180~190°C
- 機内温度 110°C
- 製品サイクロン入口温度 98~105°C
- 排気温度 90~100°C
- 製品の外観は淡黄色で、均一微細粉末 (200メッシュ

篩通過90%) であり、空气中に長時間放置するとやや吸湿する。少量の水を添加して混練すると、粘着性をおびて特有なバインダー効果が生ずる。

(2) CSL-P の一般分析

結果を第2表に示した。粗蛋白質が55%含まれることから蛋白源飼料として期待される。

(3) CSL-P のアミノ酸組成

アミノ酸組成は試料を常法に従い6規定塩酸 110°C で48時間加水分解して得られた分解液を用い、日立アミノ酸分析計で含有アミノ酸を定量した。CSL-P のアミノ酸分析の結果を水分含量5%に換算した原料のコーンスティープリカー (CSL) のアミノ酸組成と比較して第3表に示した。必須アミノ酸の含量は CSL-P の方が高く、とくにリジン含量が高いことは注目される。しかし、酵母のアミノ酸組成に顕著な現象である含硫アミノ酸の少なさがこの場合も影響を受けてメチオニンの減少が見られる。なお、比較のため第3表に *S. cerevisiae* IAM 4125 株の培養菌体をアミノ酸分析した結果を示した。この値は赤木らが報告している *C. pelliculosa* と *H.*

Table 2. Proximate analysis of CSL powder.

	moisture (%)	crude protein (%)	crude fat (%)	ash (%)	total sugar (%)
CSL-P	5.0-5.5	55.0-55.5	0.10-0.12	18.0-19.0	7.0-7.5

Table 3. Amino acid composition.

	CSL-P* (%)	CSL* (%)	<i>S.cerevisiae</i> IAM 4125 mycellium (%)
Lysine	1.93	1.43	4.19
Histidine	1.58	1.14	1.05
Arginine	3.13	2.25	2.51
Aspartic acid	3.04	2.71	3.61
Threonine	2.09	1.43	1.95
Serine	2.28	2.10	2.20
Glutamic acid	8.19	5.62	4.07
Proline	3.81	2.71	2.70
Glycine	2.71	1.96	1.58
Alanine	4.12	2.87	1.92
Valine	2.58	1.55	2.30
Methionine	0.87	0.90	0.72
Isoleucine	1.52	0.90	1.93
Leucine	3.97	3.35	2.72
Tyrosine	1.54	1.31	1.70
Phenylalanine	1.55	1.41	1.77
Cystine	—	0.88	0.08
Tryptophan	—	—	0.60**
Ammonia	0.97	0.85	0.68
Total	45.88	35.37	38.28

*These values were obtained at Aichi prefectural food industry institute.

**Hydrolysis was done by another method for tryptophan analysis.

anomala の酵母蛋白質のアミノ酸組成と類似している⁷⁾。この表の分析結果より必須アミノ酸指数を計算すると CSL=65.2, CSL-P=63.0 となり、やや CSL-P が低い値となるが、これを含硫アミノ酸を除いて計算し直すと CSL=64.4, CSL-P=71.1 と大幅に上昇することより、含硫アミノ酸を補足すれば良質の蛋白質源となりうることを示唆している。

(4) CSL-P のビタミン組成

ビタミンの分析は常法に準拠しておこなった⁸⁾。第4表に CSL-P と CSL のビタミン類の分析結果を示した。これによると、CSL-P は CSL よりほとんどすべてのビタミンで増加が見られ、特にパントテン酸とピオチンで数倍の増加が見られる。ビタミンB群では約2倍の増加が認められた。

(5) CSL-P の無機分析⁴⁾

第5表に無機成分の分析結果を示した。通常飼料原料として用いられる農産物に比べ無機成分の比が著しく高いのが特長である。なお、飼料衛生上問題となる重金属はほとんど含まれていないことが判明した。

(6) CSL-P 規格の設定

CSL は原料とうもろこしと浸漬条件によってその組成がかなり変動するので、それから醗酵調製した CSL-

P もその組成が変動し易いが、飼育試験の再現性を計るため CSL-P の規格を第6表のように定めた。

3. CSL-P の飼育試験

飼育試験として食肉用ニワトリの肥育試験と鰻の養殖肥育試験を行った。

(1) プロイラー飼育試験

- 1) 試験鶏：プロイラー専用種（デカプロ）初雛
- 2) 試験方法：試験区50羽、対照区50羽 計100羽のバタリー飼育で4週令まで重量増加を測定した。（保温飼育）
- 3) 飼料構成：第7表に示した。飼料成分中大豆粕を CSL-P に置換し、粗蛋白質の含量を揃えた。
- 4) 飼育結果：第8表に示した。初生雛体重は各区とも平均 38 g に揃えた。CSL-P の肥育促進効果は1週令～3週令にみられたが、4週令ではみられなかった。即ち、発育初期では大豆粕よりこの効果が大きいものと考えられる。

(2) 養鰻試験

- 1) 試験鰻：シラスから生育したピリ（1尾重量 20 g 程度）を用いた。
- 2) 試験方法：試験区、対照区ともほぼ同じ重さの鰻

Table 4. Vitamin composition of CSL powder.

	CSL-P (mg%)	FF1500*1 (mg%)	CSL*2 (mg%)
vitamin B ₁	1.20	0.10	0.49
B ₂	2.00	5.06	1.04
B ₆	2.36	0.36	1.52
B ₁₂	—	—	—
nicotinic acid	18.80	36.0	15.43
pantothenic acid	13.91	2.92	2.58
folic acid	0.29	0.74	0.22
biotin	0.067	0.20	0.0088
inositol	1650	780	1293
choline	455	576	123.5
vitamin D	1.1	—	—
E	1.87	—	—

*1 Commercial feedstuff for fishery, by-product of inosinic acid production industry

*2 The values values were corrected as dry matter.

Table 5. Mineral composition of CSL powder.

	content %
K	7.47
Ca	0.02
Mg	0.01
Na	2.17
P ₂ O ₅	8.37

Table 6. Temporary standard of CSL powder for feedstuff.

	color	PH	moisture (%)	crude protein (%)	crude fat (%)	ash (%)	total sugar (%)
CSL-P	pale yellow ~ yellow	weakly acidic	5.0-6.0	55	0.10	18.0	7.0

Table 7. Composition of experimental feeds for chicken feeding test.

	control	test
composition*	commercial feedstuff for chicken after hatch 70% deffated soybean cake 20% corn 10%	commercial feedstuff for chicken after hatch 70.0% CSL-P 14.4% corn 15.6%
crude protein	25.2%	25.1%

*content of crude protein
commercial feedstuff for chicken after hatch (%) 22
CSL-P (%) 59
deffated soybean cake (%) 44.8
corn (%) 8.2

Table 8. The result of chicken feeding.

	week	1	2	3	4	1-4
control	body weight (g)	83±2	164±12	261±12	391±3	—
	weight gain (g)	46±2	81±8	99±2	129±8	355
	feed requirement ratio	1.41±0.02	1.50±0.00	1.89±0.04	1.90±0.07	1.74
test	body weight (g)	91±4	186±7	310±8	439±12	—
	weight gain (g)	53±4	95±3	124±1	130±5	402
	feed requirement ratio	1.41±0.09	1.43±0.08	1.68±0.02	2.13±0.14	1.72

- (1) Initial mean weight of chicken is 38g.
- (2) feed requirement ratio = feed intake/increased weight

Table 9. The result of eel feeding.

	control	test
initial weight (kg)	20.0	20.0
final weight (kg)	27.4	30.7
weight gain (kg)	7.4	10.7
total feed intake (kg)	24.68	24.68
feed efficiency*	0.299	0.433

*feed efficiency = weight gain/total feed intake

20 kg を生簀網に入れて養魚池で45日間飼育し (水温 19~24°C), 重量増加を測定した。

- 3) 飼料構成：対照区は市販飼料ウナギマッシュフィードを用い, 試験区は市販飼料の15%を CSL-P で代替し試験試料とし, それに両者共オイル (魚油) 5%添加して飼料とした。
- 4) 飼育結果：第9表に示した。CSL-P の飼料効果は, 対照区と比較して重量増加, 飼料効率の両面とも著しい向上が認められた。

III 考 察

コーンスターチ製造工程中, とうもろこし浸漬で得ら

れるコーンスティープ水には, とうもろこしからの水溶性の蛋白, ペプチド, アミノ酸, 無機物, 糖, 各種ビタミンが含まれる。また, 浸漬中に乳酸醗酵がおきるために, コーンスティープ水の乾燥固形分中の還元糖は5~8%に低下し, 逆に生成乳酸は20~25%に達する。このコーンスティープリカー (CSL) は, 粘稠な液状のため取扱上に各種の欠点があるので, 粉末化を目的とし, 得られた粉末についてその飼料価値を検討したのが本実験である。

この CSL の粉末化の障害の主因である乳酸を, 酵母培養処理で除去後, スプレードライヤー方式, ドラムドライヤー方式で乾燥することにより, CSL の粉末化が

始めて可能になった。この CSL 粉末の吸湿性は残存する乳酸含有量に強く支配されることを実験で証明したことより、乳酸除去の徹底化が粉末の品質保持に重要な因子であることを明らかとした。また、CSL 粉末の分析結果より酵母培養によってリジン等の増加による良質アミノ酸組成への改善とほとんど全てのビタミンの増加が明らかになった。このような栄養学的価値の向上は、家禽飼養試験、養鰻試験の結果により裏づけられた。これまでのコーンステープ水の濃縮による CSL の粉末化には繊維物質による吸着乾燥、無機物による凝固分離などの方法がある。しかし、いずれも、本来の栄養価の低下を来し、特に後者の処理では飼料的価値を全く損なうことが多い。CSL そのものは現在広く飼料原料にそのまま混和して用いられているが、固形化が困難なため、CSL 単体をあえて粉末化、固型化して、その飼料価値を論じた報告は少ない。しかし、P. W. Waldroup らは比較的乳酸含量の低い CSL 水を用いて固型化された CSL (乳酸含量 7.8%) を用いて養鶏用飼料に混合し、これが卵のハウユニットを著しく増進させることを報告している⁹⁾。また、国によっては CSL 水を利用せず放出することから排水汚染が問題となっており、これの防止策としての生物的処理法の一環としての研究も散見される。例えば、S. M. Badr-Eldin らは *Asp. terreus* を優秀菌株として推賞している¹⁰⁾。しかし彼等は BOD の低下の見地から実験を進めているため、これに大きく影響する全糖量の増減を論じているが、乳酸には全く触れていない。同じ観点から CSL 水の遊離アミノ酸組成を H. M. El-Saied が報告している¹¹⁾が、結果として遊離のアミノ酸含量は非常に少ない。これはとうもろこしの浸漬工程が一種の乳酸醱酵の場であることを考えれば一般的にプロテアーゼ活性の低い乳酸菌が遊離のアミノ酸を消費した結果と考えられる。

この様な点から CSL の特に微生物培地成分としての有効性は糖やアミノ酸といった一般成分によるのではなく、多分にビタミン類を始めとする微量成分に富むことによると考えられる。

結論として、本実験ではコーンステープ水に直接酵母を培養して、乳酸の除去と酵母菌体の増強を計ること

により CSL の粉末化は容易になり、粉末 CSL の栄養価の向上とともに耐吸湿性も改善される等、一挙兩得の結果が得られ、CSL の付加価値が著しく向上したことより、これの実用化が期待される。

IV 要 約

コーンステープ水を酵母培養処理後、濃縮して粉末化して、次の結果を得た。

- (1) コーンステープ水の酵母培養処理によって乳酸の減少と酵母菌体の増加が認められ、CSL の粉末化は容易になり、吸湿性は著しく低下した。
- (2) CSL 粉末の吸湿性は残存する乳酸量に依存した。
- (3) CSL 粉末は粗蛋白質の含量、アミノ酸組成、ビタミン組成よりみて (栄養価の面で)、原料の CSL より著しく向上した。
- (4) 家禽飼料、魚類飼料として、初期生育期間に高い栄養効果があった。

文 献

- 1) 特許公告 昭和46-5011 (昭和46年 (1971) 2月6日) United States Patent 3,655,396 (Apr. 11, 1972)
- 2) 滝 昭夫, 三輪泰三, 久松 眞, 山田哲也: 三重大農学報, 75, 53, (1987)
- 3) 滝 昭夫, 三輪泰三, 久松 眞, 山田哲也: 三重大農学報, 75, 59, (1987)
- 4) 東京大学農学部農芸化学教室: 実験農芸化学, 上巻, 朝倉書店, 1952, p. 103.
- 5) Barker, S. B. and W. H. Summerson: J. Biol. Chem., 138, 535 (1941).
- 6) Somogyi, M. J.: J. Biol. chem., 160, 61 (1945). 東京大学農学部農芸化学教室: 実験農芸化学, 上巻, 朝倉書店, 1952, p. 587.
- 7) 赤木盛郎, 吉田弘一: 三重大農学報, 45号, 127, (1973).
- 8) 小原哲二郎, 鈴木隆雄, 岩尾裕之編: 食品分析ハンドブック, 建帛社, 1973, p. 287.
- 9) Waldroup, P. W. and K. R. Hazen: Poultry Science, 58, 580, (1979).
- 10) Badr-Eldin, S. M., M. M. Atalla and S. El-Hawaary: Stärke, 33, 279, (1981).
- 11) El-Saied, H. M.: Stärke, 33, 192, (1981).

Summary

In previous papers, the yeast, *S. cerevisiae* IAM 4125, was found excellent for removing lactic acid in corn steep liquor^{1,2)}. This paper presents the practical results of lactic acid removal by yeast treatment, pulverizing conditions and nutritional evaluation of CSL powder.

The following results were obtained:

1. Yeast treatment remarkably reduced lactic acid content in CSL from 20% to 1.5%.
2. CSL treated with yeast could be easily pulverized by a spray or film dryer.
3. The moisture adsorption activity of CSL powder depends on lactic acid concentration.
4. Analytical results of CSL powder on protein content, amino acid composition, vitamins and other components showed CSL powder to be improved more nutritionally than the original CSL.
5. A feeding test on chicken and eel indicated the addition of CSL powder to feed to promote growth, particularly that in the first stage after chicken hatching.