

# 大豆蛋白質のオートクレーヴ処理による 栄養価の改善について

足 立 晃 太 郎\*  
 亀 井 光 子\*\*  
 霊 山 満 佐 子\*\*\*  
 鴨 原 美 千 子

## I. 結 言

大豆蛋白質を有効に摂取するための研究は、従来から行なわれている。Osborne, Mendel<sup>1)</sup>は大豆蛋白質の栄養価は、水と共に加熱処理を行なうこと<sup>2)</sup>によって向上すると報告している。また林, 有山等<sup>3)</sup>は各種加熱条件における大豆蛋白質の差異を研究した結果、消化度は一般に湿熱によって向上し、110°C 加圧釜加熱は最も高い消化度を示し、シロネズミによるin vivo<sup>4)</sup>の試験結果も加圧釜加熱群が最も良好な成長を示したと述べている。高橋<sup>4)</sup>はインゲン・エンドウ・落花生を用いて、加熱処理が豆蛋白質の消化速度及びアミノ酸の遊離度に及ぼす影響を検討し、加熱によって必ずしも蛋白質の消化度及びアミノ酸遊離度は向上しなかったと報告している。著者等は林, 有山等が良好な成績を得た加熱法を用いて、その大豆蛋白質の栄養価に及ぼす影響を知るため、総窒素、蛋白態窒素、可溶性窒素、アミノ態窒素、消化性窒素の定量等を行ない、従来の成果と比較検討した。

## II. 実 験

### (1) 実験試料

各試料の一般成分は常法により定量した。

#### (A) 原試料

昭和36年度北海道産「つるの子大豆」

成分組成(%) 水分15.3, 粗蛋白29.7, 粗脂肪16.1  
粗繊維4.4, 粗灰分4.6。

#### (B) 市販黄粉

成分組成(%) : 水分 12.3, 粗蛋白 33.2, 粗脂肪  
20.1, 粗繊維4.8, 粗灰分3.6。

#### (C) 脱脂大豆粉

成分組成(%) : 11.4, 粗蛋白35.2, 粗脂肪0.3,  
粗灰分6.6。

### (2) 実験方法

#### (A) 試料の調製

(i) 整粒した大豆50gを300mlエルレンマイヤーフラスコにとり、120mlの水を加え約15分間放置し、水分を十分吸収させた後、小型ビーカーで蓋をして autoclave 処理を行なった。

(ii) 上記大豆を製粉したもの10gを100mlのエルレンマイヤーフラスコにとり水分30mlを加え autoclave 処理を行なった。

(iii) 黄粉10gを100mlのエルレンマイヤーフラスコにとり、水を加えて autoclave 処理を行なった。

(iv) 加工脱脂大豆粉10gをエルレンマイヤーフラスコにとり、水50mlを加えて autoclave 処理を行なった。

autoclave による加熱処理は、4種いづれも蒸気栓全開状態、加圧それぞれ 1, 2, 3, 4 気圧とした。加熱後所定の圧力に達した時空気を抜き、再び所定の圧力に達すれば30分間この圧力を保つ。次に蒸気を抜き約30分間放置後試料を取り出す。試料は水分の遊離している場合があるので乳鉢で潰し均一状態とした。なお防腐剤としてソルビン酸を試料100gにつき0.1gの割合で添加した。圧力と温度との関係は：

開放 105°C, 1気圧 120°C, 2気圧 134°C, 3気圧 144°C, 4気圧 152°Cである。

#### (B) 測定方法

##### (i) 総窒素

Kjeldahl 法により測定した。

##### (ii) 蛋白態窒素

Barnstein 法により測定した。

##### (iii) 可溶性窒素

試料7gを秤取し、蒸留水50mlを余々に加え攪拌し、2~3分間放置後濾過する。残渣について同様の操

\* 本学教授 \*\* 本学助手 \*\*\* 本学副手

作を繰返し、滷液の全量を 200ml とした。この液 20ml をとり Kjeldahl 法で窒素量を測定した。

(c) アミノ態窒素

試料が褐色を帯びるので、試料 3g を秤量し塩化銀沈澱法を用いて脱色、中和後 formol 法により測定した。脱色後の残余色素については Bismarck brown を加えた比較対照液を用いた。

(d) 消化性窒素

Wedemeyer 法を参考として、消化により遊離したアミノ態窒素量を測定した。試料 3~5g を 50ml ビーカーにとり、これに水 490ml, pepsin 1g, 25%塩酸 10ml を加えて得た澄明溶液を加え時計皿で覆い、攪拌しつつ 37~40°C の恒温器中に 24時間保ち、これに 25%塩酸 1ml を加え同条件下で更に 24時間放置する。次に pepsin の酵素力を停止させるため沸騰水浴中で 15分間加熱し、滷過後この液 25ml をとり 50ml メスフラスコに入れ塩化銀沈澱法で脱色する。この液 20ml をとり中和後 formol 滴定法によりアミノ態窒素を測定した。

(3) 実験結果

実験の結果を総括して第 1 表に示した。同時に対照として生大豆・原料黄粉・原料脱脂大豆粉について行なった測定値を第 2 表に示した。

第 1 表 供試料の窒素含有量 (%)

試料	総窒素	蛋白態窒素	可溶性窒素	アミノ態窒素	消化性窒素	
原形大豆	開放	1.865	1.807	0.045	0.023	0.646
	1気圧	1.865	1.782	0.231	0.029	0.416
	2 "	1.862	1.758	0.273	0.052	0.393
	3 "	1.858	1.706	0.438	0.069	0.478
	4 "	1.858	1.648	0.734	0.089	1.142
粉末大豆	開放	1.706	1.627	0.060	0.024	1.070
	1気圧	1.705	1.564	0.224	0.027	0.599
	2 "	1.705	1.541	0.228	0.039	0.476
	3 "	1.704	1.517	0.479	0.064	0.522
	4 "	1.700	1.475	0.849	0.098	0.689
黄粉	開放	2.264	2.223	0.033	0.016	1.664
	1気圧	2.264	2.168	0.307	0.027	0.792
	2 "	2.264	2.117	0.235	0.046	0.685
	3 "	2.255	2.078	0.375	0.114	0.769
	4 "	2.255	1.982	1.018	0.159	0.928
加工脱脂大豆粉	開放	1.280	1.231	0.156	0.017	0.576
	1気圧	1.280	1.214	0.452	0.020	0.476
	2 "	1.280	1.178	0.277	0.025	0.290
	3 "	1.277	1.092	0.640	0.039	0.311
	4 "	1.276	1.073	0.667	0.061	0.649

第 2 表 原試料の窒素含有量 (%)

試料	総窒素	蛋白態窒素	可溶性窒素	アミノ態窒素	消化性窒素
生大豆	5.202	5.097	2.225	0.062	1.434
黄粉	5.816	5.751	0.038	0.043	1.980
加工脱脂大豆粉	6.165	5.987	2.087	0.011	1.343

以上の結果から更に総窒素100に対する比率を第 3, 4 表に示した。

第 3 表 各形態別窒素の総窒素100に対する比率 (試料)

試料	蛋白態窒素	可溶性窒素	アミノ態窒素	消化性窒素	
原形大豆	開放	97.0	2.4	1.2	34.6
	1気圧	95.5	12.4	1.5	22.3
	2 "	94.4	14.7	2.8	21.1
	3 "	91.8	23.6	3.7	25.8
	4 "	88.7	39.5	4.8	61.5
粉末大豆	開放	95.4	3.5	1.4	62.7
	1気圧	91.7	13.1	1.6	35.1
	2 "	90.4	16.9	2.3	27.9
	3 "	89.0	28.1	3.7	30.6
	4 "	86.7	50.0	5.8	40.6
黄粉	開放	98.2	1.5	0.7	73.5
	1気圧	95.8	13.5	1.2	35.0
	2 "	93.5	10.4	2.0	30.8
	3 "	92.2	16.6	5.1	34.1
	4 "	87.9	45.1	7.1	41.2
脱脂大豆粉	開放	96.2	12.2	1.3	45.0
	1気圧	94.8	35.3	1.6	37.2
	2 "	92.0	21.6	2.0	22.7
	3 "	85.6	57.1	3.1	24.4
	4 "	84.1	52.4	4.8	50.8

第 4 表 各形態別窒素の総窒素100に対する比率 (原試料)

試料	蛋白態窒素	可溶性窒素	アミノ態窒素	消化性窒素
生大豆	98.0	42.8	1.2	37.6
黄粉	98.9	0.7	0.7	34.0
加工脱脂大豆	97.1	33.8	0.2	21.8

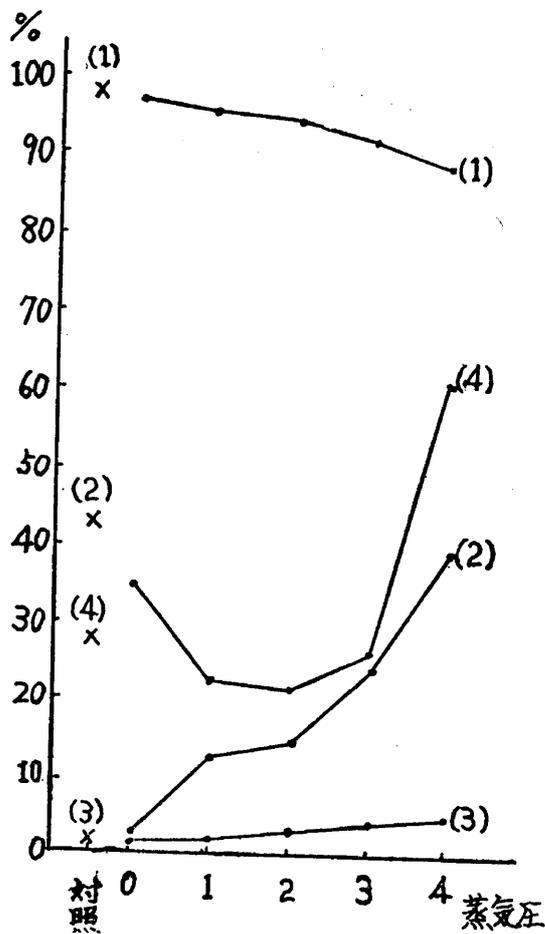
第 3, 4 表にもとづいて各試料別に蛋白態窒素, 可溶性窒素, アミノ態窒素, 消化性窒素量の増減を第 1 図に示した。4 試料の蛋白態窒素, 可溶性窒素, アミノ態窒素, 消化性窒素を各々比較して第 2 図に示した。

### Ⅲ. 考 察

#### (1) 原形大豆

蛋白態窒素量は高圧力になるに従って減少する。逆にアミノ態窒素量は増加の傾向を示している。このことから蛋白態窒素は加圧加熱により分解され、アミノ態、アミン態、アンモニヤ態等の非蛋白態窒素に変化すると考えられる。可溶性窒素量は高圧力になるに従って著しく増加するが、対照の生大豆の可溶性窒素量に比して少ない。これは蛋白質が熱変性を受け不溶性となるためであると考えられる。消化性窒素量は生の場合可溶性窒素量は42.8%であるにもかかわらず消化

性窒素量は27.6%と少なく、開放加熱において34.6%に増加するが、加圧1, 2気圧では生より更に減少し3気圧で増加減少を示し、4気圧で61.5%と著しく増加する。このことは変性により蛋白質の溶解度は減少するが、分子中に含まれている-SH基等の活性が増加し一般に酵素に対して天然蛋白質より易消化状態となるものと推定される。しかし加圧1, 2, 3気圧で消化度が低下することは、天然蛋白質試料においては、変性度は必ずしも試料の栄養的・質的向上を意味しないことを示す。



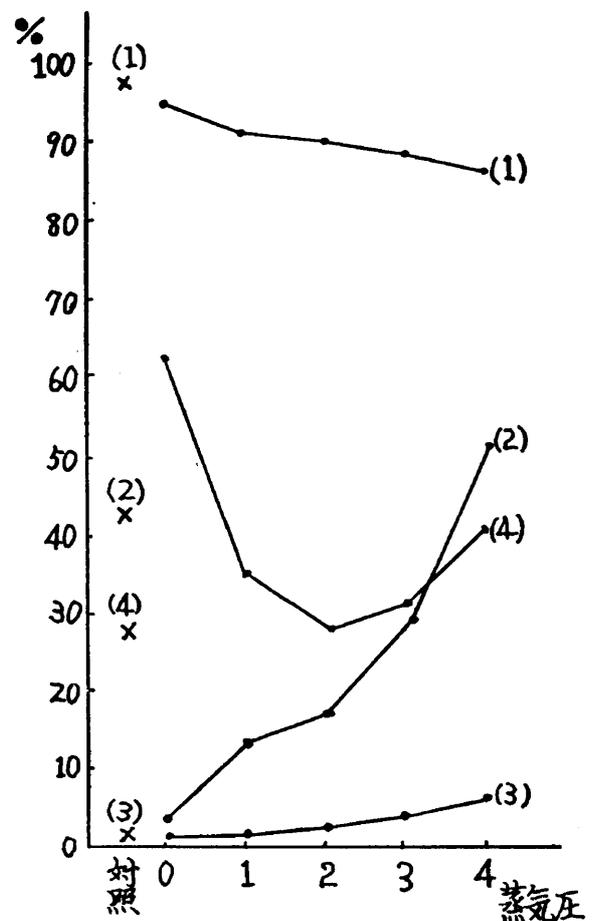
第1図 全窒素100に対する各窒素の比率

#### (A) 原形大豆

- (1) 蛋白態窒素
- (2) 可溶性窒素
- (3) アミノ態窒素
- (4) 消化性窒素

#### (2) 粉末大豆

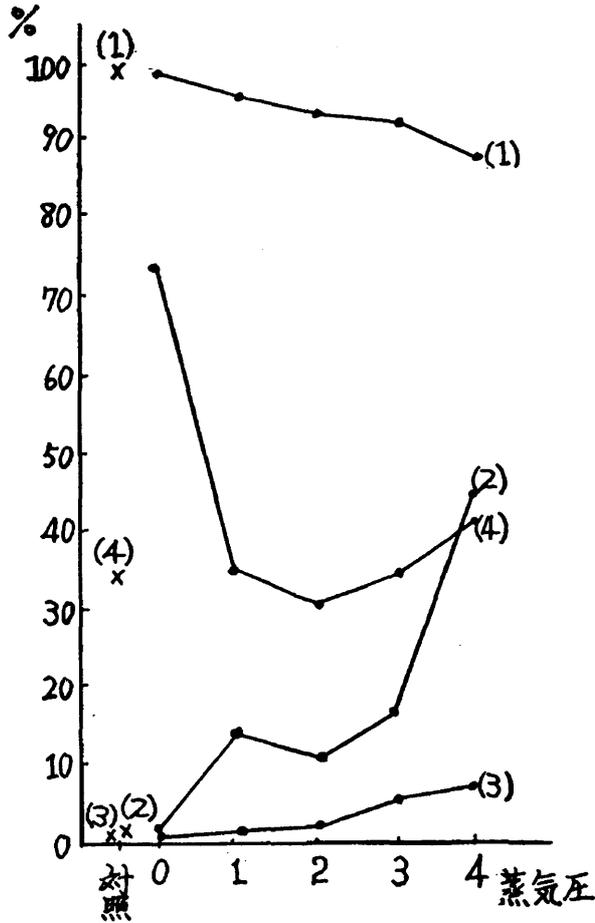
原形大豆とはほぼ同様の变化傾向を示している。消化性窒素量は開放で62.7%と生の27.6%に対し2倍以上の増加を示し、加圧1気圧では生大豆より多量であるが、2, 3気圧では減少し、4気圧でも著しい増加は認められない。



第1図 (B) 粉末大豆

(3) 黄粉

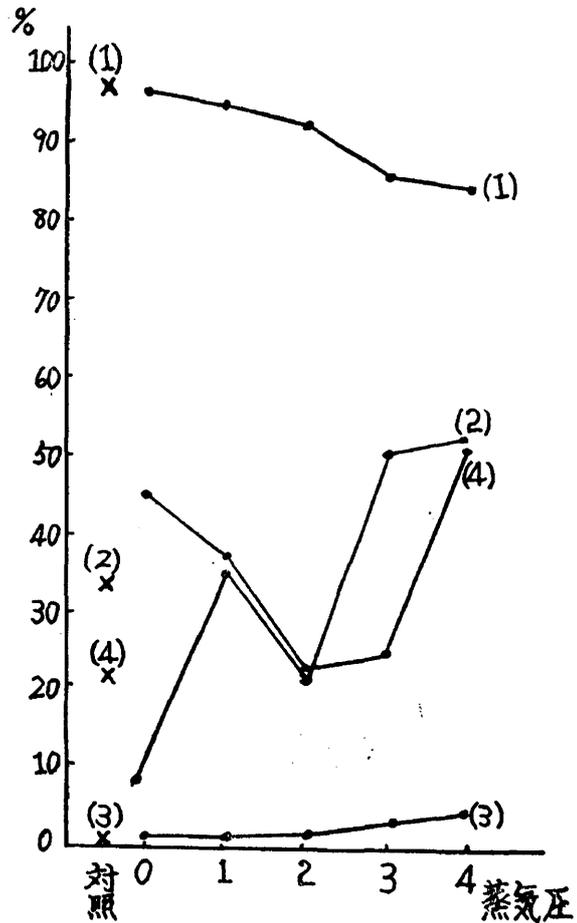
原料黄粉はすでに熱変性を受けているものであり、従って対照の可溶性窒素量は0.7%と著しく少ない。消化性窒素量は開放で原料を湿熱することによって73.5%と著しく増加する。これに反して2気圧では対照の34.0%よりも少ない30.8%を示す。3、4気圧で増加するが開放より少ない。



第1図 (C) 黄粉

(4) 加工脱脂大豆粉

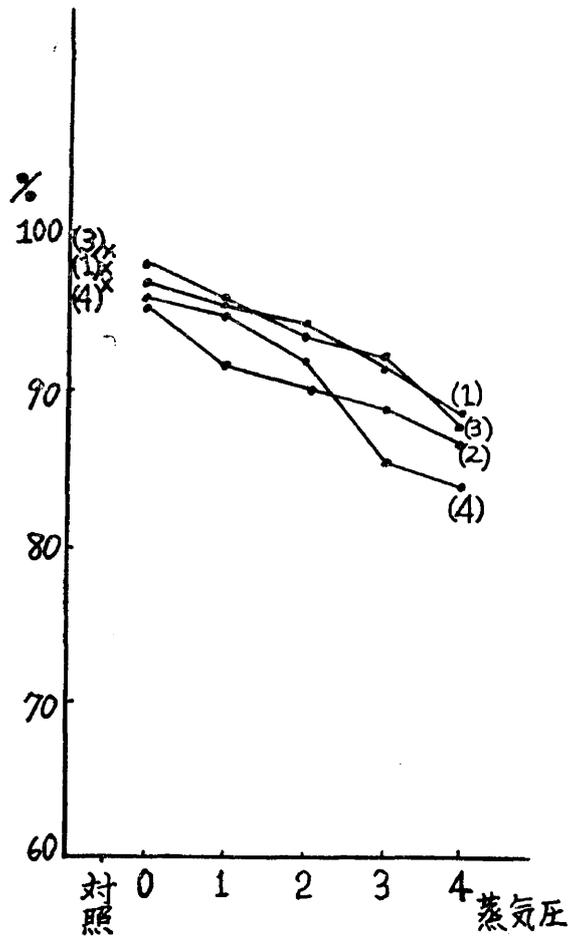
対照の可溶性窒素量が33.8%と比較的多量であることから、脱脂及び加工によって蛋白質はほとんど影響を受けていないと推定される。従って原形大豆と同様の变化傾向を示すが、可溶性窒素量は2気圧で1気圧の35.3%より21.6%と減少し、3気圧から4気圧への増加率も少である。



第1図 (D) 加工脱脂大豆粉

(5) 蛋白態窒素

各試料いづれも圧力の増加に伴って減少する。これは autoclave 処理により圧力に比例して蛋白質の分解度が大きくなるものと推定される。粉末大豆・脱脂大豆粉が原形大豆より影響を受けやすいことを示している。黄粉は再加熱であるにもかかわらず高い割合を示している。

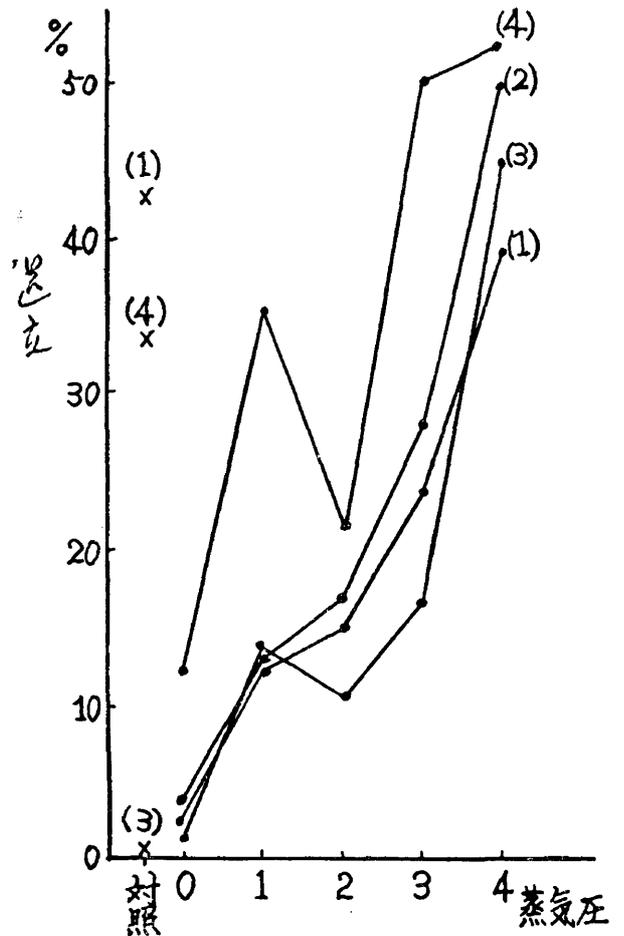


第2図 各試料別窒素量の比較  
(総窒素100に対する)

- (A) 蛋白態窒素  
 (1) 原形大豆  
 (2) 粉末大豆  
 (3) 黄粉  
 (4) 脱脂大豆粉

(6) 可溶性窒素

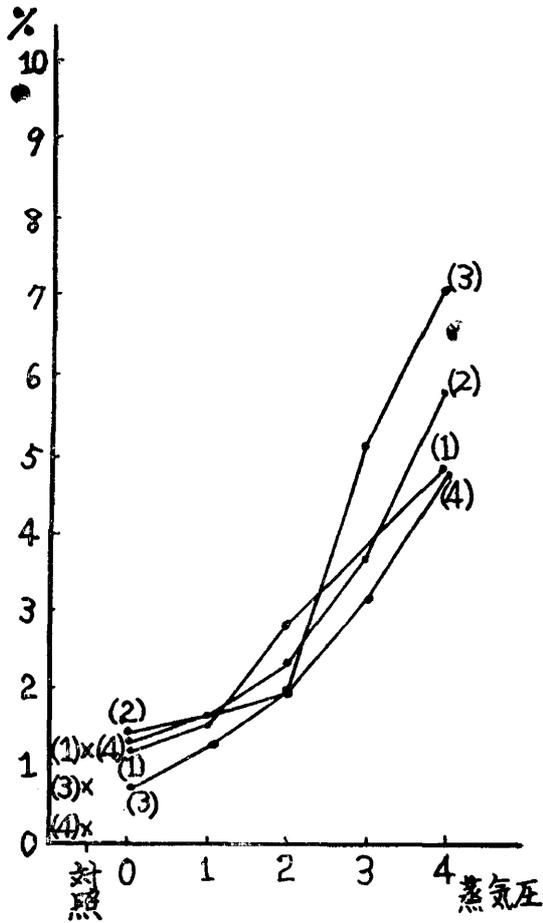
可溶性窒素量が増加することは、蛋白質の低分子化を意味するもので、分解度が進んでいることを示し、蛋白質の消化吸収を容易にすると考えられている。対照の生大豆・脱脂大豆の可溶性窒素量が多いことは、大豆蛋白質の大部分を占めている glycinin は元来水に不溶性の蛋白質であるが、大豆中ではアルカリ、磷酸塩、lecithin 等と結合して可溶性となっていることを示すと考えられる。原料黄粉の可溶性窒素量が0.7%と著しく少ないことは乾熱の時間と温度により差異が生じるものと推定される。開放湿性加熱で可溶性窒素量が少ないことは、天然可溶性の大なるものも加熱により蛋白質の変性が起こり、不溶性となるためと考えられる。1気圧で著しく増加するが2気圧でやや減少し、黄粉・脱脂大豆粉では3%1~4%の減少を示す。3, 4気圧で40~50%と著しく増加する。粉末大豆は原形大豆よりも可溶性窒素量が多い。これに比して脱脂大豆粉は更に多い。



第2図 (B) 可溶性窒素

(7) アミノ態窒素

各試料とも同様の变化傾向を示し、圧力に比例してアミノ態窒素量は増加する。黄粉は蛋白態窒素量の減少が小であるのに対して、アミノ態窒素量の増加は比較的大である。これに反して脱脂大豆粉は蛋白態窒素量の減少が著しく、アミノ態窒素量の増加は小である。

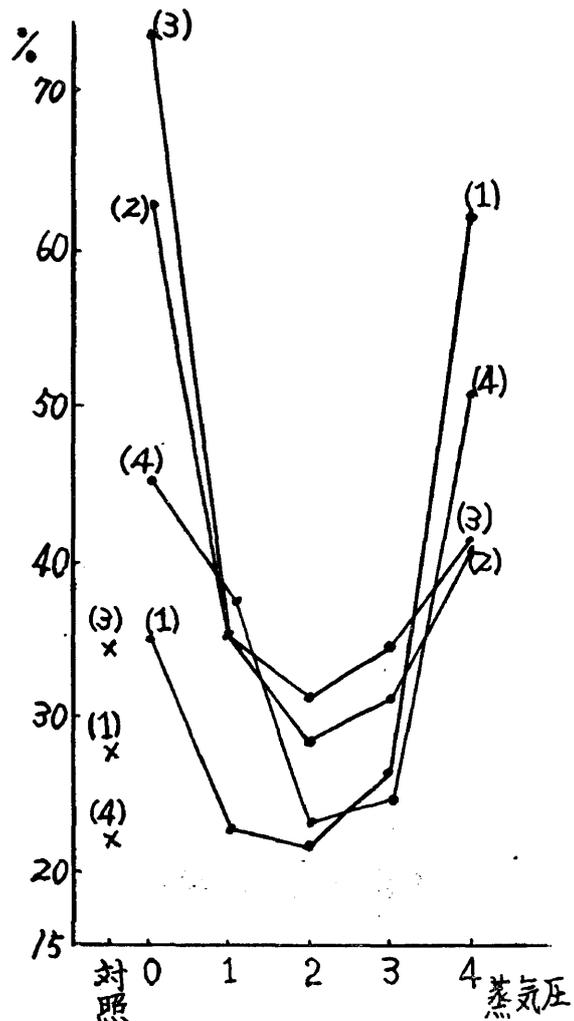


第2図 (C) アミノ態窒素

(8) 消化性窒素

開放湿性加熱により対照より2.1~2.3倍の消化性窒素量の増加を認めた。これは蛋白質の変性により易消化状態に変化するものと推定される。しかし1気圧で消化性窒素量は著しく減少し、2気圧では更に減少し対照値よりも減少する。3気圧で増加し、4気圧で60~

40%と著しく増加する。この時開放加熱で少量であった原形大豆・脱脂大豆が黄粉、粉末大豆より増加している。2気圧で消化率の低下することは、大豆に含まれる糖が蛋白質と共に加熱すると、蛋白質の分子鎖中のアミノ酸である lysine, arginine, tryptophane, methionine, threonine等 が変化を受け消化酵素の作用を受けがたくなるか、あるいはアミノ酸が変化するためであろうと考える。粉末大豆は原形大豆より開放で良好な成績を示し、これに比して黄粉は更に良好な成績を示している。加圧力、加熱温度の増加に伴って可溶性窒素量は増加の傾向を示すが、消化性窒素は同様の变化傾向を示していない。この結果より、加圧力、加熱温度の増加に伴って消化率が必ずしも高くなるとは考えられない。このことは林、有山等の研究報告とも一致している。尚消化に関しては消化速度の研究を行なう必要があると考えられる。



第2図 (D) 消化性窒素

## IV. 総 括

一般に大豆蛋白質は湿熱することによって消化度が向上すると考えられている。著者等は大豆（原形大豆，粉末大豆，黄粉，市販加工脱脂大豆粉）を auto-clave 処理（蒸気栓全開状態，加圧1，2，3，4気圧）し圧力の変化が大豆蛋白質の栄養的価値に及ぼす影響を総窒素，可溶性窒素，アミノ態窒素，消化性窒素により推定した。

- (1) 加圧度の増加に伴なって蛋白態窒素量は減少し可溶性窒素量，アミノ態窒素量は増加した。これは蛋白質が低分子化し，圧力に比例して分解度が進んだものと考えられる。
- (2) 消化性窒素量は一般に蒸気栓全開状態及び4気圧加圧の場合が最も多く，2気圧で最少値を示した。原形大豆，脱脂大豆粉では4気圧が最高値を示した。この結果より加圧力，加熱温度の増加に伴なって可溶性窒素量は増加するが，消化率は必ずしも向上していないと考えられる。
- (3) 消化率は黄粉>粉末大豆>脱脂大豆>原形大豆の順であった。従って加熱後粉末にした大豆を再び湿熱すると更に栄養価が高められる。
- (4) 以上の結果より，大豆の栄養価改善処理条件として，黄粉状大豆を蒸気栓全開または4気圧で湿熱処理することが適当と考えられる。

## 参 考 文 献

- (1) T. -B. Osborne, L. B. Mendel: *J. Biol. Chem.*, **32**, 369 (1917) .
- (2) 林, 有山: 栄養と食糧, **10**, 134 (1957) .
- (3) 林, 有山: 栄養と食糧, **13**, 297 (1961) .
- (4) 高橋: 栄養と食糧, **12**, 198 (1959) .
- (5) H. Neurath, J. P. Greenstein, F. W. Putram, J. O. Eriksson: *Chem. Rev.*, **34**, 158 (1944) .