草類蛋白質の栄養価 (第8報)*

青刈大豆葉蛋白質の消化に及ぼす各種乾燥方法の影響について (其の5)

低温無通気乾燥の影響

神 立 誠, 保 井 忠 彦 (東大農学部農芸化学科)

昭和 35 年 5 月 4 日 受 理

I. 緒 言

吾々は先に本研究第5報⁽¹⁾に於て、青刈大豆葉を無通気低温 (40~50°) に 48 時間乾燥した場合に全窒素の逸散が少し認められ、同時に全窒素、蛋白態窒素の分布は著しく変化するが、純蛋白質の分解は殆んど認められなかった事を報告した。今回はこの乾燥法によって調製した乾燥葉の蛋白質の消化について、本報(其の 2~4)^(2~4)と同様な実験を行い、蛋白質の消化率低下の原因を研究し、若干の知見を得たので次に報告する。

II. 実 験 の 部

1. 予備試験供試料調製法及び試験法 先に生葉の予備試験中に採取した生葉を 40~50° で無通気加熱乾燥して、そのまま供試料とした。また前実験^(2~4)に用いたと同一の家兎を用い、天日乾燥葉消化試験終了後、直ちに供試料を全部本試料に切替えた。其の後、体重は若干減少して (100~200 g) 一定に保たれており、排泄糞の状態は正常であったが、量が前実験試料の場合より可成り多かったので、予備試験は之等のようすから3日間を打切った。

2. 本試験供試料調製法及び試験法 先に行った生葉消化試験中に毎日採取した生葉のうちより、毎日一定量をそのままの空気浴中で無通気乾燥し、そのまま良く均一に混合し、その一部を粉碎して一般成分分析用試料とし、家兎にはそのまま給与した。即ち予備試験終了後、本試料を毎日 90 g ずつ与えて7日間消化試験を行った。試験期間中、水は自由に摂取させた。本試料は大量処理して調製した際に、乾燥迄に 4~7 日を要し、一部むれたようになり、乾燥中、水分の蒸散のみでなく金網上より試料細片が僅少落下したことによる損失、又水分の滴下が認められこれに伴う他成分の溶出損失があり、外観も緑黒色を呈し、品質はやや不良と思われた。乾燥葉量は 13% で、通風乾燥葉 (収量 16%)、天日乾燥葉 (収量 17%) のそれより若干少なかった。

第1表 低温無通気乾燥葉組成並びに同乾燥による組成成分の変化 (%)

試料の種類	成分	水分	乾物	粗灰分	有機物	粗蛋白質	純蛋白質	粗脂肪	粗繊維	可溶無窒素物	ペントサン
低温無通気乾燥葉	供試料	8.93	91.07	9.28	81.79	28.44	21.75	2.39	17.12	33.84	8.93
	乾物	—	100.00	10.19	89.81	31.23	23.88	2.63	18.80	37.15	9.81
混合原生葉	供試料	84.95	15.05	1.26	13.79	4.91	4.10	0.46	2.41	6.01	1.40
	乾物	—	100.00	8.37	91.63	32.62	27.24	3.06	16.02	39.93	9.30
生葉に対する乾燥葉各成分変化率(粗繊維比)	—	—	104.0	83.4	81.5	74.7	73.7	100.0	79.5	90.0	—
同上(粗灰分比)	—	—	100.0	80.2	78.3	71.8	70.9	96.2	76.4	86.5	—

第2表 低温加熱乾燥による全窒素分布の変化 (%)

試料の種類	各溶性区分	水	10% NaCl	70% アルコール	0.3% NaOH	0.3% NaOH 60% 熱アルコール	全可溶性	不溶性	総計
低温無通気乾燥葉	供試料	30.03	5.61	2.40	8.15	43.08	89.27	10.73	100.00
	生葉全窒素に対する分布	24.45	4.56	1.95	6.64	35.17	72.77	8.73	81.50
供試生葉 ⁽²⁾	—	28.01	7.80	3.32	8.08	42.87	90.08	9.92	100.00
各溶性区分の乾燥による変化率	—	87.3	58.7	58.7	82.2	82.0	80.8	88.0	81.5

* Studies on the Nutritive Value of Grass Proteins. Part VIII. The Effect of Drying Methods upon the Digestibility of Soy Bean Leaf Protein. (5) The Effect of Drying Method with Non-aeration at Low Temperature.

By Makoto KANDATSU and Tadahiko YASUI (Department of Agricultural Chemistry, Faculty of Agriculture, University of Tokyo)

第 3 表 蛋白態窒素分布の変化 (%)

試料の種類	各種溶剤溶性区	水	10% NaCl	70% アルコール	0.3% NaOH	0.3% NaOH 60% 熱アルコール	全可溶性	不溶性	合計 (回収率)
低温無通気加熱乾燥葉	供試料 (生葉蛋白態窒素に対する比)	7.38	2.45	0.49	6.34	12.30	28.93	14.10	43.03
供試生葉 ⁽²⁾		5.48	1.84	0.37	4.71	9.21	21.61	10.42	32.03
各溶性区分の乾燥による変化率		14.27	2.43	0.54	6.86	23.65	47.75	11.88	59.63
		38.4	75.7	—	68.7	38.9	45.5	87.7	58.7

第 4 表 実験期間及び経過

試験の種類	試料の種類	試験期間
予備試験	予備試験用乾燥葉	10月8日～9日
本試験	本試験用乾燥葉	10月10日～16日
後試験	同上	10月17日～18日

第 5 表 消化試験成績

性別	♂			♀		
	試験日	試料摂取量 g	糞量 g 体重 kg	試験日	試料摂取量 g 体重 kg	糞量 g 体重 kg
♂	10月10日	84.4	2.08		87.0	1.92
	11日	84.9	16.4		87.1	30.6
	12日	85.5	59.0		88.3	93.6
	13日	84.0	45.1	2.10	87.8	61.0
	14日	79.3	89.0		86.9	49.8
	15日	82.4	66.9		88.8	57.9
	16日	81.7	46.1		89.0	66.5
	17日		65.5	2.03	48.5	1.96
	18日		23.2		18.3	
合計		582.2	411.2		614.9	426.2

3. 試料分析法, 糞の処理法及び分析法

通風乾

乾燥葉消化試験⁽⁴⁾の場合と全く同様にして行った。本試験に用いた加熱乾燥葉の一般成分, 粗蛋白質及び純蛋白質の形態別定量結果と, 乾燥に用いた生葉の総量とその分析値より算出した結果とを比較すると第 1～3 表の如くである。

加熱乾燥葉を用いて行った消化試験の経過を一括すれば第 4～5 表の如くである。

糞については, 前報⁽²⁾と同様に処理し, その一般成分及び窒素分布を測定した。その結果は第 6～8 表の如くである。

以上の第 1, 5 及び 6 表より一般成分の摂取及び排泄量を, 第 2, 7 表より各種形態別粗蛋白質, 第 3, 8 表より各種形態別純蛋白質の夫々の摂取及び排泄量を計算して求め, これよりそれ等の消化率を求めると, 第 9～11 表の如くである。

第 6 表 糞の一般成分 (%)

性別	糞通風乾燥量 (g)	水分	乾物	粗灰分	有機物	粗蛋白質	純蛋白質	粗脂肪	粗繊維	可溶無窒素物	ペントサン
♂	275.4	8.45	91.55	9.04	82.51	26.04	21.68	4.54	23.65	28.22	6.64
♀	288.3	9.39	90.61	9.33	81.28	27.23	23.87	3.76	22.38	27.91	6.00

第 7 表 糞の窒素分布

性別	糞採取月日	糞全量 (g)	水分 (%)	粗蛋白質 (%) () 内は乾物中 (%)	各種溶剤溶性区分全窒素分布 (%)						
					水	10% NaCl	70% アルコール	0.3% NaOH	0.3% NaOH 60% 熱アルコール	全可溶性	不溶性
♂	10月										
	11日	16.4	26.88	14.44(17.41)	25.32	6.88	2.28	30.90	21.84	87.22	12.78
	12日	59.0	21.89	20.63(26.50)	19.97	7.36	2.61	27.32	27.45	84.71	15.29
	13日	45.1	28.88	18.75(26.30)	24.59	8.24	2.79	23.83	28.70	88.15	11.85
	14日	89.0	47.36	17.07(32.30)	18.82	8.34	2.02	31.50	29.20	89.88	10.12
	15日	66.9	48.36	16.00(31.10)	20.24	7.38	1.86	25.84	28.48	84.80	15.20
	16日	46.1	26.88	15.57(21.30)	26.24	7.27	2.11	28.64	17.04	81.30	18.70
	17日	65.5	40.88	17.50(29.55)	22.71	7.96	2.10	34.30	15.65	82.72	17.28
	18日	23.2	26.24	17.94(24.40)	19.15	5.84	2.69	31.44	25.58	84.60	15.40
♀	10月										
	11日	30.6	57.49	12.13(28.53)	26.10	13.36	2.62	30.00	18.52	90.60	9.40
	12日	93.6	61.07	16.44(42.24)	28.73	8.36	2.71	28.40	10.60	78.80	21.20
	13日	61.0	31.76	16.50(24.18)	15.60	8.00	2.82	30.40	29.71	86.53	13.47
	14日	49.8	23.94	24.10(27.97)	14.80	7.22	2.28	19.36	36.27	79.93	20.07
	15日	57.9	31.92	17.94(26.37)	13.20	6.08	2.42	26.45	33.74	81.89	18.11
	16日	66.5	51.82	16.36(33.95)	22.56	7.43	2.46	29.56	22.05	86.56	13.44
	17日	48.5	16.68	26.04(31.11)	19.41	7.99	2.78	28.63	26.02	84.83	15.17
	18日	18.3	15.85	19.12(22.73)	18.67	6.22	3.06	27.70	27.45	83.10	16.90

第 8 表 糞 の 蛋 白 態 窒 素 分 布

各種溶剤溶性蛋白態窒素分布 (%)

性 別	糞 採取月日	糞 全量 (g)	純蛋白質(%) ()内は乾物 中(%)	各種溶剤溶性蛋白態窒素分布 (%)							
				水	10% NaCl	70% アルコ ール	0.3% NaOH	0.3% NaOH 60%熱アル コール	全可 溶性	不溶性	合 計 (回収率)
♂	10月11日	16.4	13.13(17.83)	15.57	3.84	0.42	29.95	5.58	55.16	14.00	69.16
	12日	59.0	18.41(23.60)	10.97	3.64	0.21	24.00	6.84	45.66	16.84	62.50
	13日	45.1	15.82(22.00)	14.02	4.83	0.20	22.85	6.38	48.28	13.56	61.84
	14日	89.0	13.96(27.00)	12.04	5.24	0.23	32.66	6.05	56.22	10.46	66.68
	15日	66.9	14.21(27.50)	12.44	3.78	0.21	23.68	12.74	52.85	17.15	70.00
	16日	46.1	13.28(18.21)	15.23	4.24	0.16	34.09	10.28	64.00	13.55	77.55
	17日	65.5	15.10(25.60)	12.31	5.63	0.20	34.61	5.83	58.58	15.92	74.50
	18日	23.2	15.60(21.25)	9.07	2.48	0.28	27.27	11.57	50.67	12.53	63.20
♀	10月11日	30.6	11.90(27.99)	18.18	7.83	0.31	27.90	4.09	58.31	10.99	69.30
	12日	93.6	13.80(35.46)	18.55	5.02	0.32	29.44	5.09	58.42	11.28	69.70
	13日	61.0	14.44(21.16)	7.32	3.60	0.34	27.59	7.88	46.73	15.47	62.20
	14日	49.8	21.80(25.33)	7.72	2.30	0.18	17.10	22.98	50.28	23.62	73.90
	15日	57.9	16.16(23.74)	6.10	2.25	0.00	23.34	16.17	47.86	19.94	67.80
	16日	66.5	14.12(27.25)	11.11	3.75	0.21	30.09	12.23	57.39	15.63	73.02
	17日	48.5	23.00(27.60)	11.10	3.49	0.18	27.05	15.82	57.64	17.16	74.80
	18日	18.3	16.25(19.31)	7.33	2.33	0.33	25.33	10.00	45.32	19.67	64.99

第 9 表 低温無通気加熱乾燥葉一般成分消化率

性別	成 分	乾物	粗灰分	有機物	粗蛋白質	純蛋白質	粗脂肪	粗繊維	可溶無 窒素物	ペント サン
♂	摂取量(g)	530.2	54.0	476.2	165.6	126.6	13.9	99.7	197.0	52.0
	消化吸収量(g)	278.1	29.1	249.0	93.9	66.9	1.4	34.6	119.1	34.0
	消化率(%)	52.4	53.9	52.3	56.7	52.8	10.1	34.7	66.0	65.4
♀	摂取量(g)	560.0	57.1	502.9	174.9	133.7	14.7	105.3	208.0	54.9
	消化吸収量(g)	298.8	30.2	268.6	96.4	64.9	3.9	40.7	127.5	37.6
	消化率(%)	53.4	52.9	53.4	55.1	48.5	26.5	38.7	61.3	68.5
平均消化率(%)		52.9	53.4	52.9	55.9	50.7	18.3	36.7	63.7	67.0
生葉平均消化率(%) ⁽²⁾		70.3	62.8	71.0	78.9	77.1	—	26.0	89.0	70.6
通風乾燥葉平均消化率(%) ⁽³⁾		64.6	57.6	65.2	75.9	75.9	—	28.4	77.5	71.7
天日乾燥葉平均消化率(%) ⁽⁴⁾		59.1	51.2	60.0	72.5	72.5	—	37.1	63.0	67.1

第 10 表 低温無通気加熱乾燥葉粗蛋白質形態別消化率

性別	区 分	全 粗 蛋白質	水溶性	10% NaCl 溶性	70% アルコ ール 溶性	0.3% NaOH 溶性	0.3% NaOH 60%熱アル コール 溶性	全可溶性	不溶性
♂	摂取量(g)	165.6	49.7	9.3	4.0	13.5	71.3	147.8	17.8
	消化吸収量(g)	93.9	34.3	3.8	2.4	—7.6	53.1	86.0	7.9
	消化率(%)	56.7	69.0	40.9	60.0	—	74.5	58.2	44.4
♀	摂取量(g)	174.9	52.5	9.8	4.2	14.3	75.1	155.9	19.0
	消化吸収量(g)	96.4	36.9	3.7	2.0	—7.3	54.7	91.0	5.4
	消化率(%)	55.1	70.3	37.8	47.6	—	72.8	58.4	28.4
平均消化率(%)		55.9	69.7	39.4	53.8	—	73.7	58.3	36.4
生葉平均消化率(%) ⁽²⁾		78.9	84.7	80.0	68.7	67.4	85.4	82.4	46.3
通風乾燥葉平均消化率(%) ⁽³⁾		75.9	76.0	52.4	65.7	43.2	89.5	78.2	66.3
天日乾燥葉平均消化率(%) ⁽⁴⁾		72.5	73.8	60.0	73.9	25.1	89.1	74.7	44.4

第 11 表 低温無通気加熱乾燥葉純蛋白質形態別消化率

性別	区 分	全 純 蛋白質	水溶性	10% NaCl 溶性	70% アルコ ール 溶性	0.3% NaOH 溶性	0.3% NaOH 60%熱アル コール 溶性	全可溶性	不溶性	合計
♂	摂取量(g)	126.6	9.3	3.1	0.6	8.7	15.3	36.2	17.8	54.0
	消化吸収量(g)	66.9	1.6	0.4	0.5	—9.3	10.2	3.0	7.9	10.9
	消化率(%)	52.8	17.2	12.9	83.3	—	66.7	8.3	44.4	20.2
♀	摂取量(g)	133.7	9.9	3.3	0.7	8.8	15.9	38.5	19.0	57.5
	消化吸収量(g)	64.9	2.4	0.8	0.5	—9.0	7.1	1.7	5.4	7.1
	消化率(%)	48.5	24.2	24.2	71.4	—	44.7	4.4	28.4	12.3
平均消化率(%)		50.7	20.7	18.6	77.4	—	55.7	6.4	36.4	16.3
生葉平均消化率(%) ⁽²⁾		77.1	79.0	64.4	75.0	67.0	91.7	82.6	46.3	75.3
通風乾燥葉平均消化率(%) ⁽³⁾		75.9	62.3	35.3	62.5	52.9	93.4	75.7	66.3	72.4
天日乾燥葉平均消化率(%) ⁽⁴⁾		72.5	67.6	7.5	60.0	—	91.1	62.0	44.4	59.0

III. 考 察

1. 低温 (40~50°) 無通気加熱乾燥による一般成分及び消化率の変化 本実験に用いた低温 (40~50°) 加熱乾燥葉は、大量処理を行ったため乾燥に長時間を要し、外観上品質はやや不良と思われた。その分析の結果、一般成分の分解は著しく、20~30% の損失が起っていた。この試料の 90 g を毎日家兎に単食させた場合、予備試験中、体重の減少は前三実験に比して 0.2 kg 程度認められたが、試験中は略々一定に保たれた。その一般成分の消化率では、粗繊維が平均 36.7% で、前実験天日乾燥葉のそれと (37.1%) 一致しており、生葉 (26.0%) に比べれば良くなっている。可溶無窒素物、ペントサンの消化率は夫々 63.7%, 67.0% で同じく天日乾燥葉のそれによく一致しているが、生葉より劣っている。粗灰分を除いて、粗脂肪は、本試料では消化率平均 18.3% で正の結果を得たが、摂取量が少いので、他の試料と比較考察は出来ない。粗蛋白質及び純蛋白質の総量は生葉に比して夫々約 19%, 25% の減少を示し、同時に又消化率も夫々平均 55.9%, 50.7% で、前三試料に比べて著しい低下を示している。この点については次に述べる。

2. 乾燥による窒素分布及び消化率の変化

(a) 粗蛋白質について：粗蛋白質の全量は加熱乾燥によって約 19% の著しい減少をしたが、これは乾燥中水分の蒸散のみならず、金網上より水分の滴下が認められこれに伴う成分の溶出損失によるものと思われる。同時に又、各種形態の蛋白質に亘って 20% 内外の減少が認められ、不溶性蛋白質の減少も認められた。然しその減少は天日乾燥程著しくは無かった。この理由は他の区分の蛋白質の一部凝固と、微生物、酵素等による不溶性蛋白質の一部分解とが同時に徐々に起ったのではないかと考えられる。このように著しい変化を伴った加熱乾燥葉の粗蛋白質の消化率は平均 55.9% で生葉 (78.9%) に比して著しく低く、従来平均して 85~90% の極めて消化の良かった 0.3% NaOH 性 60% 熱アルコール溶性蛋白質の消化率も平均 73.7% と著しく低下している許りでなく、水、10% NaCl 溶性蛋白質及び不溶性蛋白質の消化率も可成り低下している。更に又、0.3% NaOH 溶性蛋白質は摂取量に対して排泄量はその 1.5 倍にも及び、天日乾燥葉 (25.1%) の場合よりも更に消化が悪くなっていた。之等の事實は、本試料が今迄用いた三試料に比べて著しく成分の変化、減少があったこと及び実験中家兎の体重に若干の減少があったことから、その消化力の減退があったのではないかと考えられるが、これ等だけでは、0.3% NaOH 溶性蛋白質の消化率が負になった事實は説明出来ない。この理由としては、本試験では既に述べたように⁽²⁾、摂取した試料の各種溶剤溶性蛋白質は未消化のまま排泄された時にも、その溶性は変化しないものと仮定して考察を進めて来たのであるが、或いは家兎の消化器官中で、蛋白質の形態はその一部が消化を受けたことによって、他の溶剤溶性から 0.3% NaOH 溶性に変化し、しかも不消化のまま排泄されたためとも考えられる。しかし長期間に亘る乾燥葉単食試験によって、殊に本試料にあっては、他成分の減少が相対的に粗繊維含有量を増大している点及び加熱乾燥時間の長いことによる細胞自体の硬化によって、所謂 metabolic fecal nitrogen の増加をもたらしたために、このような結果になったと考えた方が前実験の結果を参照すると妥当のように思われる。之等の点に関しては、前に述べたように metabolic fecal nitrogen の性質が明らかにされれば、より一層明確な結論が得られるであろう。又消化試験の方法について更に改良を行って、後日より詳細に検討したい。

(b) 純蛋白質について：純蛋白質も亦生葉に比して直接定量した場合には約 25% の減少が認められ、更に分別定量した結果では生葉に比して約半分に激減していた。10% NaCl 及び 70% アルコール溶性蛋白質は絶対量が少いので論外として、0.3% NaOH 溶性蛋白質にも約 32% の減少があり、水溶性及び 0.3% NaOH 60% 熱アルコール溶性蛋白質にはいずれも大凡 62% の減少が認められた。之等三区分の粗蛋白質の減少はいずれも 13~18% であって、純蛋白質の減少がより著しいことは、水溶性蛋白質にあっては乾燥中における一部溶脱と、不溶性其の他の区分への変化とによることが考えられるが、他方 0.3% アルカリ性 60% 熱アルコール溶性蛋白質は通常この溶剤で溶出分離後は 0.3% NaOH 溶性であることが知られており⁽⁴⁾、この点から長時間の加熱乾燥中に、葉緑粒中にある chlorophyll-lipoprotein の構造の一部開裂があって、その蛋白質は一部 0.3% NaOH 溶性に変化し、それ等の結果から 0.3% NaOH 溶性蛋白質の減少が、水溶性及び 0.3% NaOH 60% 熱アルコール溶性蛋白質程に著しく認められなかったものと推論されるが、詳細は不明である。

又この乾燥葉の純蛋白質の消化率は平均 50.7% で極めて悪かった。その原因は一つには、水溶性及び 0.3% NaOH 性 60% 熱アルコール溶性蛋白質の消化率は前者が生葉の約 1/4、他の乾燥葉の約 1/3、後者は前三試料の

約 3/5 に低下していることにもあるが、他方には 0.3% NaOH 溶性蛋白質の排泄量が摂取量の約 2 倍に及んでいることが最も有力なものであると考えられる。このような著しい負の消化率を示す理由については、先に粗蛋白質の項に於いて、家兎の消化器官内で他の溶剤溶性蛋白質が 0.3% NaOH 溶性に変化し、しかも不消化のまま排泄されたためとも考えられることを述べたが、この点に関しては、水溶性及び 10% NaCl 溶性蛋白質が 0.3% NaOH 溶性に変化するよりも、寧ろ先に述べた理由から 0.3% NaOH 性 60% 熱アルコール溶性蛋白質の方が消化管中で 0.3% NaOH 溶性に変化し易いと考えた方が妥当のように思われる。第 11 表から明らかなように、若しも該蛋白質の消化吸収された全量がすべて 0.3% NaOH 溶性に変化してそのまま全部排泄されたと考えても、0.3% NaOH 溶性蛋白質の摂取量及び排泄量は、雄兎、雌兎で夫々摂取量 18.9 g, 15.9 g, 排泄量 18.0 g, 17.8 g となり、消化吸収量は夫々 0.9 g, -1.9 g となり、このような考え方のみではこの事実は充分には説明出来ない。従って metabolic fecal nitrogen の増加が考えられる。しかしその内容については消化液の増加と、粗繊維の消化の良くなっている事実とから、腸内細菌の活動増加による不溶性蛋白質よりの変化も考えられるけれども、不溶性蛋白質の消化率は生葉のそれと等しいか、むしろ平均して低下しているので、腸内細菌の増加による細菌態窒素の排泄増加が含まれていると考えられる。更に又水溶性及び 10% NaCl 溶性蛋白質の消化率は夫々平均 20.7%, 18.6% で極めて悪かった。これは恐らく低温に長時間加熱乾燥したために、その間に可溶無窒素物と蛋白質の結合が一部促進されて、その結果そのいずれもが消化酵素の作用を受け難いものに変化したのではないかと推定される。0.3% NaOH 60% 熱アルコール溶性蛋白質の消化率も亦、平均 55.7% で前実験の結果に比して著しく劣ることは、矢張りこの蛋白質が長時間の乾燥中に補欠分子との結合に開裂があり、同時にその蛋白質と可溶無窒素物が結合し不消化に変化したものと推定される。0.3% NaOH 溶性蛋白質の排泄量が摂取量に倍加していた事から、分別定量した純蛋白質総量の消化率は平均 16.3% であった。

IV. 要 約

低温無通気加熱乾燥青刈大豆葉を用いて、その一般成分及び各種形態の蛋白質のこれ等諸成分の家兎による消化率を生葉のそれと比較し、次の結果を得た。

(1) 低温 (40~50°) 無通気加熱乾燥した青刈大豆葉で、乾燥時間が長過ぎたために一般成分の溶出損失が著しく、外観品質がやや不良の試料を用いた家兎による消化試験の結果は、粗繊維の消化率は平均 36.7% で天日乾燥葉のそれに等しく、生葉のそれよりは良かった。粗脂肪以外の成分はすべて消化率の低下が著しかった。

(2) 粗蛋白質は全量の減少も著しく、又その消化率も平均 55.9% で著しい低下を示した。殊に 0.3% NaOH 溶性蛋白質は摂取量の約 2 倍の排泄量を示し、負の消化率を示した。

(3) 純蛋白質も亦、全量で 25% の著しい減少を示し、分別定量の結果は生葉の半量に減少しており、その中では水溶性及び 0.3% NaOH 60% 熱アルコール溶性蛋白質の減少が著しかった。その消化率も亦生葉、通風乾燥葉或いは天日乾燥葉に比して著しく悪く、この原因は各種蛋白質共に消化率が低くなっているが、殊に 0.3% NaOH 溶性蛋白質の排泄量が摂取量に比して倍加するという著しい負の消化率を示した結果によるものであった。このことについては可溶無窒素物と蛋白質の結合による消化率の低下と、所謂 metabolic fecal nitrogen の増加に由来することを推論した。

V. 本報告 (其の 1~5) 総括

緑葉中の蛋白質は一般にこれを貯蔵するために乾燥すると、可成消化率が低下することが知られており、その原因については充分明らかにされていない。吾々は先に緑葉類を各種乾燥法で乾燥すると、その蛋白質の形態が著しく変化することを明らかにしたので、今回は乾燥に伴う消化率低下の原因が、緑葉類の一般成分及び各種蛋白質の形態の変化と蛋白質の種類による消化の難易とも関係があるのではないかと考えて、青刈大豆生葉とその 45° 通風乾燥葉、天日乾燥葉、低温無通気乾燥葉を家兎に単食させて、之等の点を研究した。その結果を総括表示すると次の如くなる。

即ち粗蛋白質の消化率は生葉、通風乾燥葉、天日乾燥葉、無通気加熱乾燥葉の順に、それぞれ 78.9%, 75.9%, 72.5%, 55.9% と低下しており、同様に純蛋白質の消化率もそれぞれ 77.1%, 75.9%, 72.5%, 50.7% と低下していた。他方蛋白質の種類と消化の難易を比較するならば、無通気加熱乾燥葉は既に述べた理由により別として、細胞内にある葉緑体蛋白質は生葉にあっても、又乾燥に伴って若干の減少があるけれども、通風乾燥葉、天日乾燥葉はいずれも消化率 91~93% を示し、全く変化がなく極めて良かった。この事はまず乾燥によって細

第 12 表 青刈大豆葉一般成分組成の乾燥による変化 (%)

試料の種類	成分	水分	乾物	粗灰分	有機物	粗蛋白質	純蛋白質	粗脂肪	粗繊維	可溶無窒素物	ペントサン
混合*	供試料	84.95	15.05	1.26	13.97	4.91	4.10	0.46	2.41	6.01	1.40
	乾物	—	100.00	8.37	91.63	32.62	27.24	3.06	16.02	39.93	9.30
混合**	供試料	85.30	14.70	1.20	13.50	4.80	4.01	0.47	2.36	5.87	1.35
	乾物	—	100.00	8.16	91.84	32.65	27.41	3.20	16.05	39.94	9.40
通風乾燥葉	供試料	9.91	90.09	7.78	82.31	29.00	24.88	3.00	14.62	36.03	8.52
	乾物	—	100.00	8.66	91.34	32.19	27.62	3.33	16.23	40.30	9.45
成分変化率*		—	—	104.5	100.6	97.5	99.6	102.5	100.0	100.0	101.7
天日乾燥葉	供試料	9.64	90.36	8.26	82.10	30.44	26.63	1.95	15.19	34.52	8.79
	乾物	—	100.00	9.14	90.86	33.69	29.47	2.16	16.81	38.20	9.73
成分変化率*		—	—	104.0	94.6	98.4	103.0	67.3	100.0	91.2	100.0
無通気乾燥葉	供試料	8.93	91.07	9.28	81.79	28.44	21.75	2.39	17.12	33.84	8.93
	乾物	—	100.00	10.19	89.81	31.23	23.88	2.63	18.80	37.15	9.81
成分変化率*		—	—	104.0	83.4	81.5	74.7	73.7	100.0	79.5	90.0

第 13 表 青刈大豆葉全窒素分布及びその乾燥による変化 (%)

試料の種類	溶性区分	水	10% NaCl	70% アルコール	0.3% NaOH	0.3% NaOH 60% 熱アルコール	全可溶性	不溶性	総計
混合生葉*	供試料	28.01	7.80	3.22	8.08	42.87	90.08	9.92	100.00
混合生葉**	〃	27.90	7.92	2.99	8.94	42.95	90.70	9.30	100.00
通風乾燥葉	供試料	26.17	4.15	3.16	7.25	40.31	81.04	18.96	100.00
	生葉全窒素に対する比率	25.52	4.05	3.08	7.07	39.30	79.02	18.48	97.50
各溶性区分の変化率		91.5	51.1	103.0	79.1	91.5	87.1	198.3	97.5
天日乾燥葉	供試料	23.42	6.50	3.23	11.97	47.65	92.77	7.23	100.00
	生葉全窒素に対する比率	23.05	6.40	3.18	11.78	46.88	91.29	7.11	98.40
各溶性区分の変化率		82.3	81.8	95.8	145.8	109.4	101.3	71.7	98.4
低温乾燥葉	供試料	30.03	5.61	2.40	8.15	43.08	89.27	10.73	100.00
	生葉全窒素に対する比率	24.45	4.56	1.95	6.64	35.17	72.77	8.73	81.50
各溶性区分の変化率		87.3	58.7	58.7	82.2	82.0	80.8	88.0	81.5

第 14 表 青刈大豆葉蛋白態窒素分布及びその乾燥による変化 (%)

試料の種類	溶性区分	水	10% NaCl	70% アルコール	0.3% NaOH	0.3% NaOH 60% 熱アルコール	全可溶性	不溶性	合計 (回収率)
混合生葉*	供試料	14.27	2.43	0.54	6.86	23.65	47.75	11.88	59.63
混合生葉**	〃	14.24	2.36	0.56	7.61	23.32	48.09	11.13	59.22
通風乾燥葉	供試料	10.50	1.32	0.31	7.25	20.39	39.77	22.10	61.87
	生葉蛋白態窒素に対する比率	10.46	1.31	0.31	7.22	20.31	39.61	22.07	61.68
各溶性区分の変化率		73.5	55.5	53.6	94.9	87.1	82.0	198.3	104.2
天日乾燥葉	供試料	7.11	7.50	0.52	9.90	21.52	40.55	8.27	48.82
	生葉蛋白態窒素に対する比率	7.31	7.55	0.54	10.20	22.17	41.77	8.52	50.29
各溶性区分の変化率		51.2	310.7	100.0	148.7	93.7	87.5	72.3	84.3
無通気低温乾燥葉	供試料	7.38	2.45	0.49	6.31	12.30	28.93	14.10	43.03
	生葉蛋白態窒素に対する比率	5.48	1.84	0.37	4.71	9.21	21.61	10.42	32.03
各溶性区分の変化率		38.4	75.7	—	68.7	38.9	45.5	87.7	53.7

* 生葉本試験中全期間のもの、天日乾燥葉、無通気乾燥葉と同一材料。

** 生葉本試験中第 1 日目の分を除いたもの、通風乾燥葉と同一材料。

+ 生葉に対する乾燥葉各成分の変化率は粗センキ含量を 100.0 として比較した。

胞内部への消化酵素の滲透、混和が不十分になるようなことはないことを示している。同時に又、この蛋白質は乾燥中に消化酵素の作用を受け難くなるような質的变化も起らないことを示している。他方細胞質蛋白質として細胞液内に溶存していると考えられる水溶性、10% NaCl 溶性及び 0.3% NaOH 溶性蛋白質は乾燥に伴う形態変化が著しく、同時に又その消化率も著しく低下した。10% NaCl 溶性蛋白質は絶対量が少いので論外として、

第 15 表 青刈大豆生葉及び各種乾燥葉一般成分消化率 (%) (二頭平均値)

試料の種類	乾物	粗灰分	有機物	粗蛋白質	純蛋白質	粗脂肪	粗繊維	可溶無窒素物	ペントサン
生 葉	70.3	62.8	71.0	78.9	77.1	—	26.0	89.0	70.6
通 風 乾 燥 葉	64.6	57.6	65.2	75.9	75.9	—	28.4	77.5	71.7
天 日 乾 燥 葉	59.1	51.2	60.0	72.5	72.5	—	37.1	63.0	67.1
低 温 無 通 気 乾 燥 葉	52.9	53.4	52.9	55.9	50.7	18.3	36.7	63.7	67.0

第 16 表 青刈大豆生葉及び各種乾燥葉粗蛋白質形態別消化率 (%)

試料の種類	全粗蛋白質	水溶性	10% NaCl 溶性	70% アルコール溶性	0.3% NaOH 溶性	0.3% NaOH 60% 熱アルコール溶性	全可溶性	不溶性
生 葉	78.9	84.7	80.0	68.7	67.4	85.4	82.4	46.3
通 風 乾 燥 葉	75.9	76.0	52.4	65.7	43.2	89.5	78.2	66.3
天 日 乾 燥 葉	72.5	73.0	60.0	73.9	25.1	89.1	74.7	44.4
無 通 気 乾 燥 葉	55.9	69.7	39.4	53.8	—	73.7	58.3	36.4

第 17 表 青刈大豆生葉及び各種乾燥葉純蛋白質形態別消化率 (%)

試料の種類	全純蛋白質	水溶性	10% NaCl 溶性	70% アルコール溶性	0.3% NaOH 溶性	0.3% NaOH 60% 熱アルコール溶性	全可溶性	不溶性	合計
生 葉	77.1	79.0	64.4	75.0	67.0	91.7	82.6	46.3	75.3
通 風 乾 燥 葉	75.9	62.3	35.3	62.5	52.9	93.4	75.7	66.3	72.4
天 日 乾 燥 葉	72.5	67.6	7.5	60.0	—	91.1	62.0	44.4	59.0
無 通 気 乾 燥 葉	50.7	20.7	18.6	77.4	—	55.7	6.4	36.4	16.3

水溶性蛋白質の量は生葉に比し、通風乾燥葉 73.5%、天日乾燥葉 51.2% であり、その消化率もそれぞれ 79.0%、62.3%、67.6% と低下していた。他方 0.3% NaOH 溶性蛋白質の量は生葉に対し通風乾燥葉 94.9%、天日乾燥葉 150.0% で著しく変化しており、その消化率は生葉にあっても 67.0% で極めて悪く、通風乾燥葉 52.9%、天日乾燥葉では負 (排泄量 17.8% 増) で、もっとも著しい変化を受けていた。また不溶性蛋白質の量は通風乾燥葉では著しく増加したが、天日乾燥葉では大差なく、又後者の消化率は生葉のそれと大差なかった事から、通風乾燥葉の本来の不溶性蛋白質の消化率は乾燥による変化がなかったとして計算すると、変化を受けて不溶性となった蛋白質の消化率は生葉水溶性蛋白質のそれと大差がない。乾燥に伴う一般成分とその消化率の変化について見ると、通風乾燥、天日乾燥により、粗繊維、ペントサンの量の変化はなく、可溶無窒素物は天日乾燥により約 10% の減少が認められたに過ぎなかったが、それ等の消化率は変化が著しく、生葉では 89.0% で極めて良かったのが、通風乾燥葉、天日乾燥葉ではそれぞれ 77.5%、63.0% と著しく低下した。他方ペントサンの消化率は天日乾燥葉では若干低下しているがその他では大差なかった。粗繊維の消化率は生葉では 26.0%、通風乾燥葉 28.4% で若干良く、天日乾燥葉では 37.1% と極めて良くなっている。このことは天日乾燥葉摂取時には腸内細菌群による消化活動が高まっていることを示している。

以上のべて来た蛋白質及びその他の一般成分の乾燥に伴う形態、量及び消化率の変化を併せ考えるならば、緑葉蛋白質の乾燥に伴う消化率低下の原因は、既に通風乾燥葉蛋白質の消化率低下の原因について結論したように、乾燥中に特に水溶性蛋白質を主として、細胞質中にある蛋白質と可溶無窒素物との変化によっていずれもが消化酵素の作用を受け難いものに変化することと、同時に乾燥に伴う緑葉類の細胞の状態の変化が、消化管に及ぼす作用と腸内細菌群の活動に及ぼす作用とで、所謂 metabolic fecal nitrogen の増加を来し、之等が全蛋白質の消化率低下をもたらしているものと考えられる。

本研究の研究費の一部は文部省科学研究助成金によった。謝意を表する。

- (1) 神立 誠, 保井忠彦: 本誌, 28, 494(1954). (3) 神立 誠, 保井忠彦: 本誌, 33, 893(1959).
 (2) 神立 誠, 保井忠彦: 本誌, 32, 62(1958). (4) 神立 誠, 保井忠彦: 本誌, 33, 899(1959).