要 約 並 に 考 察

1 ケ年間毎月採集したアコヤガイ全肉の風乾物の一定量よりエーテル抽出を行つて得た脂肪を常法によつて鹼化して不鹼化物を定量し、次いで比色法によつて純ステロールを定量した。貝肉 1 個當りでみると粗脂肪は秋より冬春と徐々に蓄積され、生殖物質の放出と同時に減少するが又直ちに増加する。之に對して粗不鹼化物の量は 2 月頃より増加して 4, 5 月の生殖腺の肥大と共に減少する。併し不鹼化物中のステロールの量は殆んど周年變化がなく生殖物質放出によつて急激な減少が認められる。此の事實より不鹼化物中のは生殖腺と直接間接に關係のある物質が存在すると言う事を豫想する事が出来る。又ステロールが生殖物質の放出によつて急激に減少する事から考へて生殖物質中に多量のステロールが含有されていると言う豫測も出来る。此の問題に就ては將來の研究によつて明らかにしたいと思う。3 月より 8 月迄半年間毎月の脂肪の一般的性状を調べたが季節的に大きな差異は認められなかつた。

終りに臨み、終始御懇篤なる御指導を賜りました京都大學理學部田中教授に對し、又實驗材料に付一方ならぬ御世話に成りました日本眞珠研究所長松井博士に對し、又常に御懇切なる御鞭達を戴きました大阪生研茶珍所長に對しまして衷心より厚く御禮申し上げます

(昭和 24 年 11 月 19 日京都にて開催の日本農藝化學會秋季大會にて發表した。)

- (1) 足利千枝 : 生理生態, 2, 160(1948)
- (2) 足利千枝 : 農化, 24, 41 (1951)
- (3) 足利千枝 : 農化, 23, 63(1949)
- (4) I. DAVIDSOHN u. E. I. BETTER *Chem.-Ztg.*, 38, 363(1931)
- (5) W. R. BLOOR and A. KUNDSON : *J. Biol. Chem.*, 27, 107(1916)
- (6) R. OKEY : *J. Biol. Chem.*, 88, 367(1930)
- (7) A. E. SOBEL, I. J. DREKTER, and S. NATALSON, : *J. Biol. Chem.*, 115, 381(1936)
- (8) M. YASUDA : *J. Biochem.*, 24, 429, 443 (1936)
- (9) F. E. KELSEY : *J. Biol. Chem.*, 127, 15(1939)

Summary

Seasonal variation of the contents of sterol and other unsaponifiable matters contained in fat of the pearl-oyster was studied. Total fat was observed to be accumulated gradually during the winter season and shows the maximum amount in June. Sudden decrease in its content was found to occur with the delivery of spermatozoa and eggs. On the contrary, the unsaponifiable matter shows its maximum amount in March and thereafter decreases gradually. The content of sterol was observed to be almost constant throughout the year excepting the period of reproduction. Gonadal plasma seems to contain plenty of sterol. Certain relations between sterol and gonadal substances should be expected.

The general properties of fat was examined by monthly from March to August, and no seasonal changes were recognized.

纖維質の消化利用に關する研究 (第 4 報) β -セルロースの營養價值

岩田久敬, 鵜飼信雄, 辻 貢 (九州大學農學部營養化學研究室)

昭和 25 年 8 月 26 日 受 理

Digestion and Utilization of Fibrous Materials. Part 4. Nutritive Value of β -Cellulose.

By Hisayoshi IWATA, Nobuo UKAI and Mitsugu TSUJI (Laboratory of Animal

Nutrition, Fac. of Agr., Kyushu University.)

I. 緒 言 JENTGEN⁽¹⁾は粗纖維素を 17.5% の苛性ソーダで處理し、その浸出液を醋酸で酸性にして生ずる沈澱物を β -セルロースと呼んだ。この中には纖維素の少しく分解變質し初めた重合度 150 以下のものを多量に含んでいる。先に岩田⁽²⁾はセルロースデキストリンを製してその營養價值に關する實驗を行つたが、これよりもやや高分子と考えられる β -セルロースについて同様に實驗を行つたので茲に報告し度いと思う。

II. 供試 β -セルロースの性質 實驗に供した β -セルロースは 2 人絹工場から提供されたもので何れも白色

の微粉末である。ビスコース人絹工場では精製パルプを 18% 前後の苛性ソーダで浸出してパルプ中のヘミセルロースを除去するが、この浸出液から苛性ソーダを回収する爲に透析を行うのが常である。その際に β -セルロースの比較的分子の大きいものが析出する。この沈澱を精製したものが本研究の供試品である。その若干の性質を實驗した結果を表示すれば次の如くである。

Table 1.

	β -Cellulose No.1	β -Cellulose No.2	β -Cellulose No.3
Moisture	15.70%	14.10%	13.57%
Ash	2.29	2.38	1.53
Crude protein	0.16	0.05	0.07
Reducing subst. (Glucose%)	0.68	0.62	0.95
3% HCl hydrolysis sugar	49.16	59.37	46.39
73% H_2SO_4 hydrolysis sugar	90.36	92.57	92.08
Total carbohydrate	81.78	83.45	84.82
Insoluble in hot 3% HCl	26.35	20.14	20.98
Soluble in hot water			
Reducing subst. (Glucose%)	0.31	0.46	0.76
3% HCl hydrolysis sugar	2.10	5.55	6.24
Mannan	10.04	11.86	9.21
Pentosan	22.93	18.04	14.25
Galactan, Fructan, -Araban	0	0	0
Lignin	0.07	0.02	0.01

III. β -セルロース分解酵素 (1) 高等動物の場合・動物の消化管内にこの β -セルロースを分解する酵素があるか否かを知る爲に、まず牛の第一、第二、第三、第四胃・小腸・大腸及び豚・家兎・白鼠・鶏等の胃・小腸・大腸の内臓をとつて水浸液をつくり、且つ牛及び豚の脾臓の水浸液をつくり酵素實驗を行つた。 β -セルロース No.2 の 2% サスペンションと酵素液と McILVAINE 緩衝液とトルオールを混合し 37° に一定時間保つた。緩衝液の pH は胃の場合には 3 とし前胃・腸・脾の場合には 8 とした。かくして 24 時間及び 50 時間後に生成された糖分の測定を行つた。また別に無酵素液の場合と無基質の場合についてブランク實驗を行つてその結果を差引計算した。その結果高等動物の消化管内に β -セルロースを加水分解する酵素は全然存在しないことを確かめた。

(2) 蝸牛の場合、：蝸牛にはマンナーゼ、ガラクターゼ、キシラナーゼ、セルラーゼ等があつて高等動物と趣を異にしているので、 β -セルロース分解酵素の檢出實驗を行つた。即ち蝸牛 10 個の消化管及び内臓をとり pH 6 の McILVAINE の緩衝液 200cc で浸出し、その濾液 20cc と、基質 1% サスペンション 20cc と、トルオール數滴を混合して 37° に 24 時間保ち糖の生成量を測定した。また比較の爲にセルロースデキストリン及び SCHWEIZER 再生セルロースについても實驗を行つた。なお別に酵素液のみの場合と基質のみの場合とのブランク實驗を行つて、その値から差引いた。基質 100mg から生成した糖の量は葡萄糖として次の如くである。

Table 2. Production of Sugar (as Glucose) by Snail Enzyme

		左記のように供試 β -セルロース
From 100mg. β -Cellulose No. 1	12.5 mg.	は蝸牛消化酵素によつて 12~24 %
From 100mg. " " No. 2	23.7 mg.	糖化されているが、これに比べてセ
From 100mg. Cellulose Dextrin	37.5 mg.	ルロースデキストリンは約 38% 糖
From 100mg. SCHWEIZER's Reprecipitated Cellulose	3.8 mg.	化され SCHWEIZER 再生セルロー

ズは僅か 4% で、 β -セルロースは兩者の中間の分解を受けることが認められる。

(3) タカジアスターゼの場合：参考のためにタカジアスターゼの 1% 液をつくり pH 6 の緩衝液を加えて上例に準じて酵素實驗を行つた。その結果は第 3 表の如くである。

このように β -セルロースはタカジアスターゼによつて 24 時間に 12~14% 糖化されることが認められる。

Table 3. Production of Sugar (as Glucose) from 1g. of β -Cellulose by Taka-diastase

	β -Cellulose No.1	β -Cellulose No.2	β -Cellulose No.3
50°, 1 hour	23.6mg.	39.7mg.	31.8mg.
5 hours	67.3	101.4	95.5
24 hours	119.9	139.2	128.5

IV. β -セルロースの消化率 β -セルロースは草食動物によつては極めて高い消化率を示すことは実験するまでもないことである。けだしこの物は消化液では糖化分解されないけれども消化管内の強力な微生物によつて容易に消化されるからである。然し雑食動物なる白鼠にあつては消化管内の微生物作用が弱くから消化の程度は想像し難い。筆者は3頭の雄白鼠に、豫め消化率を明らかにした基本飼料に、 β -セルロースを毎日 5g 内外を混合して給與し、常法によつて消化試験を行つた。その結果消化率を表示すれば次の如くで、 β -セルロースは白鼠によつては甚だ消化が悪く、通常 30% 位と見るのが至當と考えられる。

Table 4. Digestion Coefficient of β -Cellulose by Rats

	Rat No. 1	Rat No. 2	Rat No. 3	Average
β -Celluloses No. 1	28.53%	35.76%	29.75%	31.35%
" No. 2	45.08	40.52	46.63	47.41
" No. 3 (One group of three rats)				25.82

V. 家兎によるグリコーゲン生

成 β -セルロースが家兎によつてよく消化吸收されることは實驗するまでもないが、よく同化利

用されるや否やは實驗しなければ定められない。筆者等は本研究の第1報⁽²⁾の例に従つて絶食牡家兎4頭に β -セルロース No.2 のサスペンションを胃内に注入し一定時間の後に肝臓及び筋肉のグリコーゲンを定量した。絶食開始から屠殺迄の時間は凡て 50 時間とした。なお別の機会に絶食兎の体内のグリコーゲン量が體重 1kg につき平均 300 mg であることが明かにしてあるので⁽³⁾これを上の測定値から差し引いて、 β -セルロースを與えたために体内に増加したグリコーゲン量を求めた。その結果を表示すれば次の如くである。

Table 5. Increase of Glycogen in Rabbit Bodies after Stomach Injection of β -Cellulose No.2

Rabbit (♂)	No.1	No.2	No.3	No.4
Final body weight, g.	2440	2085	2307	2825
Stomach injection of β -cellulose, g.	20	20	20	20
Hours, killed after the injection	28	38	40	40
Liver weight, g.	52.5	55.0	54.0	57.4
Liver glycogen, mg%	483.9	271.4	271.3	326.0
Total liver glycogen, mg.	254	149	147	187
Muscle weight, g. (body weight $\times$ 0.47)	1147	980	1084	1328
Muscle glycogen, mg%	104.5	168.1	180.6	260.5
Total muscle glycogen, mg.	1199	1647	1958	3459
Total glycogen in a body, mg.	1453	1796	2105	3646
Total glycogen per 1 kg. body, mg.	595	861	912	1291
Increased glycogen, mg. (by subtraction of blank value 300 mg.)	295	561	612	802
Do. average, mg. (after about 40 hours)		658		

上掲の實驗結果から家兎に β -セルロースを與える時、約 40 時間後に体内グリコーゲン増量が體重 1kg につき約 658mg であつて、これを先にセルロースデキストリン給與後 30 時間で實驗した場合⁽²⁾の 471mg (ブランク差引)と比較して、相當量の増加であることが認められる。要するに β -セルロースは家兎によつてよく利用されることが明かである。

VI. 白鼠によるグリコーゲンの生成 上に白鼠は β -セルロースを消化する力が弱いことをのべたが、これに関連してグリコーゲン生成に關する實驗を行つた。先ずブランク實驗として3頭の白鼠にサッカリン水のみを與えて 48 時間絶食させた場合の体内グリコーゲン量を測定した。その結果を表示すれば次の如くである。

Table 6. Amount of Glycogen in Fasted Rats

Rat (♀)	No.1	No.2	No.3
Body weight after 48 hour fasting, g.	91	104	84
Liver weight, g.	3.6	4.2	3.3
Liver glycogen, mg %	27.5	18.9	32.6
Total liver glycogen, mg.	1.0	0.8	1.1
Muscle weight, g. (body weight $\times$ 0.47)	42.8	48.9	39.5
Muscle glycogen, mg %	21.4	22.7	14.4
Total muscle glycogen, mg.	92	13.2	5.7

Total glycogen in a body, mg.	10.2	14.0	6.8
Total glycogen per 100 g body, mg.	11.2	13.5	8.1
Do. average, mg.	11.0		

次に 4 頭の雌白鼠に β -セルロースのサッカリン水練餌を與えて自由に食下させ、48 時間の後に體内のグリコーゲンを測定した。その結果白鼠に β -セルロースを與える時は相當多量のグリコーゲンの増加を來すことが認め

Table 7. Increase of Glycogen in Rat Bodies by Feeding on β -Cellulose No.2

Rat(♀)	No.1	No.2	No.3	No.4
β -Cellulose eaten during 48 hours, g.	4.0	5.0	3.0	3.0
Final body weight, g.	9.2	9.7	160	165
Liver weight, g.	3.5	3.9	7.5	6.4
Liver glycogen mg %	518.4	873.5	201.1	139.7
Total liver glycogen, mg.	18.1	34.1	15.1	8.9
Muscle weight(body weight $\times$ 0.47), g.	43.2	45.6	75.2	77.6
Muscle glycogen, mg %	206.1	493.0	179.4	171.8
Total muscle glycogen, mg.	89.0	224.8	134.9	133.3
Total glycogen in a body, mg.	107.1	258.9	150.0	142.2
Total glycogen per 1 kg. body, mg.	116.4	266.9	93.8	86.2
Increased glycogen, mg. (by subtraction of blank value 11 mg.)	106.4	255.9	82.8	75.2
Do. average, mg.	130.1			

られる。このグリコーゲンは β -セルロース中の纖維素分解物から生成されるか、或は共存するマンナン、ペントザンら等から生成されるか正確なことは後日の研究によらねばならぬが、前報に於けるセルロースデキストリンかの生成量の少かつたことから考えれば主として後の兩者によるものと察せられる。

VII. 考 察 上掲の實驗結果と第 1,2 報の結果とを一括して比較計算し考察すれば次表のようになる。

Table 8.

		(1)	(2)	(3)	(4)
A) Experiments with Rabbits					
1) β -Cellulose given per 1 kg body weight, g.		9.6	8.7	7.1	
Glycogen increased per 1 kg body weight, after about 40 hours, mg.		561	612	802	
Do. per g β -cellulose and per 1 kg body weight, mg.		584	703	1130	
Do. average, mg.		806			
2) Cellulose dextrin given per 1 kg body weight, g.		6.7	5.1	4.9	5.7
Glycogen increased per 1 kg body weight, after about 30 hours, mg.		394	201	741	546
Do. per 10 g cellulose dextrin and per 1 kg body weight, mg.		588	394	1512	958
Do. average, mg.		955			
B) Experiments with Rats					
1) β -Cellulose taken per 100 g body weight, g.		4.5	5.2	1.9	1.8
Glycogen increased per 100 g body weight (48 hours feeding), mg.		106.4	255.9	82.8	75.2
Do. per 1 g β -cellulose and per 100 g. body weight, mg.		23.6	49.2	43.6	41.8
Do. average, mg.		39.6			
2) Cellulose dextrin given per 100 g body weight, g.		2.3	1.8	1.0	
Glycogen increased per 100 g. body weight, after about 30 hours, mg		-17.6	14.3	15.0	
Do. per 1 g cellulose dextrin and per 100 g. body weight, mg.		-7.6	7.9	15.0	
Do. average, mg.		5.1			

上表によつて考察すれば次のようなことが云える。

1. 家兎體重 1kg につき β -セルローズ 10g 與えたとすれば體重 1kg につきグリコーゲン増量は約 40 時間後に 806mg である。セルローズデキストリンの場合には約 30 時間後に 955mg である。これによつて兩者は家兎ではほぼ同程度に同化利用されることが明かである。即ち纖維素の分解程度の差異及びマンナン、ペントザンの共存等の影響は殆ど認められない。

2. 白鼠のような雑食動物では β -セルローズの方がセルローズデキストリンよりも遙かによく同化利用されているが、これは恐らく前者中に共存するマンナン、ペントザンによるもので、纖維素重合度の差によるものではないと考えられる。

VIII. 要 約 1. 纖維素の中間分解物約 50% の多量とマンナン、ペントザン併せて約 30% を含むいわゆる β -セルローズの栄養價值について實驗を行つた。

2. β -セルローズは酸及びタカジアスターゼにより糖化される。カタツムリ酵素によつてはセルローズデキストリンよりも糖化され難く、SCHWEIZER セルローズよりも糖化され易い。併し高等動物の消化管液中の酵素によつては糖化されない。専ら微生物によつて消化されるものと考えられる。

3. β -セルローズの白鼠による消化率は 26~47% であつて、消化は一般に甚だ悪い。

4. 家兎は β -セルローズもセルローズデキストリンもほぼ同程度に同化利用し、纖維素の分解程度の差異や共存するマンナン、ペントザンの影響は殆ど見られない。

5. 白鼠のような雑食動物では β -セルローズの方がセルローズデキストリンよりもよく同化利用される。これは前者中に共存するマンナン、ペントザンによるものと考えられる。

(附記) 本研究に對して文部省科學研究費を得た。ここに記して深謝の意を示す。なお實驗に當つて大野一枝、猪狩陽子・三宅節氏等の勞を煩わした。併記して深謝する。

(1) JENTGEN : *Kunststoff*, 1,165(1911)

(2) 岩田 農化, 22,123(1949). (正誤 : 125 頁 11 行, 48 時間を 24 時間に改む)

(3) 岩田 農化, 7,583(1931); IWATA : *Bull. Agr. Chem. Soc. Jap.*, 7,35(1931) ; IWATA : *Bull. Coll. Agr. Forest. Morioka. Jap.*, 21(1935)

Summary

1) White amorphous samples of the so called β -cellulose, containing about 10% of mannan, 20% of pentosan and 82% of total carbohydrate, were used. The results were compared with those of the first and second reports of this investigation.

2) β -cellulose hydrolysing enzyme was absent in the extracts of digestive tracts of various higher animals, but it was found in the snail digestive tract.

3) Rats digested 26~47% of the β -cellulose, and 35% of the cellulose dextrin.

4) In the case of rabbits, the increase of glycogen per 1 kg of body weight and per 10 g of β -cellulose, after about 40 hours of stomach injection, was found to be 806 mg. on the average.

5) In the case of rats, the increase per 100 g of body weight and per 1 g of β -cellulose, after 48 hour feeding, was about 40 mg on the average.

6) In the first report (This Journal 22,123(1949)) the results of stomach injection of the cellulose dextrin which was prepared by treating the filter paper with 70% of sulfuric acid were described. After about 30 hours of the administration, the glycogen increase per 1 kg of rabbit body weight and per 10 g of cellulose dextrin was found to be 955 mg. on the average.

7) In the second report (This Journal 22,124(1949)) the results of rats fed on cellulose dextrin were described. After about 17 hours, the glycogen increase per 100 g rat body weight and per 1 g of cellulose dextrin was found to be only 5 mg on the average.

8) In conclusion, in the case of rabbits there was scarcely any difference in the nutritive value of β -cellulose and cellulose dextrin. In the case of rats, however, the former seemed to be utilized better than the latter. This may be attributed to the presence of mannan and pentosan, and not to the difference in cellulose fraction.