

# 加熱タンパク質の人工消化率におよぼす 食塩の影響について

足 立 晃 太 郎\*  
 霊 山 満 佐 子\*  
 水 原 敦 子  
 中 坊 和 子

## On the Influence of Sodium Chloride to the Artificial Digestibility of Heat-processed Protein.

Kôtarô Adachi  
 Masako Yoshiyama  
 Atsuko Mizuhara  
 Kazuko Nakabô

### I 緒 論

一般に獣肉は加熱によって風味が増大し、消化も良好になると云われている。タンパク質の加熱によってうける影響は、加熱方法、時間、温度によって異なる。<sup>(1)</sup>Melnick, <sup>(2)</sup>Evans, <sup>(3)</sup>Jones, <sup>(4)</sup>Riesen らは加熱処理による大豆タンパク質の栄養価の向上をパンクレアチンによる *in vitro* の消化試験によって説明し、また水の存在で大豆を調理した際、その消化度が著明に向上することを認めている。

調理において調味料の使用は不可欠である事実よりタンパク質に食塩を添加して加熱処理を行った際の栄養価の変化を知ることは意義あることと考えられる。食塩添加の目的は調味以外に食品の保存性の向上があげられるが、<sup>(5)</sup>スモロジツェフは肉の塩漬における食塩の保存効果について、食塩の分子がタンパク質のペプチド結合に付加されて、そのために微生物のタンパク分解酵素がタンパク質に対して作用する力を阻害することも一つの重要な要素でなめと解釈している。すなわちタンパク質の分解がおこるためには、ペプチド結合に酵素が作用しなければならない。ところが食塩の添加によりペプチド結合が食塩によってふさがれるため酵素のタンパク質に対する作用が阻害されるのであるとしている。また<sup>(6)</sup>R.Hamm は低濃度の食塩中

ではタンパク分解が促進されるが高濃度では阻害されることを報告している。大高、黒沢は鶏肉タンパク質の消化に対する食塩の影響について、食塩濃度が高くなると塩漬肉の消化性は低下するが、塩漬時間の長短による消化性の差異はないようであると述べている。

著者等は牛肉を水の存在で加熱処理しその消化率におよぼす食塩添加の影響を知るために本実験を行った。あわせて乳製カゼインを用い食塩浸時間および食塩濃度の変化による消化率の変化をも追求した。

### II 実 験

#### II. I 牛肉による実験

##### II. I. I 試料の調製

京都市販牛肉の赤身を用い筋肉より結締組織、脂肪を機械的に除去した後、碎挫した。これを 13.4g とりエルレンマイアフラスコに入れ 50ml の水を加え、食塩を水と牛肉の重量の和に対して 0%, 1%, 3%, 5%, 7%, 9% の各濃度で添加した。これを 10min, 10min, 20min, 30min の各時間 70°C に加温した後、放冷して供試料とした。

##### II. I. II 人工消化試験

上記供試料に pH4.8 の 0.0075M-磷酸緩衝液 15ml を加え、さらにパンクレアチン 100mg 含有の磷酸緩衝液

10mlを加える。よく混合した後、トルオール5mlを加え強く振盪して37°C恒温器中に24hr, 48hr, 120hrそれぞれ保存した。各測定時にエルレンマイアフラスコを沸騰水浴中で15min加熱により酵素力を停止させ滲過して滲液からトルオールを除去した。この滲液20mlを5倍に稀釈したものをを用い、ホルモール滴定法によりアミノ態窒素量を測定した。ここに得た値をAとする。

次に前記供試料にpH4.8の0.0075M-リン酸緩衝液15mlを加え、さらに不活性パンクレアチン100mg含有のリン酸緩衝液10mlを加えよく混合した後、トルオール5mlを加え強く振盪し37°C恒温器中に24hr, 48hr, 120hrそれぞれ放置した。各測定時にエルレンマイアフラスコを沸騰水浴中で15min加熱により酵素力を停止させ滲過して滲液からトルエンを除去した。この滲液20mlを5倍に稀釈したものをを用いてホルモール滴定法によりアミノ態窒素量を測定した。ここに得た値をBとする。

次に前記供試料を滲別し、残渣は6hr真空乾燥を行い、滲液は濃縮する。この両者を合したものに不活性パンクレアチン100mg含有のリン酸緩衝液10mlおよび8N-硫酸30gを加え、冷却管を付して24hr加水分解を行なう。この時を極大値とみなしてホルモール滴定法によりアミノ態窒素量を測定した。ここに得た値をCとする。以上A, B, Cから次式により消化率を算出した。

$$\text{消化率(\%)} = \frac{A - B}{C - B} \times 100$$

## II. 乳製カゼインによる実験

### II. I. 試料の調製

乳製カゼイン無水物2gを0.05M-第二リン酸ナトリウム液100mlに溶解しこれを供試料とした。

### II. II. 人工消化試験

上記供試料20mlに水20mlを加え、食塩を供試料と水の和に対して0%, 1%, 3%, 5%, 7%, 10%の各濃度で添加し、さらに各々にトルオール10mlずつを

加えた。これを0日, 1日, 3日, 5日, 7日の各時間38°C恒温器中に保存した。各時間保存した後、おのにおにpH1.2クエン酸塩塩酸緩衝液50mlとペプシン500mgを加え、さらに38°C恒温器中に48hr保存の後、1N-苛性ソーダでpHを8.7とした。次にこれにトリプシン1gを加えて38°C, 48hr保存後、1N-塩酸にてpH7とし、10%トリクロル酢酸80mlを加え、水を加えて250ml定容とする。30min放置後、末消化タンパク質を滲別し、滲液の一定量を採ってケルダール法により窒素量の測定を行い、ここに得た値をAとした。

次に前記供試料20mlに水20mlを加え、食塩を供試料と水の和に対して0%, 1%, 3%, 5%, 7%, 10%の各濃度で添加し、おのにおにトルオール10mlずつを加えた。これを0日, 1日, 3日, 5日, 7日の各時間38°Cに保存の後、おのにおに10%トリクロル酢酸80mlを加え、水にて250ml定容とした。これを滲過し滲液の一定量を採ってケルダール法により消化前可溶性窒素量を測定し、ここに得た値をBとした。

次に前記供試料一定量を採りケルダール法にて総窒素量の測定を行ない、ここに得た値をCとした。次にpH1.2クエン酸塩塩酸緩衝液50mlにペプシン500mgを加えよく混合した後、1N-苛性ソーダでpH8.7とし、これにさらにトリプシン1gを加えよく混合する。後、10%トリクロル酢酸80mlを加え水にて250ml定容とし、滲液の一定量を採りペプシンとトリプシンの窒素量を測定し、ここに得た値をDとした。以上A, B, C, Dから次式により消化率を算出した。

$$\text{消化率(\%)} = \frac{A - (B + D)}{C - B} \times 100$$

## III. 実験結果および考察

III. I. A. 生肉の消化率におよぼす食塩添加の影響について、活性パンクレアチンおよび不活性パンクレアチンを用いて実験した結果、そのアミノ態窒素量の変

表1 生牛肉のアミノ態窒素量(mg%)

食塩濃度(%)		消化時間(hr)					
		0	1	3	5	7	9
24	A	189.14	183.26	189.14	174.44	148.96	139.19
	B	53.90	65.66	67.69	75.46	60.78	49.00
48	A	289.10	243.04	213.64	219.52	168.56	164.64
	B	78.40	81.34	80.36	88.20	70.56	70.56
120	A	411.60	335.16	313.60	316.54	272.72	272.72
	B	58.84	88.20	73.50	88.20	86.24	68.60

化を表1, 図1に示す。但しAは活性パンクレアチンを, Bは不活性パンクレアチンを用いた値である。

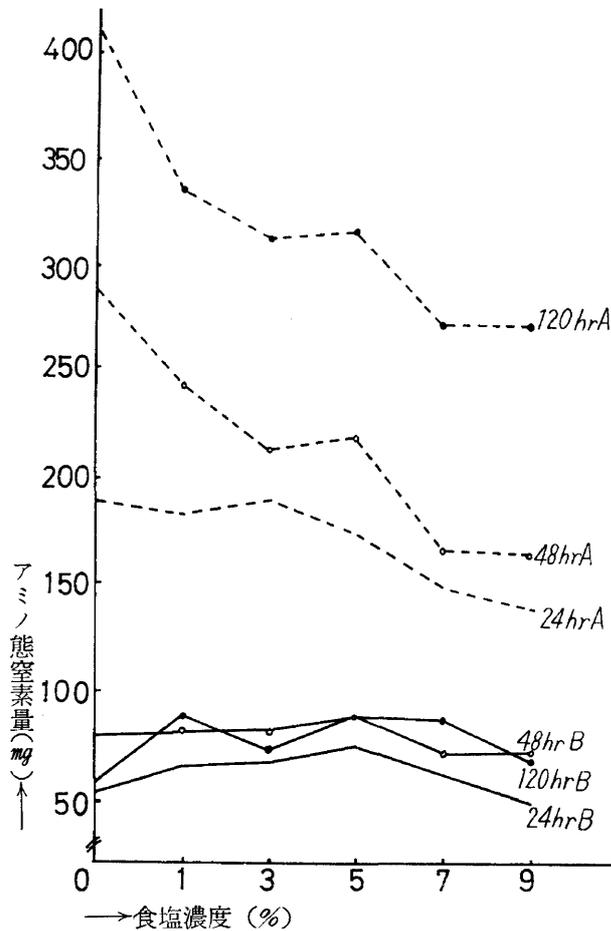


図1 生肉のアミノ態窒素量の変化 (A. 活性パンクレアチン使用, B. 不活性パンクレアチン使用)

Ⅲ. I. B. 生肉に不活性パンクレアチンを加え, 8N-硫

酸で24hr完全加水分解した際のアミノ態窒素量の変化を表2, 図2に示す。

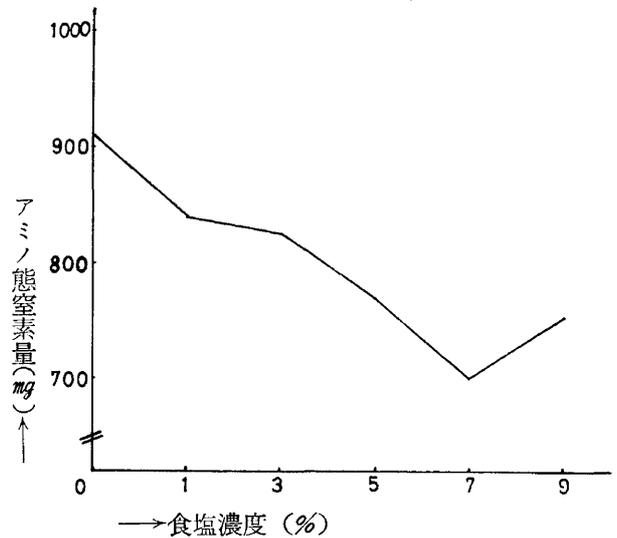


図2 生肉のアミノ態窒素量の変化 (不活性パンクレアチンと8N-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>で24hr水解したもの)

図1, 2に示す如く生肉の場合, 24hr, 48hr, 120hr各消化時間のいずれにおいても食塩濃度が増大するにつれてアミノ態窒素量は減少している。

Ⅲ. I. C. 生肉の食塩添加による消化率の変化を表3, 図3に示す。

消化率は食塩濃度が増大するにしたがって, 24hr, 48hr, 120hr各消化時間のいずれにおいても減少している。

- (1) 24hr消化における消化率の減少は0.6~2%であり, 食塩濃度0%の場合と9%の場合の消化率

表2 生肉のアミノ態窒素量 (mg%)

食塩濃度 (%)	0	1	3	5	7	9
消化時間 (hr)						
24	910.91	840.84	826.83	770.56	700.56	756.70

表3 生肉の消化率 (%)

食塩濃度 (%)	0	1	3	5	7	9
消化時間 (hr)						
24	15.78	15.17	16.00	14.24	13.79	12.74
48	26.15	21.29	17.85	19.25	15.32	13.71
120	41.54	32.81	31.87	33.46	30.36	29.66

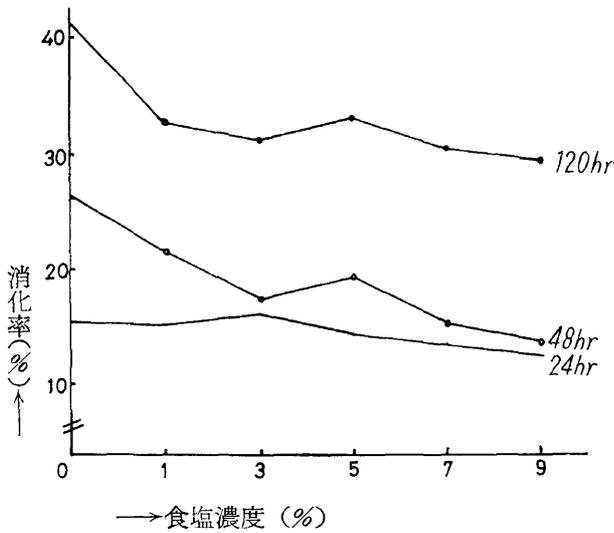


図 3 生肉の消化率の変化

の差は3.04%である。

- (2) 48hr消化における消化率の減少は2~5%であり食塩濃度0%の場合と9%の場合の消化率の差は12.44%である。
- (3) 120hr消化における消化率の減少は1~9%であり、食塩濃度0%の場合と9%の場合の消化率の差は21.86%である

Ⅲ.Ⅱ.A. 10min 水煮した牛肉にそれぞれ活性パンクレアチンおよび不活性パンクレアチンを加え、24hr, 48hr, 120hrの各時間消化を行なった際のアミノ態窒素量の変化を表4, 図4に示す。但しAは活性パンクレアチンを、Bは不活性パンクレアチンを用いた値である。

Ⅲ.Ⅱ.B. 10min 水煮肉に 不活性パンクレアチンを加え、8N-硫酸で完全加水分解を行なった際のアミノ態窒素量の変化を表5, 図5に示す。

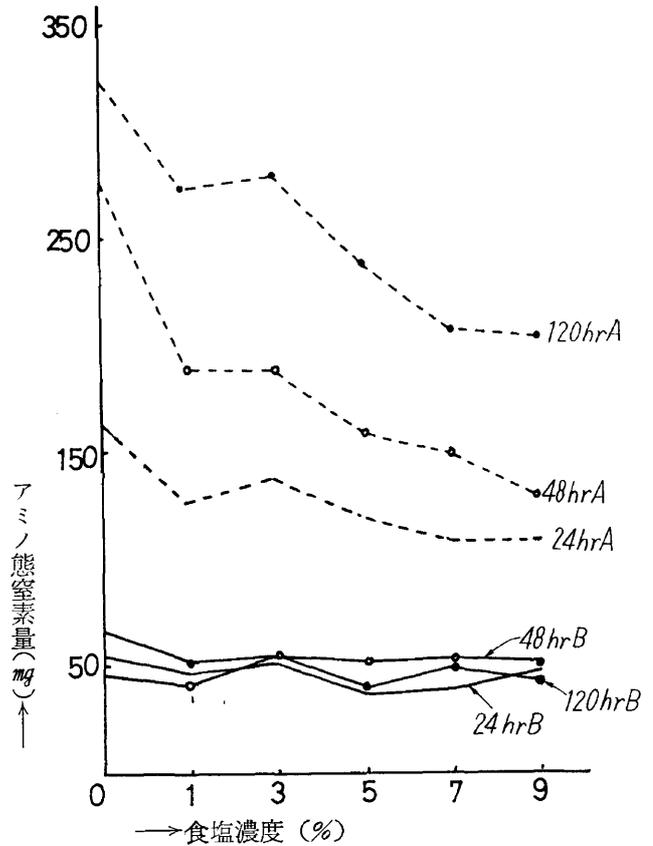


図 4 10min水煮肉のアミノ態窒素量の変化

(A. 活性パンクレアチン使用  
B. 不活性パンクレアチン使用)

図4, 5に示す如く 10min水煮肉の場合24hr, 48hr, 120hr 各時間消化のいずれにおいても、食塩濃度の増大につれてアミノ態窒素量は減少している。

Ⅲ.Ⅱ.C. 10min 水煮肉の食塩添加による消化率の変化を表6, 図6に示す。

消化率は食塩濃度が増大するにつれて24hr, 48hr, 120hr 各消化時間のいずれにおいても減少している。

表 4 10min 水煮肉のアミノ態窒素量 (mg%)

食塩濃度(%)		消化時間(hr)					
		0	1	3	5	7	9
24	A	163.66	127.40	137.20	119.56	107.80	107.80
	B	55.86	46.06	50.96	36.26	39.20	46.06
48	A	257.74	189.14	188.16	158.76	148.96	128.80
	B	46.06	42.14	53.90	50.96	50.96	46.20
120	A	324.80	273.00	279.30	237.16	205.80	202.86
	B	65.66	50.96	53.90	39.20	50.96	44.10

表 5 10min水煮肉のミノ態窒素量 (mg%)

食塩濃度(%)	0	1	3	5	7	9
消化時間(hr)						
24	350.49	303.80	335.30	325.50	306.10	297.50

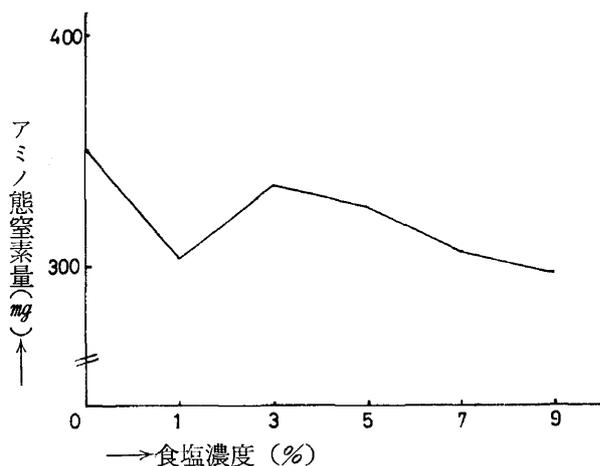


図 5 10min水煮肉のミノ態窒素量の変化 (不活性パンクレアチンと8N-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>で24hr水解したもの)

- (1) 24hr 消化における消化率の減少は 1~5% であり、食塩濃度 0% と 9% の消化率の差は 11.70% である。
- (2) 48hr 消化における消化率の減少は 6~14% であり、食塩濃度 0% と 9% の消化率の差は 34.35% と大きい差異がみられる。
- (3) 120hr 消化における消化率の減少は 7~11% であり、食塩濃度 0% と 9% の消化率の差は 23.26% と大きい差異がみられる。

生肉の場合と比較して 10min 水煮肉では、消化率は全体的に 15~40% 高くなっている。

Ⅲ. Ⅲ. A. 20min 水煮肉にそれぞれ活性パンクレアチンおよび不活性パンクレアチンを加え、24hr, 48hr, 120

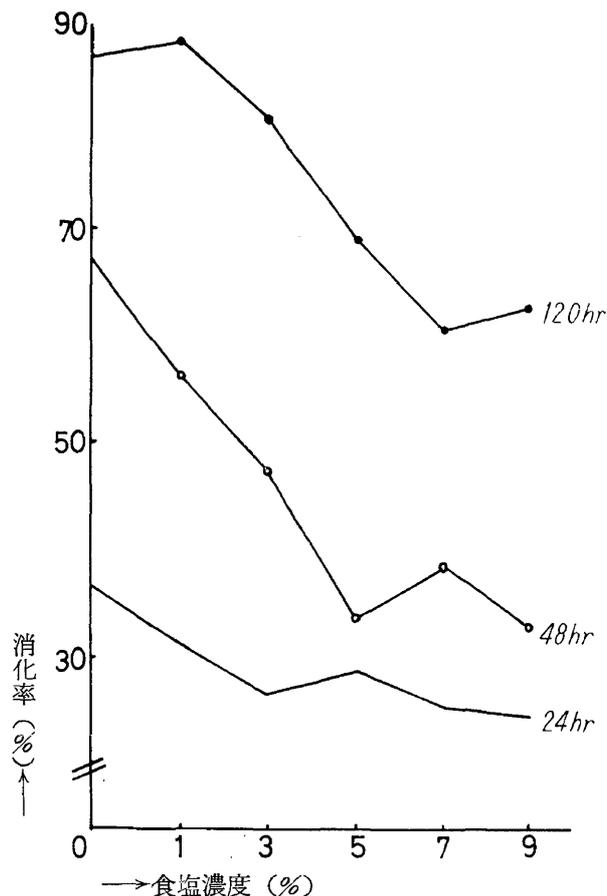


図 6 10min水煮肉の消化率の変化

hr 各消化時間におけるミノ態窒素量の変化を表 7 図 7 に示す。

但し A は活性パンクレアチンを、B は不活性パンクレアチンを用いた値である。

表 6 10min 水煮肉の消化率 (%)

食塩濃度(%)	0	1	3	5	7	9
消化時間(hr)						
24	36.30	31.57	26.90	28.80	25.70	24.60
48	67.22	56.15	47.71	33.93	38.36	32.87
120	86.04	87.86	80.09	69.14	60.60	62.66

表 7 20min 水煮肉のアミノ態窒素量 (mg%)

食塩濃度(%)		0	1	3	5	7	9
消化時間(hr)	A	176.40	149.80	127.40	124.60	98.00	96.04
	B	53.90	49.00	51.94	49.00	53.90	44.10
48	A	200.90	190.26	176.40	161.70	120.54	120.54
	B	53.90	51.94	55.86	39.20	49.00	43.40
120	A	357.00	311.06	267.40	252.70	190.40	201.60
	B	56.84	65.66	63.70	60.76	58.80	61.60

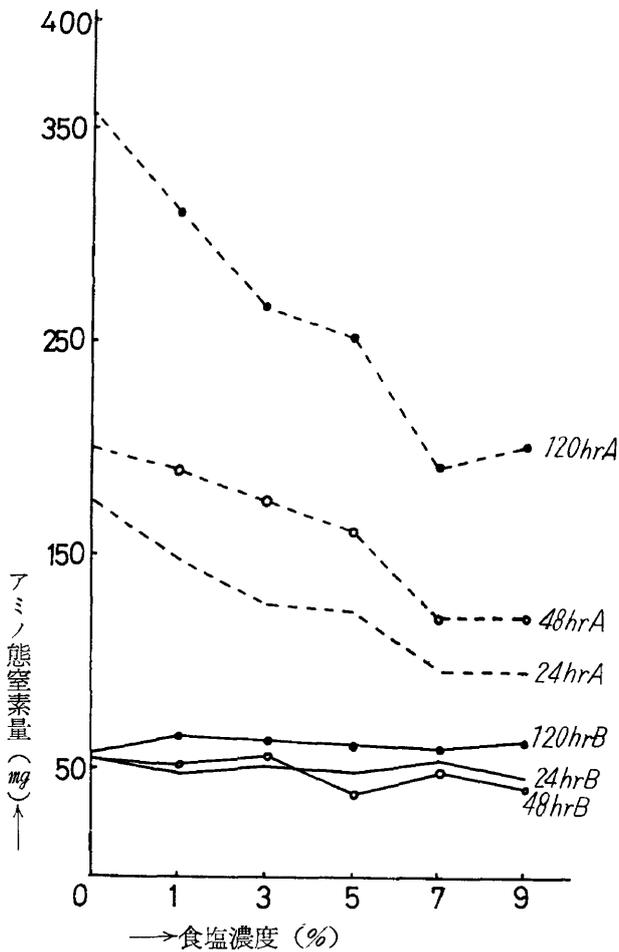


図7 20min 水煮肉のアミノ態窒素量の変化  
(A. 活性パンクレアチン使用, )  
(B. 不活性パンクレアチン使用)

Ⅲ. Ⅲ. B. 20min 水煮肉に不活性パンクレアチンを加え、8N-硫酸で24hr完全加水分解を行なった際のアミノ態窒素量を表8、図8に示す。

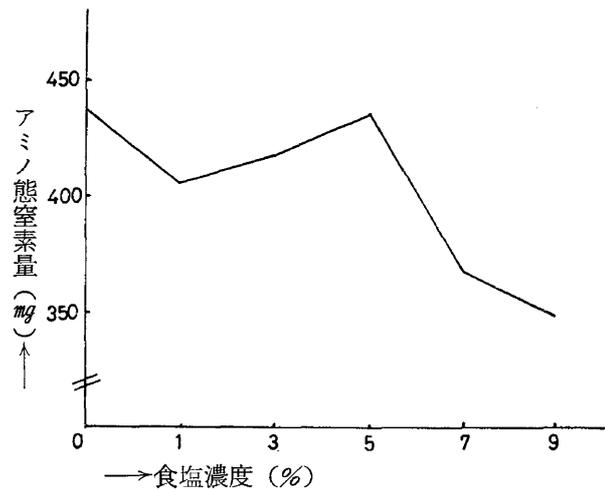


図8 20min 水煮肉のアミノ態窒素量の変化  
(不活性パンクレアチンと)  
(8N-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>で水解したもの)

図7、8に示す如く20min水煮肉の場合、24hr、48hr、120hr各消化時間のいずれにおいても、食塩濃度の増大につれてアミノ態窒素量は減少している。

Ⅲ. Ⅲ. C. 20min 水煮肉の食塩添加による消化率の化を表変9、図9に示す。

表 8 20min 水煮肉のアミノ態窒素量 (mg%)

食塩濃度(%)		0	1	3	5	7	9
消化時間(hr)	24	438.90	406.00	418.60	436.10	367.50	348.60

表 9 20min 水煮肉の消化率 (%)

食塩濃度(%) \ 消化時間(hr)	0	1	3	5	7	9
24	31.38	28.23	18.67	19.53	14.06	17.08
48	38.18	37.07	30.53	32.45	31.69	26.74
120	78.53	72.14	54.67	51.16	47.30	47.11

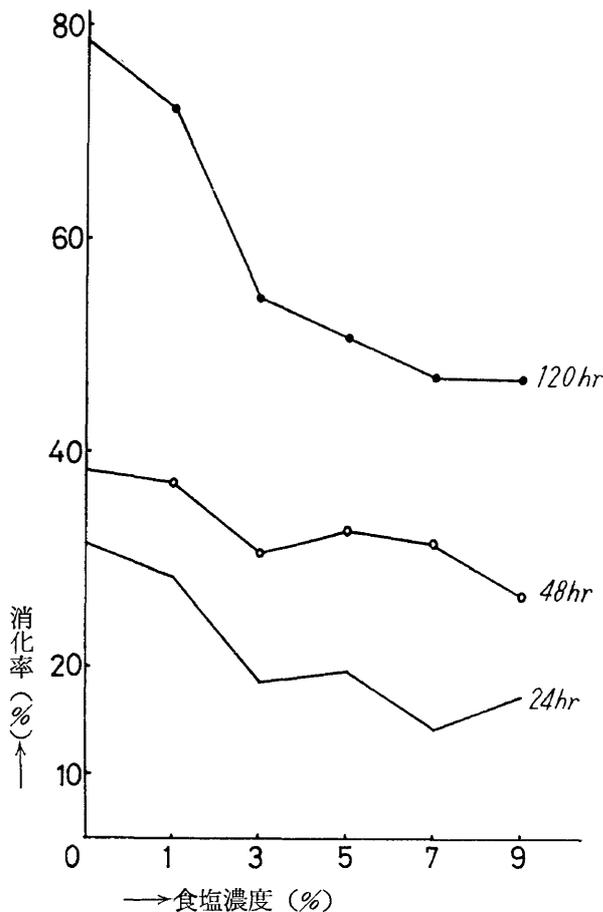


図 9 20min 水煮肉の消化率の変化

消化率は食塩濃度の増大にしたがって24hr, 48hr, 120hr各消化時間いずれにおいても減少している。

- (1) 24hr 消化における消化率の減少は3~10%であり, 食塩濃度0%と9%の消化率の差は14.73%である。
- (2) 48hr消化における消化率の減少は1~7%であり食塩濃度0%と9%の消化率の差は11.4%である。
- (3) 120hr消化消化における消化率の減少は3~18%と大きい差異をみ, 特に食塩濃度1%と3%との消化率の差は大である。食塩濃度0%と9%との消化率の差は31.42%と大きい差異を示した。

Ⅲ.Ⅳ. A. 30min 水煮肉にそれぞれ活性パンクレアチンおよび不活性パンクレアチンを加え, 24hr, 48hr, 120hr の各消化時間におけるアミノ態窒素量の変化を表10, 図10に示す。

但しAは活性パンクレアチン, Bは不活性パンクレアチンを用いた値である。

Ⅲ.Ⅳ. B. 30min 水煮肉に8N-硫酸で24hr完全加水分解を行なった際のアミノ態窒素量の変化を表11, 図11に示す。

表 10 30min 水煮肉のアミノ態窒素量 (mg%)

食塩濃度(%) \ 消化時間(hr)	0	1	3	5	7	9	
24	A	154.84	124.46	119.56	114.66	98.00	104.86
	B	49.00	44.10	46.06	44.10	42.14	47.04
48	A	196.00	184.24	161.70	142.10	119.00	113.40
	B	42.16	63.70	60.76	42.14	42.14	44.10
120	A	344.96	264.60	227.36	210.70	207.76	197.96
	B	58.80	51.94	53.90	58.80	55.86	55.86

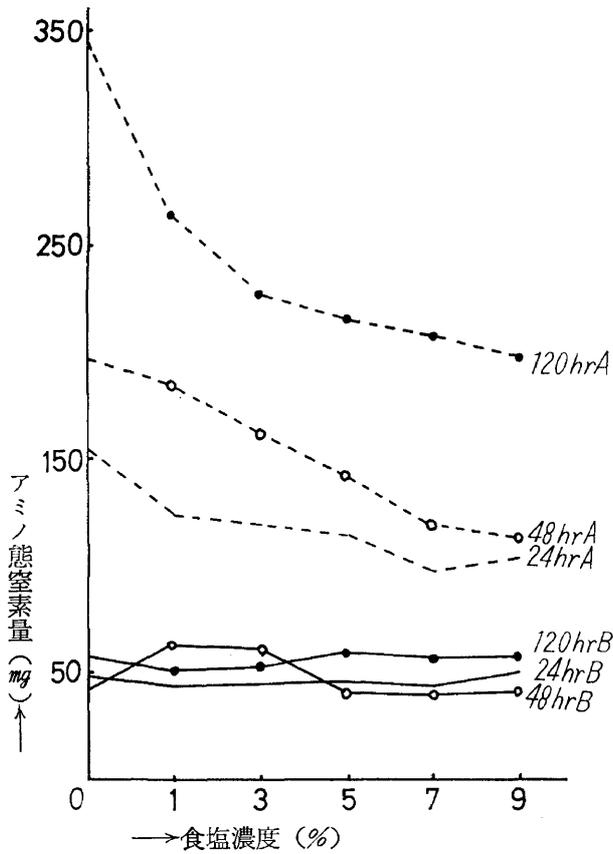


図10 30min水煮肉のアミノ態窒素量の変化  
(A. 活性パンクレアチン使用  
B. 不活性パンクレアチン使用)

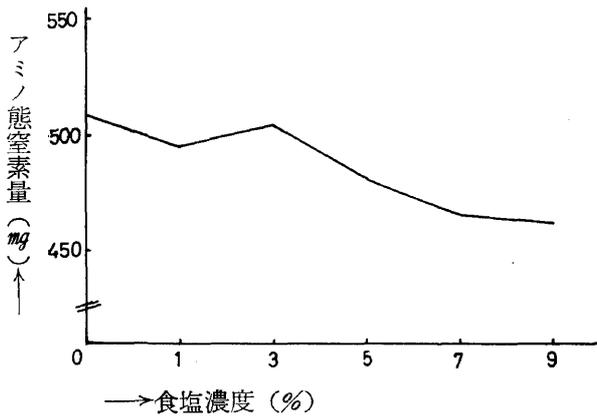


図11 30min水煮肉のアミノ態窒素量の変化  
(不活性パンクレアチンと8N-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>で24hr水解したもの)

図10, 11に示す如く30min水煮肉の場合, 24hr, 48hr, 120hr 各消化時間のいずれにおいても, 食塩濃度の増大にしたがってアミノ態窒素量は減少している。表10, 11より算出した消化率の変化を表12, 図12に示す。

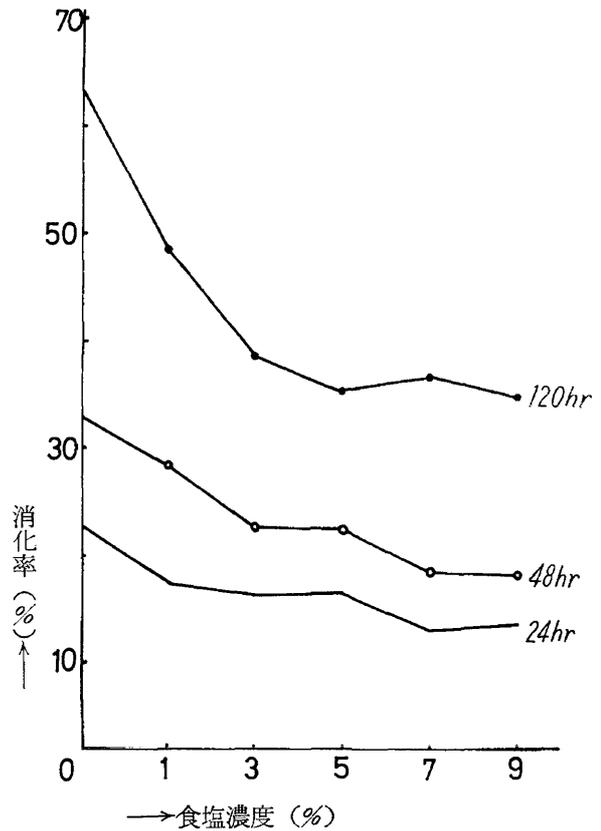


図12 30min 水煮肉の消化率の変化

消化率は24hr, 48hr, 120hr各消化時間いずれにおいても, 食塩濃度の増大にしたがい, 減少している。

- (1) 24hr消化における消化率の減少は1~5%であり, 食塩濃度0%と9%の差は9.05%である。
- (2) 48hr消化における消化率の減少は0.2~6%であり, 食塩濃度0%と9%の差は14.6%である。
- (3) 120hr消化における消化率の減少は1~15%と大きい差異をみ, 食塩濃度0%と1%の差は14.49%, 食塩濃度0%と9%の差は28.48%といずれも大きい差異がみられる。

表11 30min水煮肉のアミノ態窒素量 (mg%)

食塩濃度(%)	0	1	3	5	7	9
消化時間(hr)						
24	509.60	497.00	504.00	481.60	466.90	462.00

表 12 30min 水煮肉の消化率 (%)

食塩濃度(%) \ 消化時間(hr)	0	1	3	5	7	9
24	22.98	17.74	16.05	16.12	13.14	13.93
48	32.90	28.28	22.78	22.74	18.41	18.28
120	63.48	48.53	38.53	35.92	36.96	35.00

図 3, 6, 9, 12より加熱時間の差異による消化率の変化におよぼす食塩添加の影響をみたので次に消化時間の差異による消化率の変化におよぼす食塩添加の影響を図13, 14, 15に示す。

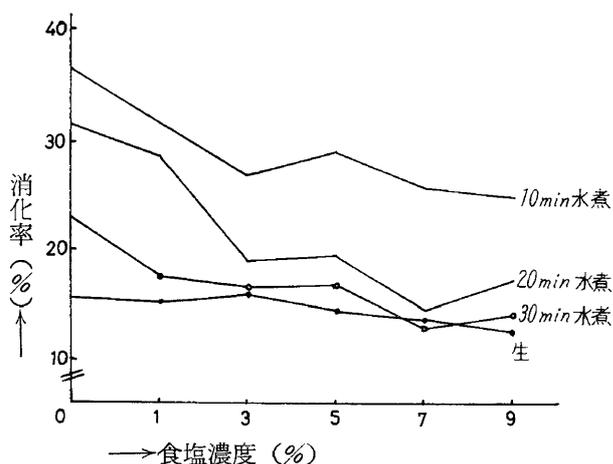


図 13 加熱時間の差異による消化率の変化 (人工消化時間24hr)

24hr, 48hr, 120hr 各消化時間のいずれにおいても、消化率におよぼす加熱時間の差異による影響は 10min 水煮, 20min 水煮, 30min 水煮, 生の順に消化率は悪くなるという結果を得た。30min 水煮肉と生肉の消化率の差は食塩濃度 3%および 7%においてほとんど差がみられず、食塩濃度 9%において、わずかに 0.8% 30min 水煮肉の消化率が良いことを認めた。

Ⅲ. V. A. ペプシンおよびトリプシンにより乳製カゼインの人工消化を行なった際の可溶性窒素量の変化を表13, 図16に示す。

表13, 図16に示す如く食塩浸漬日数 0, 1, 3, 5, 7日のいずれにおいても人工消化を行った後の可溶性窒素量は食塩の添加によって減少している。

Ⅲ. V. B. 食塩濃度および浸漬日数の差異によるカゼインの可溶性窒素量の変化を表14に示す。

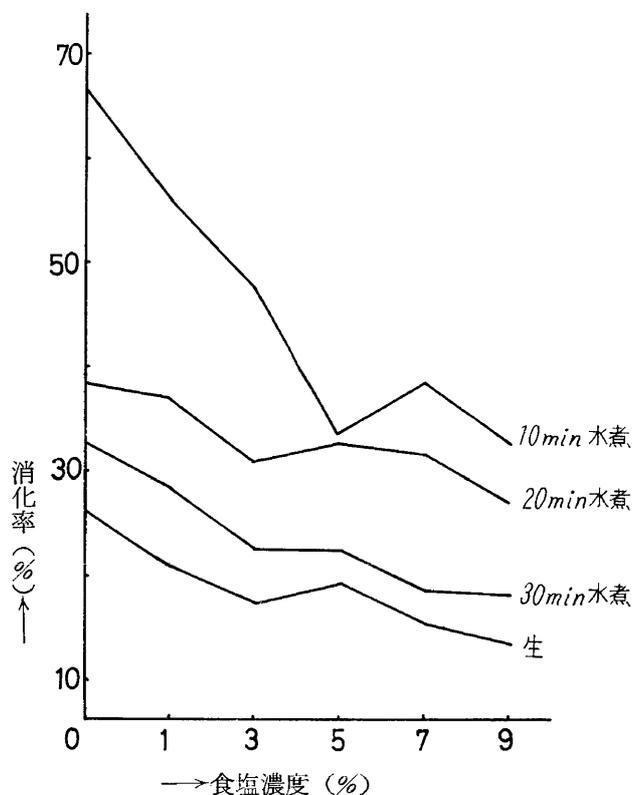


図 14 加熱時間の差異による消化率の変化 (人工消化時間48hr)

表11に示す如く食塩浸漬日数 1, 3, 5, 7日のいずれにおいても、消化前のカゼインの可溶性窒素量は食塩添加によって減少の傾向を示しており、食塩濃度 7%においてその傾向はいちじるしい。また食塩浸漬日数が長くなるにしたがい、消化前のカゼインの可溶性窒素量は増加の傾向がみられる。なおカゼインの総窒素量は 14.27%であり、ペプシン, トリプシンの窒素量は 105.8mg%であった。以上より算出したカゼインの消化率の変化を表15, 図17に示す。

表15, 図17に示す如くカゼインの消化率は、食塩浸漬日数 0, 1, 3, 5, 7日のいずれにおいても食塩の

表 13 カゼインの可溶性窒素量 (%)

食塩濃度(%) \ 浸漬日数(日)	0	1	3	5	7	10
0	12.98	12.57	12.71	12.75	12.67	12.93
1	12.73	12.44	12.40	12.66	12.49	12.66
3	12.75	12.70	12.45	12.73	12.57	12.54
5	12.75	12.40	12.19	12.49	12.49	12.57
7	12.91	12.22	11.96	12.58	12.04	12.49

表 14 カゼインの可溶性窒素量 (mg%)

食塩濃度(%) \ 浸漬日数(日)	0	1	3	5	7	10
0	196.2	62.4	89.2	133.8	35.7	44.6
1	95.3	80.3	89.2	98.1	44.6	53.5
3	266.7	145.9	166.7	166.7	130.9	145.9
5	267.5	169.4	178.4	187.2	144.6	189.2
7	335.9	178.4	267.5	300.4	178.4	221.0

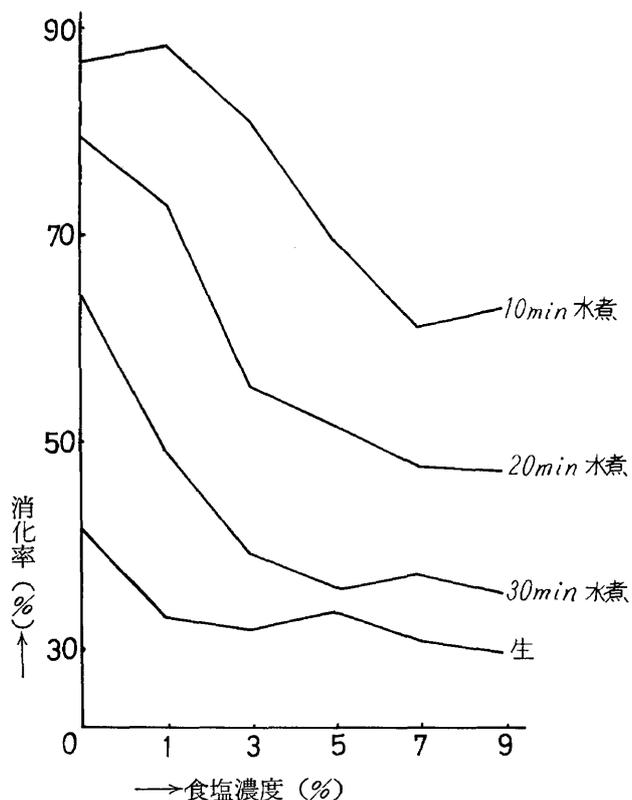


図 15 加熱時間の差異による消化率の変化 (人工消化120hr)

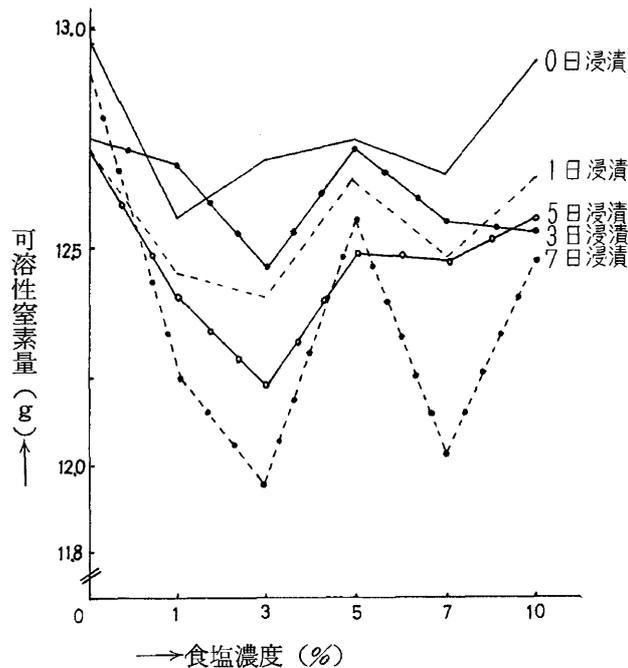


図 16 食塩濃度および浸漬日数の差異によるカゼインの可溶性窒素量の変化 (ペプシン, トリプシン各48hr消化)

表 15 カゼインの消化率 (%)

食塩濃度(%) \ 浸漬日数(日)	0	1	3	5	7	10
0	90.1	87.3	88.3	88.5	88.0	89.9
1	88.4	86.5	86.0	87.9	86.7	88.0
3	88.4	88.1	86.4	88.3	87.2	87.0
5	88.4	86.0	84.5	86.8	86.6	87.2
7	89.5	84.7	82.7	87.2	83.3	86.5

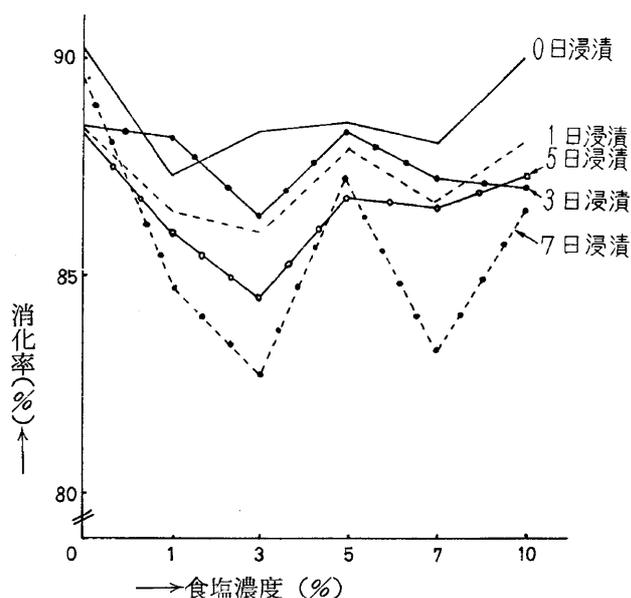


図 17 食塩濃度および浸漬日数の差異によるカゼインの消化率の変化

添加によって減少している。従ってスモロジンツェフのタンパク質のペプチド結合に食塩分子が付加されてタンパク分解酵素の作用が阻害されるという説と矛盾しないことを認めた。食塩濃度3%において浸漬日数1, 3, 5, 7日のいずれにおいても消化率が最も低く、食塩濃度5%では消化率が向上し、7%において再び低下している。このことはタンパク質のペプチド結合に対する食塩分子の付加反応に相互的な量的関係があることも考慮する必要があると考えられる。消化率は食塩濃度3%, 7%においては浸漬時間を長くすることによって減少している。しかし食塩濃度1%, 5%, 10%においては不規則な変化を示しており、消化率が浸漬時間の長短によって影響をうけるということはないようである。

#### IV 総括

タンパク質を加熱処理しその消化率におよぼす食塩添加の影響を知る目的で、あわせて乳製カゼインを用いて食塩濃度および食塩浸漬時間の変化による消化率におよぼされる影響を追求した。結果を要約すると

1. 試料牛肉の場合、加熱時間 10min, 20min, 30 min の順にアミノ態窒素量は減少し、食塩濃度の増大にしたがってアミノ態窒素量は減少、消化率は低下する。
2. 試料牛肉の場合、消化時間 24hr, 48hr, 120hr の順にアミノ態窒素量は増加し、消化率は良好となる。
3. 試料牛肉の場合、食塩濃度 1%, 3%, 5% において消化率の減少率がいちじるしい。
4. 試料カゼインの場合、消化率は食塩浸漬日数 0, 1, 3, 5, 7 日のいずれにおいても食塩添加による消化率減少の傾向を示している。
5. 試料カゼインの場合、消化率が食塩浸漬時間の長短により影響されることはないようである。

#### 参考文献

1. Melnick, D. et al. : *Science*, 103, 326 (1946)
2. Evans, R. J. : *Arch. Biochem.*, 11, 15 (1946)
3. Jones, D. B. : *Federation Proc.*, 3, 116 (1944)
4. Riesen, W.H. et al. : *Biol. Chem.*, 167, 143 (1947)
5. クルイロウ, リヤスコフスカヤ (清水, 清水訳) : *食肉の化学*, 183 (1964)
6. Hamm, R. : *Die Fleischwirtschaft*, 7, 504 (1955)
7. 大高, 黒沢 : *栄養と食糧*, 13, 372 (1961)