

牛肉の消化におよぼす食塩・リン酸塩の影響

綾野 雄幸・古橋 樹雄*

(農産製造学研究室)

Effects of Sodium Chloride and Phosphates on Enzymatic Digestibility of Beef

Yûkô AYANO and Tatsuo FURUHASHI

Laboratory of Food Chemistry and Technology

Abstract

Effects of Sodium Chloride and Phosphates on Enzymatic Digestibility of Beef. Y. AYANO and T. FURUHASHI. Faculty of Horticulture, Chiba University, Matsudo, Japan. *Tech Bull. Fac. Hort. Chiba Univ.*, No. 15 : 45~54, 1967

The effects of sodium chloride or phosphates on the digestibility of the ground beef boiled in existence of their salts, were investigated through peptic digestion method in vitro.

1) There was the pronounced lowering in the digestibility of meat, as the quantity of added sodium chloride increased. As far as the quantity of sodium chloride amounted to 5 % for meat (concentration of 0.2 % in the digestive juice), the digestibility of both raw and autoclaved meats, at 120°C for 1 hr., was lowered slightly. However, when the quantity of sodium chloride was added more than 10 % for meat, the digestibility of autoclaved meat was lowered exceedingly. Treating the meats at 60°, 80° and 100°C for 1 hr., in existence of 10 % sodium chloride for meat, had little effect on their digestibility.

2) In the case of digestion of meats to which various kinds of phosphates or the commercial polyphosphates was added to give the concentration of 0.5 % for meat, there were a few lowerings in the digestibility of raw and processed meats due to the presence of phosphates. The degree of lowering in the digestibility of meat containing sodium hexametaphosphate or potassium metaphosphate was greater than the other phosphates. Potassium pyrophosphate, sodium pyrophosphate and tripolyphosphate had little effect on the digestibility of meat containing them, and each of them had the same effect in the concentration of 1 % for meat. Commercial polyphosphates, mixed with considerable quantities of potassium metaphosphate and sodium metaphosphate, had the greatest effect on the digestibility. When both sodium chloride and phosphates were added to the meat, the digestibility was lower than that of meat with sodium chloride alone. Especially, this phenomenon was observed in the case of presence of sodium hexametaphosphate or potassium metaphosphate.

肉加工において食塩およびリン酸塩は食品添加物として欠くことのできないものである。食塩は肉のキュアリング(curing)あるいは調味料として、リン酸塩は主に肉の保水性を高め、結着性を良くするために使用される。これら食塩およびリン酸塩を肉に添加した場合、肉

蛋白質の性状変化については数多くの研究がある。しかし肉蛋白質の消化に及ぼす影響についての研究は少なく、特にリン酸塩については報告が見当たらない。食塩を肉に添加した場合、肉蛋白質の消化に及ぼす影響について、HAMM (1955) は低濃度の食塩中では蛋白分解は促進されるが、高濃度では阻害されると述べ、また大高ら (1961) は食塩水に浸漬した鶏肉の消化性について

* 現在 日本缶詰協会研究所

実験した結果、消化液中の食塩濃度が0.36%の場合には消化性が低下し、1.78%以上では特に明瞭であった。しかし塩づけ期間の長短による差異はないと報告している。

本実験は育児食缶詰の畜肉ペースト製造の基礎的研究の一端として、牛肉のすりつぶしたもの(ground meat)に食塩、リン酸塩を加えて水煮した場合、これら添加物が牛肉蛋白質の消化にどのような影響を及ぼすかを、その実態を知ることを目的として行なったもので、消化試験はペプシンによる人工消化試験によった。以下その結

果を報告する。

実験方法

1. 実験材料

牛肉の肩部(そのⅠ～Ⅱ)、もも部の3点を用いた。肩部(そのⅠ)は、と殺後2日目に、肩部(そのⅡ)およびもも部の2点は、と殺後3日目に購入し、アイスボックスにて凍結し、使用にあたっては赤身の部分(lean meat)のみを用いた。実験に用いた肉の化学的組成は第1表のとおりである。

第1表 実験材料の化学的組成

部 位	水分(%)	粗蛋白質(%)	純蛋白質(%)	脂 肪(%)	灰 分(%)
肩 部(そのⅠ)	71.5	21.6	19.4	6.3	1.04
肩 部(そのⅡ)	70.7	21.0	18.3	5.4	1.14
も も 部	74.0	22.4	20.1	3.5	0.92

添加用の食塩およびリン酸塩はいずれも試薬一級品を用いた。リン酸塩の種類はピロリン酸ナトリウム、ヘキサメタリン酸ナトリウム、トリポリリン酸ナトリウム、

メタリン酸カリウムおよびピロリン酸カリウムの5種で、市販結着剤は7種を用いた。市販結着剤のリン酸塩の配合組成は第2表のとおりである。

第2表 市販結着剤のリン酸塩配合組成

種 類*	配 合 組 成
A	ポリリン酸ナトリウム30%, ピロリン酸ナトリウム40%, メタリン酸ナトリウム29%, 炭酸ナトリウム1%
B	ポリリン酸ナトリウム30%, メタリン酸ナトリウム30%, ピロリン酸ナトリウム40%
C	ポリリン酸ナトリウム30%, ポリリン酸カリウム30%, メタリン酸ナトリウム20%, ピロリン酸ナトリウム10%, ピロリン酸カリウム10%
D	ポリリン酸ナトリウム40%, ピロリン酸ナトリウム40%, メタリン酸ナトリウム20%
E	ポリリン酸ナトリウム60%, ポリリン酸カリウム2%, メタリン酸ナトリウム22%, メタリン酸カリウム14%, ピロリン酸ナトリウム2%
F	ポリリン酸ナトリウム85%, メタリン酸ナトリウム12%, ピロリン酸ナトリウム3%
G	ポリリン酸ナトリウム30%, ポリリン酸カリウム3%, メタリン酸ナトリウム37%, メタリン酸カリウム30%

* 商品名は省略した。

2. 試料の調製

試料肉はすじおよび脂肪部分をなるべく除去した後、これをホモブレンダーにかけてから、その2gを200ml容三角フラスコに精秤した。これに食塩あるいはリン酸塩を肉に対して所定%になるよう、別途に調製した食塩溶液あるいはリン酸塩溶液をもって添加し、全容を20mlにして所定の塩類濃度とした。これらのうち加熱するものは直ちにその処理を行なって試料とした。なお

120℃の加熱にはオートクレーブを用いた。その際加熱中に蒸発した水分はあらかじめ加熱前にフラスコを秤量しておき、加熱後重量の差により水分を補充した。

3. 人工消化試験法

以上のように処理した試料は、次の方法でペプシン消化を行なった。まず0.2N塩酸溶液でpH1.6に調整した後、ペプシン50mgを加え、全容を50mlとし、基質の最終濃度を約1%にした。これを37℃の恒温器に入れ、と

きどき振とうを行ないながら24時間incubateした。消化後、20%トリクロール酢酸溶液 20ml を加え、30分放置後、さらに水で全容を 100ml とした後、ろ過し、ろ液の一定量について Micro-Kjeldahl 法により窒素を定量し、ペプシン消化により増加する割合をもって蛋白質の人工消化率とした。

$$\text{蛋白人工消化率} = \frac{n_1 - n_2 - B}{N - B} \times 100 (\%)$$

n_1 : ペプシン消化後、除蛋白してろ過したろ液中の窒素量

n_2 : ペプシンのみの遊離窒素量

N : 試料の全窒素量

B : 試料の遊離窒素量

なお本実験に用いたペプシンは三国製薬製の精製濃べ

プシンで、その効力は 1% カゼイン溶液 10ml を 37℃ で 1 時間に消化し得るに 1.5mg を要した。

結果および考察

1. 牛肉の消化に及ぼす食塩の影響

1) 食塩の添加量と消化率との関係

試料肉は肩部（その I）を用い、食塩を肉に対し 1 ~ 5 % の範囲で 5 段階に分けて添加し、無加熱の試料と、120℃ で 1 時間加熱処理した試料についてペプシンによる消化試験を行なった。なお消化に際しての食塩濃度は消化時全容を 50ml にするため、肉に対して食塩添加量 1 % のものは 0.04 %、5 % のものは 0.2 % に薄まることになる。その結果は第 3 表のとおりである。

第 3 表 食 塩 の 添 加 量 と 消 化 率

肉に対する食塩添加量 (%)	消化液の食塩濃度 (%)	加熱条件	消化時の pH	試料の遊離 N (%) B	ペプシンの遊離 N を含む N (%) n_1	遊離 N (%) $n_1 - n_2$	消化 N (%) $n_1 - n_2 - B$	消化率 (%) $\frac{n_1 - n_2 - B}{N - B} \times 100$	対照を 100 とした場合の比較値
対 照	—	生 肉 (無加熱)	1.60	0.42	3.71	3.33	2.91	95.4	100
1	0.04		1.60	0.42	3.69	3.31	2.89	94.7	99.2
2	0.08		1.60	0.42	3.68	3.30	2.88	94.4	98.9
3	0.12		1.60	0.43	3.68	3.30	2.87	94.4	98.9
4	0.16		1.60	0.44	3.67	3.29	2.85	94.0	98.5
5	0.20		1.60	0.44	3.66	3.28	2.84	93.7	98.2
対 照	—	加 熱 肉 (120℃, 60分)	1.65	0.50	3.63	3.25	2.75	92.5	100
1	0.04		1.65	0.51	3.61	3.23	2.72	91.8	99.2
2	0.08		1.65	0.55	3.61	3.23	2.68	91.7	99.1
3	0.12		1.65	0.56	3.60	3.22	2.66	91.4	98.8
4	0.16		1.65	0.54	3.56	3.18	2.64	90.1	97.4
5	0.20		1.65	0.53	3.55	3.17	2.64	89.7	96.9

注. 全 N % (N) 3.47, ペプシンの遊離 N % (n_2) 0.38

第 4 表 食 塩 の 添 加 量 と 消 化 率

肉に対する食塩添加量 (%)	消化液の食塩濃度 (%)	消化時の pH	試料の遊離 N (%) B	ペプシンの遊離 N を含む N (%) n_1	遊離 N (%) $n_1 - n_2$	消化 N (%) $n_1 - n_2 - B$	消化率 (%) $\frac{n_1 - n_2 - B}{N - B} \times 100$	対照を 100 とした場合の比較値
対 照	—	1.65	0.46	3.34	3.01	2.55	91.4	100
5	0.2	1.65	0.45	3.24	2.91	2.46	87.8	96.0
10	0.4	1.65	0.44	3.08	2.75	2.31	82.2	89.9
25	1.0	1.65	0.46	2.85	2.52	2.06	73.8	80.7
50	2.0	1.62	0.48	2.66	2.33	1.85	66.7	72.9
75	3.0	1.62	0.45	2.36	2.03	1.58	56.4	61.7
100	4.0	1.60	0.44	1.99	1.66	1.22	43.4	47.4

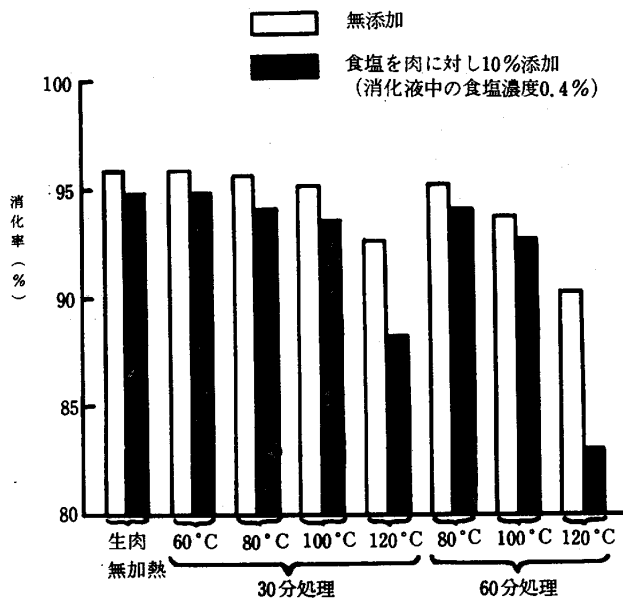
注. 加熱条件 120℃ 60分, 全 N % (N) 3.25, ペプシンの遊離 N % (n_2) 0.33

第3表は、食塩の添加量が増すにつれ、無加熱区、加熱区とも消化率が低下する傾向を示している。無加熱のものは食塩添加量が1～5%の範囲内では消化率は著しく低下しないが、加熱したものは添加量が3%までは消化率はさほど変りなく、4%添加から徐々に低下する傾向にある。次に肉に対する食塩添加量を5～100%の範囲にして、120℃、1時間加熱した場合、消化率にどのように影響するかを調べた結果は、第4表のとおりである。

第4表より、食塩の添加量を増して加熱すると消化率の低下は顕著で、肉に対し100%添加では対照に比し消化率は48%も低下している。

2) 食塩を添加して加熱した場合の加熱条件と消化率との関係

試料肉は肩部(そのⅠ)を用い、食塩を肉に対し10%添加(消化液の食塩濃度0.4%)した後、60°, 80°, 100° および 120℃でそれぞれ30分および 60分間加熱処理したものと、食塩を無添加で同様に加熱処理したものについてペプシンによる消化試験を行なった。その結果は第1図のとおりである。

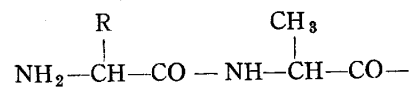


第1図 食塩を添加して加熱条件を異にした場合の消化率

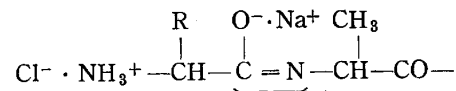
第1図によると、食塩を添加して加熱したものは、無添加のものより各処理温度とも消化率は低下している。60°, 80° および 100℃ 処理では消化率は無添加のものより1.0～1.5%の低下で大差ないが、加熱温度が高くなると、無添加のものと添加したものとの差は徐々に大きくなっている。特に120℃で30分処理するとその差は4.3

%, さらに加熱時間が60分になるとその差は7.3%となり、消化率の低下は著しくなる。したがって処理温度100℃までは食塩を添加して加熱しても、食塩の添加による消化性の低下にさほど影響しないが、120℃の加熱では食塩添加の有無にかかわらず消化性は時間の経過とともに低下し、食塩添加の場合は無添加のものに比し、低下の度合いが一層激しくなることがわかる。

以上の1) および 2) の実験から、食塩を添加して加熱した場合、消化性の低下が食塩無添加のものに比し顕著になることがわかる。食塩が消化を阻害する原因として蛋白質の変性が考えられる。食塩を添加するとミオン区蛋白のアクトミオンは粘ちょうなゾルの状態になり、加熱すると蛋白質は凝固し、密な網目構造ゲルに変化する。したがって食塩添加量が増すと粘ちょうなゾルの状態が強まり、ペプシンの作用が、不十分になるため消化性が低下し、さらに加熱により蛋白質が凝固し、網目構造ゲルの状態が強まり、ペプシンがゲルの内部に作用し難いため消化性が低下するものと考えられる。また食塩構成元素は、次のようにペプチド結合のところに付加され、ペプシンの作用を阻害することが考えられる。



ペプチド結合はペプシンによって分解される。



ペプチド結合はペプシンによって分解されない。

その他、消化時の pH による影響が考えられるが、食塩を添加して加熱したものはわずかに pH の変動があるが、本実験ではいずれも消化時の pH は 1.6～1.65 の範囲にあり、さきに著者(綾野, 1966)が牛肉を用いてペプシンによる消化試験を行なった結果では、消化時の pH が 1.6～1.8 の間では消化率はほとんど変化しなかったことから、消化時の pH による影響は考えられない。

2. 牛肉の消化に及ぼすリン酸塩の影響

1) 添加リン酸塩の種類と消化率との関係

試料肉は肩部(そのⅡ)を用い、各種リン酸塩と市販結着剤を肉に対し0.5%の割合で添加して試料を調製し、加熱処理することなくペプシンによる消化試験を行なった。その結果は第5表のとおりである。

第5表 添加リン酸塩の種類と消化率

リン酸塩の種類		消化時のpH	試料の遊離N (%) B	ペプシンの遊離Nを含むN (%) n ₁	遊離N (%) n ₁ -n ₂	消化N (%) n ₁ -n ₂ -B	消化率 (%) $\frac{n_1-n_2-B}{N-B} \times 100$	対照を100とした場合の比較値
対 照 (無添加)		1.60	0.47	3.71	3.37	2.90	96.0	100
リン酸塩	ピロリン酸ナトリウム	1.65	0.47	3.71	3.37	2.90	96.0	100
	ヘキサメタリン酸ナトリウム	1.60		3.57	3.23	2.76	91.0	94.7
	トリポリリン酸ナトリウム	1.65		3.71	3.37	2.90	96.0	100
	メタリン酸カリウム	1.60		3.55	3.21	2.74	90.4	94.1
	ピロリン酸カリウム	1.65		3.67	3.33	2.86	94.3	98.2
市販結着剤	A	1.65	0.47	3.68	3.34	2.87	94.7	98.6
	B	1.65		3.66	3.32	2.85	94.0	97.9
	C	1.65		3.68	3.34	2.87	94.7	98.6
	D	1.65		3.69	3.35	2.88	95.0	98.9
	E	1.65		3.54	3.20	2.73	90.0	93.7
	F	1.65		3.70	3.36	2.89	95.3	99.2
	G	1.60		3.64	3.30	2.83	93.3	97.1

注. 全N% (N) 3.50, ペプシンの遊離N% (n₂) 0.34

第5表によると、ヘキサメタリン酸ナトリウムおよびメタリン酸カリウムを添加したものは対照（無添加）より約5%消化率が低下し、市販結着剤ではEおよびGを添加したものが対照より3~6%消化率が低下している。これらの結着剤には配合組成において、メタリン酸ナトリウムとメタリン酸カリウムの両者がかなり多く含まれている。ピロリン酸ナトリウムおよびトリポリリン酸ナトリウムを添加したものは対照のものと消化率は変わらず、その他のリン酸塩および市販結着剤は対照のものより約1~2%低下しているにすぎない。ピロリン酸塩ではカリウム塩がナトリウム塩よりわずかながら低い消化率を示している。

2) リン酸塩を添加して加熱した場合のリン酸塩の種類と消化率との関係

試料肉は肩部（そのⅡ）を用い、各種リン酸塩と市販結着剤を肉に対し0.5%の割合で添加した後、100°および120℃でそれぞれ60分間加熱処理を施したものを試料として、ペプシンによる消化試験を行なった。その結果を、対照（生肉・リン酸塩無添加）の消化率を100とした場合の比較値で示すと、第2図のとおりである。

1) の実験で、ヘキサメタリン酸ナトリウム、メタリン酸カリウム、市販結着剤EおよびGを添加して無加熱で消化させた場合、他のリン酸塩添加のものより低い消化率を示したが、第2図からも、以上のリン酸塩添加のものは100°および120℃で1時間の加熱処理をした場

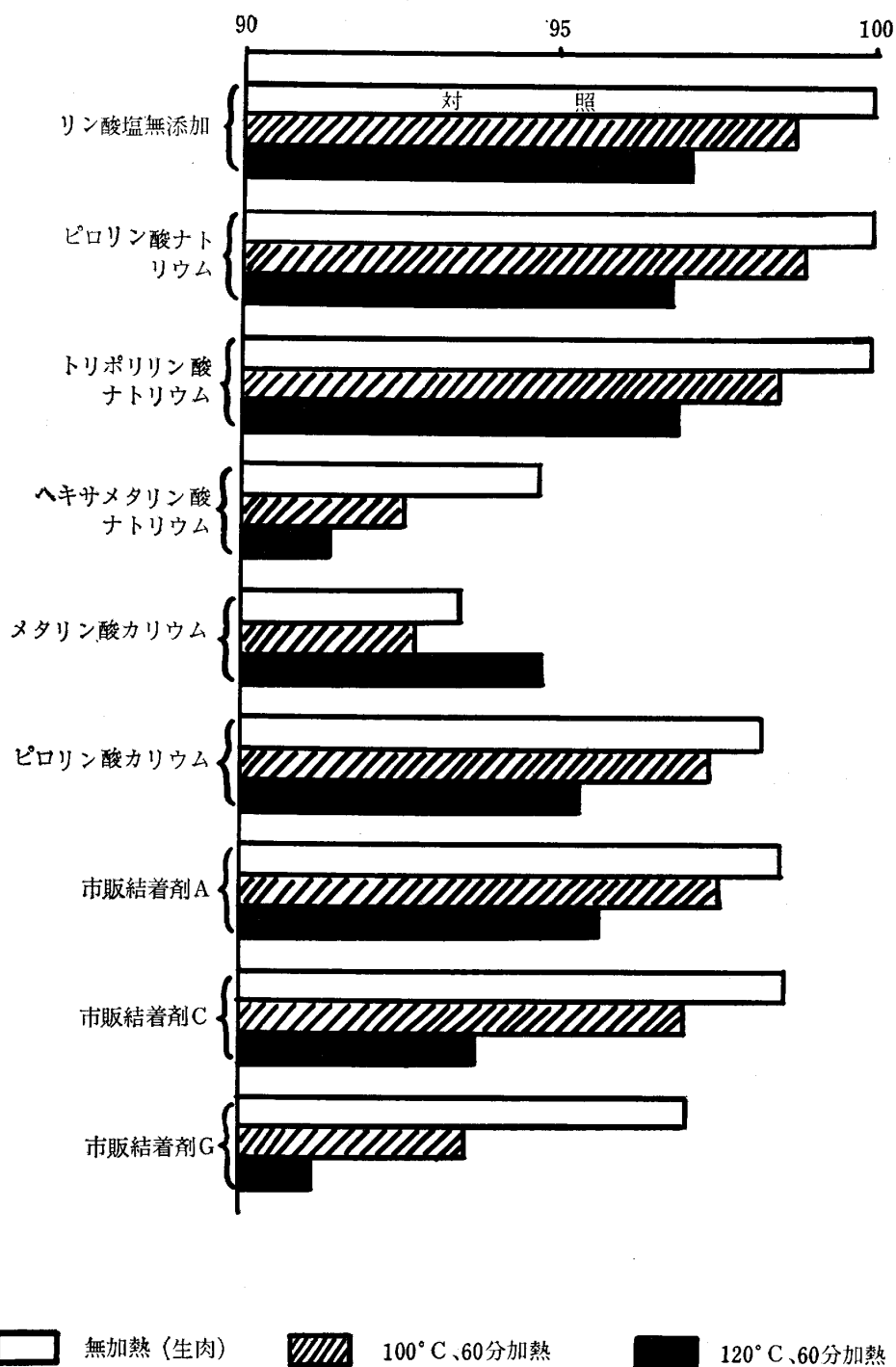
合、消化性の低下が対照に比し顕著である。ピロリン酸ナトリウム、トリポリリン酸ナトリウム、ピロリン酸カリウム、結着剤AおよびCを添加したものは100℃、1時間の加熱ではわずかに消化性が低下するにすぎないが、120℃、1時間の加熱ではいずれのリン酸塩添加も無加熱のものに比し、消化性の低下が著しい。しかしメタリン酸カリウム添加の場合、120℃処理では無加熱のものより消化性が向上している。

3) リン酸塩添加量と消化率との関係

試料肉は肩部（そのⅡ）を用い、リン酸塩を肉に対し0.25, 0.5, 0.75および1.0%の4段階にわけて添加し、無加熱のものと120℃、1時間加熱処理したのについてペプシンによる消化試験を行なった。その結果は第6表(a~e)のとおりである。

第6表によると、いずれのリン酸塩も添加量が増加するにしたがい、無加熱区、加熱区とも消化率が低下するが、加熱区ではその低下が著しい。ピロリン酸ナトリウム、トリポリリン酸ナトリウムおよびピロリン酸カリウムを添加したものは添加量を1%にすると、消化率は無加熱では対照より約1~2%低下するが、120℃に加熱すると対照より約2~4%の低下となる。ヘキサメタリン酸ナトリウムを添加したものはかなり消化率が低下し、1%添加量では無加熱のもので対照より10.6%、加熱したもので対照より10.1%も低下している。メタリン酸カリウムを添加したものは他のリン酸塩を添加したも

対照（生肉・リン酸塩無添加）の消化率を100とした比較値



第2図 リン酸塩を添加して加熱した場合の消化性

のと異なり、無加熱のものの方が加熱したものより消化率の低下が著しい。無加熱のもので添加量が1%になると消化率は対照より14.7%も低下するのに対し、加熱したものでは対照より7.7%の低下しか見られない。この

事実を確かめるため、メタリン酸カリウムを肉に対し0.5%添加したものを60°、100°および120℃で1時間加熱した後、ペプシンによる消化試験を行なった。その結果は第7表のとおりである。

第6表 リン酸塩の添加量と消化率

a) ピロリン酸ナトリウム

肉に対する リン酸塩の 添加量(%)	加熱条件	消化時の pH	試料の遊 離N(%) B	ペプシンの 遊離Nを含 むN(%) n ₁	遊離 N (%) n ₁ -n ₂	消化 N (%) n ₁ -n ₂ -B	消 化 率 (%) $\frac{n_1-n_2-B}{N-B} \times 100$	対照を 100 と した場合の比 較値
対 照	生 肉 (無加熱)	1.60	0.50	3.78	3.40	2.90	96.0	100
0.25		1.65	0.47	3.77	3.39	2.92	95.7	99.6
0.5		1.70	0.46	3.78	3.40	2.94	96.0	100
0.75		1.70	0.46	3.77	3.39	2.93	95.7	99.6
1.0		1.70	0.48	3.77	3.39	2.91	95.7	99.6
対 照	加熱肉 (120℃, 60分)	1.70	0.61	3.72	3.34	2.73	93.8	100
0.25		1.70	0.60	3.71	3.33	2.73	93.4	99.5
0.5		1.70	0.56	3.70	3.32	2.76	93.2	99.3
0.75		1.70	0.56	3.67	3.29	2.73	92.2	98.2
1.0		1.70	0.56	3.65	3.27	2.71	91.5	97.5

注. 全N% (N) 3.52, ペプシンの遊離N% (n₂) 0.38

b) トリポリリン酸ナトリウム

肉に対する リン酸塩の 添加量(%)	加熱条件	消化時の pH	試料の遊 離N(%) B	ペプシンの 遊離Nを含 むN(%) n ₁	遊離 N (%) n ₁ -n ₂	消化 N (%) n ₁ -n ₂ -B	消 化 率 (%) $\frac{n_1-n_2-B}{N-B} \times 100$	対照を 100 と した場合の比 較値
対 照	生 肉 (無加熱)	1.60	0.41	3.66	3.31	2.90	95.0	100
0.25		1.60	0.43	3.67	3.32	2.89	95.3	100
0.5		1.65	0.44	3.65	3.30	2.86	94.7	99.6
0.75		1.70	0.43	3.63	3.28	2.85	94.0	98.9
1.0		1.70	0.41	3.63	3.28	2.87	94.0	98.9
対 照	加熱肉 (120℃, 60分)	1.70	0.57	3.60	3.25	2.68	92.7	100
0.25		1.70	0.53	3.60	3.25	2.72	92.8	100
0.5		1.70	0.51	3.57	3.22	2.71	91.8	99.0
0.75		1.75	0.51	3.52	3.17	2.66	90.1	97.1
1.0		1.80	0.51	3.50	3.15	2.64	89.4	96.4

注. 全N% (N) 3.46, ペプシンの遊離N% (n₂) 0.35

c) ヘキサメタリン酸ナトリウム

肉に対する リン酸塩の 添加量(%)	加熱条件	消化時の pH	試料の遊 離N(%) B	ペプシンの 遊離Nを含 むN(%) n ₁	遊離 N (%) n ₁ -n ₂	消化 N (%) n ₁ -n ₂ -B	消 化 率 (%) $\frac{n_1-n_2-B}{N-B} \times 100$	対照を 100 と した場合の比 較値
対 照	生 肉 (無加熱)	1.60	0.49	3.69	3.32	2.83	95.6	100
0.25		1.60	0.45	3.62	3.25	2.80	93.3	97.5
0.5		1.60	0.44	3.58	3.21	2.77	92.0	96.2
0.75		1.60	0.44	3.47	3.10	2.66	88.3	92.3
1.0		1.60	0.45	3.37	3.00	2.55	85.0	88.9

肉に対する リン酸塩の 添加量(%)	加熱条件	消化時の pH	試料の遊 離N(%) B	ペプシンの 遊離Nを含 むN(%) n ₁	遊離N (%) n ₁ -n ₂	消化N (%) n ₁ -n ₂ -B	消化率 (%) $\frac{n_1-n_2-B}{N-B} \times 100$	対照を100と した場合の比 較値
対 照	加熱肉 (120℃, 60分)	1.60	0.61	3.62	3.25	2.64	92.9	100
0.25		1.60	0.59	3.59	3.22	2.63	91.9	98.9
0.5		1.60	0.56	3.43	3.06	2.50	86.5	94.1
0.75		1.60	0.56	3.35	2.98	2.42	83.7	90.0
1.0		1.60	0.54	3.32	2.95	2.41	82.8	89.1

注. 全N% (N) 3.45, ペプシンの遊離N% (n₂) 0.37

d) ピロリン酸カリウム

肉に対する リン酸塩の 添加量(%)	加熱条件	消化時の pH	試料の遊 離N(%) B	ペプシンの 遊離Nを含 むN(%) n ₁	遊離N (%) n ₁ -n ₂	消化N (%) n ₁ -n ₂ -B	消化率 (%) $\frac{n_1-n_2-B}{N-B} \times 100$	対照を100と した場合の比 較値
対 照	生 肉 (無加熱)	1.60	0.50	3.80	3.44	2.94	94.8	100
0.25		1.65	0.48	3.77	3.41	2.93	93.9	99.0
0.5		1.70	0.48	3.75	3.39	2.91	93.2	98.3
0.75		1.70	0.46	3.74	3.38	2.92	92.9	97.9
1.0		1.70	0.46	3.73	3.37	2.91	92.6	97.6
対 照	加熱肉 (120℃, 60分)	1.65	0.58	3.73	3.37	2.79	92.3	100
0.25		1.65	0.57	3.71	3.35	2.78	91.7	99.3
0.5		1.70	0.57	3.69	3.33	2.76	91.0	98.5
0.75		1.75	0.56	3.64	3.28	2.72	89.4	96.8
1.0		1.75	0.56	3.59	3.23	2.67	87.8	95.0

注. 全N% (N) 3.60, ペプシンの遊離N% (n₂) 0.36

e) メタリン酸カリウム

肉に対する リン酸塩の 添加量(%)	加熱条件	消化時の pH	試料の遊 離N(%) B	ペプシンの 遊離Nを含 むN(%) n ₁	遊離N (%) n ₁ -n ₂	消化N (%) n ₁ -n ₂ -B	消化率 (%) $\frac{n_1-n_2-B}{N-B} \times 100$	対照を100と した場合の比 較値
対 照	生 肉 (無加熱)	1.60	0.50	3.73	3.36	2.86	94.7	100
0.25		1.60	0.48	3.62	3.25	2.77	91.1	96.1
0.5		1.60	0.47	3.48	3.11	2.64	86.5	91.3
0.75		1.60	0.47	3.33	2.96	2.49	81.6	86.1
1.0		1.60	0.47	3.28	2.91	2.44	80.0	84.4
対 照	加熱肉 (120℃, 60分)	1.60	0.58	3.68	3.31	2.73	92.7	100
0.25		1.65	0.57	3.65	3.28	2.71	91.8	98.9
0.5		1.65	0.57	3.58	3.21	2.64	89.4	96.3
0.75		1.65	0.56	3.49	3.12	2.56	86.4	93.1
1.0		1.65	0.55	3.45	3.08	2.53	85.1	91.7

注. 全N% (N) 3.52, ペプシンの遊離N% (n₂) 0.37

第7表 メタリン酸カリウムを添加して加熱条件を異にした場合の消化率

加熱条件	消化時のpH	試料の遊離N(%) B	ペプシンの遊離Nを含むN(%) n ₁	遊離N(%) n ₁ -n ₂	消化N(%) n ₁ -n ₂ -B	消化率(%) $\frac{n_1-n_2-B}{N-B} \times 100$	対照を100とした場合の比較値
対 照 (生肉・無添加)	1.60	0.42	3.68	3.31	2.89	96.0	100
リン酸塩添加 生肉	60℃, 60分	0.39	3.49	3.12	2.73	89.8	93.5
	100℃, 60分	0.42	3.42	3.05	2.63	87.3	90.9
	120℃, 60分	0.42	3.47	3.10	2.68	89.1	92.8
	120℃, 60分	0.50	3.54	3.17	2.67	91.1	94.8

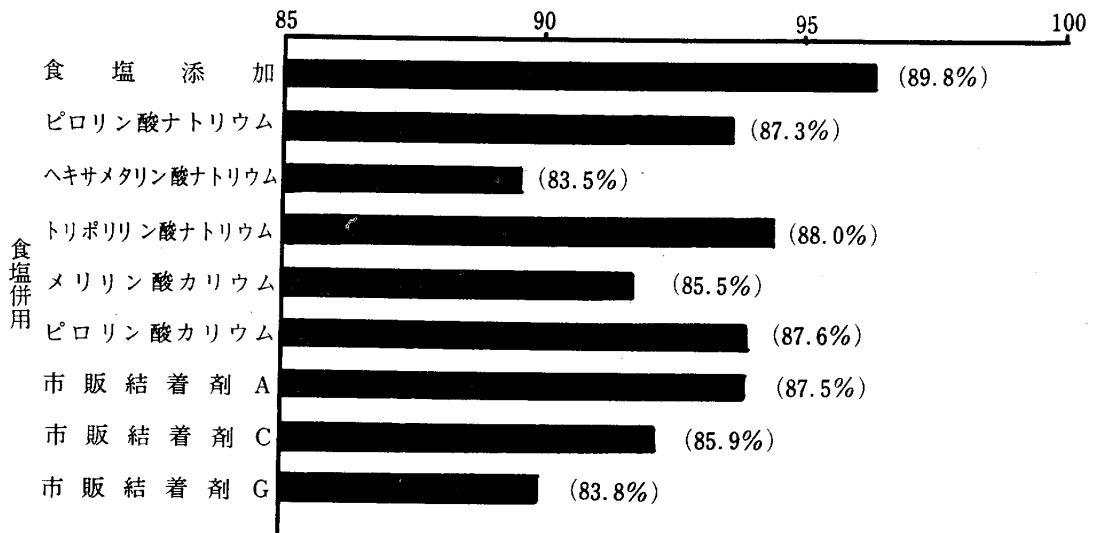
注. 全N% (N) 3.43, ペプシンの遊離N% (n₂) 0.37

第7表によると、メタリン酸カリウムを添加した場合、加熱温度が高くなるにつれ消化率が上昇し、120℃加熱の場合には無加熱のものよりわずかながら高い消化率を示している。

4) リン酸塩に食塩を併用して加熱した場合の消化率との関係

試料肉は肩部(そのⅡ)を用い、肉に対し食塩5%, リン酸塩または結着剤0.5%の割合で両者を添加し、120℃で1時間加熱したものを試料として、ペプシンによる消化試験を行なった。その結果を対照(食塩・リン酸塩とも無添加で120℃, 1時間加熱処理)の消化率を100とした比較値で示すと、第3図のとおりである。

無添加で120℃、60分加熱したものの消化率*を100とした比較値



注. *対照の消化率は93.2%

() 内の数字は各消化率を示す

第3図 食塩・リン酸塩の両者を添加して120℃, 1時間加熱した場合の消化性

第3図によると、食塩とリン酸塩を併用添加すると、食塩の単独添加よりも消化性が低下する。その傾向はヘキサメタリン酸ナトリウム、メタリン酸カリウムおよび市販結着剤Gのそれぞれを食塩と併用添加した場合に顕著に見られる。これを消化率の点から対照と比較すると、ヘキサメタリン酸ナトリウムと食塩の併用添加では9.7%, メタリン酸カリウムと食塩の併用添加では7.7%, 市販結着剤Gと食塩の併用添加では9.4%の低下が見られる。

以上1)～4)の実験から、肉に各種リン酸塩または

市販結着剤を添加した場合、食塩と併用した場合、またはそれらを加熱処理した場合、リン酸塩の種類によっては消化性を低下させることがわかった。消化性低下の度合は使用したリン酸塩の中ではヘキサメタリン酸ナトリウム、メタリン酸カリウムが大きく、ピロリン酸ナトリウム、ピロリン酸カリウムおよびトリポリリン酸ナトリウムはさほど影響しない結果を得た。また市販結着剤ではメタリン酸ナトリウムとメタリン酸カリウムの配合の多い組成のものにおいて消化性の低下が著しかった。リン酸塩と食塩を併用添加すると、食塩の単独添加の場合

よりも消化性は低下し、ヘキサメタリン酸ナトリウム、メタリン酸カリウムにおいて顕著であった。

消化性低下の原因については、リン酸塩が肉蛋白質に対して如何に作用するかを考察する必要がある。HAMM (1957)は無機塩またはポリリン酸塩を磨碎肉に添加すると、肉の正常構造が失われ、筋繊維が膨張し、viscose pasteになると述べている。またBENDALL (1954)はアルカリ性リン酸塩はミオシン区蛋白のアクトミオシンをアクチンとミオシンに分割する作用があると述べている。このことからポリリン酸塩の添加はアクチン、ミオシンの相対量を多くし、そのためゾル状で存在する繊維状蛋白質質量が増大して保水性が高まり、viscose pasteになり、この状態が消化酵素であるペプシンの作用を阻害する原因になっているものと考えられる。リン酸塩の種類により、消化率が異なるのは使用した塩類の相違により、viscose pasteの物理的、化学的性状が異なるためと考えられる。またポリリン酸塩がアクトミオシンを分割する作用は蛋白質にポリリン酸イオンが吸着することに基づくもので、蛋白質のペプチド結合のところがポリリン酸イオンによってふさがれ、したがって消化を阻害するのではないかと推察される。

リン酸塩を添加して加熱した場合、無添加で加熱処理したものより消化性が低下するのは、リン酸塩添加により肉の正常構造が先に述べた理由でviscose pasteに変化したものが、さらに加熱によって水とともに包み込まれてgelatinous massの状態を生じ、組織は密な網目構造に変わるため酵素の作用がなおさら受けにくくなるためだと考えられる。この状態は加熱温度が高くなるほど強固なものとなり、一層消化を困難にするものと思われる。またリン酸塩の種類によっては生ずるgelatinous massの状態が異なることが想像され、消化の難易に影響するものと考えられる。特にヘキサメタリン酸ナトリウムは試料調製の際、添加後直ちに凝固物を生じたが、この凝固物は120℃で加熱された場合、非常に密な網目構造を形成し、ペプシンの内部への浸透を阻害し、消化性を低下させる原因となっていると考えられる。メタリン酸カリウムも消化性を著しく低下させるが、このものは加熱温度が高くなるにつれ、消化性は向上し、120℃、1時間加熱では無加熱のものより高い消化率を示している。この原因はつまびらかでないが、加熱によってviscose pasteの状態に変化が起り、ペプシンによって消化されやすい状態に復帰するものと考えられる。この点は今後の研究にまちたい。

次に消化性の低下に消化時のpHが関係しているかについて考察を加える。WIERBICKL (1961)は豚肉にリン酸塩を添加して、その添加量と加熱温度を変えて肉のpH値を測定しているが、それによると添加量が増加するとpH値が多少高くなり、また加熱温度が高いとpH

値も多少高くなると述べている。この事実は本実験の消化時のpHにもその傾向が見られる。例えばトリポリリン酸ナトリウムを1%添加して消化させたとき、無加熱ではpH1.7であるが、120℃に1時間加熱したものではpH1.8にわずかながら上昇している。このpHの差は消化性にはほとんど影響しないことは著者(綾野, 1966)のさきの実験結果からもうかがわれる。

摘 要

牛肉のすりつぶしたもの(ground meat)に食塩・リン酸塩を添加して水煮した場合、食塩およびリン酸塩の添加が牛肉蛋白質の消化にどのように影響するかについて、ペプシンによる人工消化試験を行なった。

1. 食塩単独添加の場合、食塩の添加量が増すにしたがい、消化性は低下した。生肉及び加熱肉(120℃で1時間処理)とも、肉に対する食塩添加量が5%(消化液の食塩濃度0.2%)までは食塩添加による消化性の低下はごくわずかであるが、加熱肉の場合は添加量が10%(消化液の食塩濃度0.4%)以上になると急激に低下した。食塩添加量を10%にして60°, 80°および100℃に30分および60分加熱した場合、その消化性において添加の影響はさほど認められなかったが、120℃の加熱では食塩添加の有無にかかわらず、消化性は低下し、食塩の存在下では加熱時間が60分になると、その現象は著しかった。

2. 各種リン酸塩あるいは市販結着剤を肉に対して0.5%添加した場合、生肉及び加熱肉(100°, 120℃で1時間処理)ともリン酸塩の種類によって消化性は低下した。消化性低下の度合はヘキサメタリン酸ナトリウム、メタリン酸カリウムが大きく、ピロリン酸ナトリウム、ピロリン酸カリウムおよびトリポリリン酸ナトリウムはさほど影響しない結果を得た。これらの現象は添加量を1%に増しても同じであった。また市販結着剤ではメタリン酸ナトリウムとメタリン酸カリウムの配合の多い組成のものにおいて消化性の低下が著しかった。リン酸塩と食塩を併用添加すると食塩の単独添加の場合よりも消化性は低下し、ヘキサメタリン酸ナトリウムやメタリン酸カリウムにおいて顕著であった。

文 献

- 1) 綾野雄幸(1966): 千大園・学報 No.13: 29-34.
- 2) BENDALL, J. R. (1954): J. Sci. Food Agr. 5: 468-475.
- 3) HAMM, R. (1955): Die Fleischwirtschaft, 7: 504.
- 4) — (1957): Dtsch. Lebensmitt. Rdsch. 51: 281-297.
- 5) 大高文男・黒沢保雄(1961): 栄養と食糧 13: 372-375.
- 6) WIERBICKL, F.(1961): Food Tech. 15: 79-94.