肉の消化に関する研究

Studies on the Digestion of Meat

(3) 牛肉の蛋白質消化に対する加熱の影響

(3) The Effect of Heat upon the Digestibility of Beef

(昭和34年7月28日受理)

大 高 文 男
(Humio Ohtaka)

The effect of heat upon the digestibility of lean beef and connective tissue in beef was investigated *in vitro*.

The beef boiled at 60°C. or 95°C. was digested to about the same extent as raw beef by pepsin. But, the digestibility of the beef autoclaved with water at 120°C. was inferior to that of raw beef.

The digestibility of boiled or autoclaved connective tissue was greater than that of raw connective tissue. This would be due to the fact that boiled or autoclaved connective tissue contains a considerable amount of protein hydrolyzed easily by hydrochloric acid of the artificial digestive juice.

Grinley¹⁾は種々の調理法で処理した牛肉の消化を人間について実験した結果、調理法による消化率の差は余りないといっている。また Grinley は牛肉を用いて、生、焙焼、フライおよび80~85°Cに2~5時間水煮した場合についてペプシンによる人工消化試験をした結果、その差は余りないが、生肉は他のものよりも多少よいと報告し、この理由として水溶性窒素化合物が多少失われるからだといっている。Talarico²⁾も生の牛肉が煮たものとかわらない消化率を示すことを報告しているが、これについて Haurowitz³⁾は牛肉は繊維性蛋白質に富むから熱変性しても消化性が変らないと説明している。

著者は牛肉の蛋白質消化と加熱の関係について実験した結果、牛肉を60°Cまたは95°Cに1時間水煮処理したものは生の牛肉に比してその消化率は変らないが、120°Cに1時間処理したものは消化率が非常に低下すること、また牛肉の「すじ」の部分は処理温度が高くなるに従って消化率が高くなるようであるが、人工消化試験における塩酸の作用を別にしてペプシンの作用についてのみ比較すればこの場合も100°C以下の加熱によつては変らないが、120°C加熱の場合にはその作用が低下することなどを認めたので、これについて報告する。

実験の方法

牛肉の「すじ」をなるべく除去した後、これを挽いてその2gを100cc容三角フラスコにとり、水20ccを加え所定の温度で1時間加熱する。120°Cに加熱する場合は

加圧釜を用いた。なお、フラスコは前以て秤量しておき、重量の差により、水煮後、蒸発した水分量を補給する。次に水7cc、0.2N HCl溶液8ccおよび2%ペプシン溶液5ccを加え、38°Cにて24時間消化する。消化後15%CCl₃COOH溶液10ccを加えて未消化蛋白質を沈澱させ、30分後に乾燥濾紙にて濾過し、濾液の一定量について Kjeldahl 法により窒素を定量する。消化率の算出方法は前報⁴⁾と同じようにした。

牛肉の「すじ」の部分についても同様にして消化試験を行つたが、試料中のコラーゲン窒素の定量は H. C. Spencer の方法⁵⁾により肉「すじ」をアセトン処理して風乾したものについて行つた。

実験の結果

1) 牛肉蛋白質の加熱による消化率の変化

生牛肉、60°C、95°Cまたは120°Cにそれぞれ1時間加熱した牛肉のペプシンによる消化は第1表の通りであつた。なお、試料Iは屠殺後5日の肉であるが、その化学的組成は水分74.3%、粗蛋白質24.0%、純蛋白質21.4%および灰分1.10%であつた。また、試料IIは屠殺後9日の肉であるが、その化学的組成は水分73.4%、粗蛋白質23.8%、純蛋白質20.8%および灰分1.10%であつた。

ペプシンによる人工消化試験において塩酸の作用とペプシンの作用とを区別するために、人工消化液にペプシンを加えることなく、その他は全く同じに処理して塩酸による加水分解について調理しそれから数値の差により

第1表 牛肉の加熱と蛋白消化率

試 料	I *	II **
処理温度		
生	83.1%	82.7%
60°C, 1 hr.	82.6	83.0
95°C, 1 hr.	82.8	82.3
120°C, 1 hr.	70.3	67.8

* 屠殺後5日の牛赤肉

** 屠殺後9日の牛腿肉

ペプシンによる消化量を算出すれば第2表および第3表のようになる。第2表は試料Iの場合、また第3表は試料IIの場合である。

第2表 牛赤肉の人工消化試験における塩酸およびペプシンの加水分解

処 理 温 度	塩酸の作用	ペプシンの作用
生	—%	83.1%
60°C, 1 hr.	1.3	81.3
95°C, 1 hr.	1.7	81.1
120°C, 1 hr.	6.0	64.3

第3表 牛腿肉の人工消化試験における塩酸およびペプシンの加水分解

処 理 温 度	塩酸の作用	ペプシンの作用
生	1.3%	81.4%
60°C, 1 hr.	1.3	81.7
95°C, 1 hr.	1.6	80.7
120°C, 1 Sr.	7.2	60.6

生牛肉、60°Cまたは95°Cに1時間水煮した牛肉においては、何れもその消化率に大した差は認められないが120°Cに1時間加熱したものの消化率は極めて悪く、第1表によれば12~15%も低い値を示している。また、第2表および第3表よりペプシンの作用をみると120°C加熱した牛肉の消化は他のものよりも17~21%も低くなっている。なお、塩酸による加水分解は120°Cに水煮した肉が最も多く分解しているが、これは120°Cに熱した場合に肉の蛋白質が幾分低次のものに分解し、そのために塩酸の作用を受けやすくなったのであろう。

次に消化時間を長くした場合について、生肉と120°Cに1時間加熱した肉とを比較すると第4表に示す通りである。

人工消化試験における塩酸の作用とペプシンの作用を区別するために、ペプシンを加えることなく塩酸のみによる調理値と上記消化率との数値の差から計算して求めた結果を示すと第5表の通りである。

なお、この場合の試料Iは屠殺後5日の牛肉で、その化学的組成は水分74.2%、粗蛋白質22.4%および灰分1.09%であつた。また、試料IIは屠殺後7日の牛肉で、

第4表 牛肉蛋白質の消化率と消化時間の関係 (%)

消化時間 試料	24 時 間		36 時 間		48 時 間	
	I *	II **	I *	II **	I *	II **
処理温度						
生	84.4	81.9	84.5	84.4	91.0	90.8
120°C, 1hr.	75.2	68.2	81.4	73.4	86.2	78.8

* 屠殺後5日の牛赤肉

** 屠殺後7日の牛赤肉

第5表 人工消化試験における塩酸およびペプシンの作用 (%)

処 理 温 度	試 料	24 時 間		36 時 間		48 時 間	
		I *	II **	I *	II **	I *	II **
塩 酸	生	3.6	—	4.0	—	4.7	—
	120°C, 1hr.	11.0	6.3	12.1	5.9	12.3	5.9
ペプシン	生	80.8	81.9	80.5	84.4	86.3	90.8
	120°C, 1hr.	64.2	61.9	69.3	67.5	73.9	72.9

* 屠殺後5日の牛赤肉

** 屠殺後7日の牛赤肉

その化学的組成は水分74.5%、粗蛋白質23.7%および灰分1.10%であつた。

120°Cに加熱した肉も消化時間を長くすれば漸次消化されていくが、対照にくらべるとその消化率は極めて悪かつた。

2) 牛肉のすじの蛋白質の加熱による消化率の変化

牛肉の「すじ」をとり、これをできるだけ細切して用いた。屠殺後10日のもので、その化学的組成は水分62.2%、粗蛋白質33.5%および灰分1.20%にして、コラーゲン窒素は全窒素中90.2%であつた。前と全く同様にして消化試験を行った結果について、その消化率、塩酸の作用およびペプシンの作用として示せば第6表の通りである。

第6表 牛肉の「すじ」の消化

処理温度	消化率	塩酸の作用	ペプシンの作用
生	59.4%	19.3%	40.1%
60°C, 1 hr.	68.5	26.2	42.3
95°C, 1 hr.	76.4	32.7	43.7
120°C, 1 hr.	84.4	51.5	22.9

これによると肉の「すじ」は水煮温度の高いもの程よく消化されるが、ペプシンの作用をみると120°Cに処理したもの以外は差なく、120°Cに加熱したものだけが低くなっている。なお、塩酸による加水分解度もかなり高いので、この点について検討するためにゼラチンについて塩酸による加水分解を調理した結果、第7表のようになった。

試料の量は前の実験の場合と固形分量を大体同じようにするために1gを用いたが、その他は全く同様にして行つた。実験に用いたゼラチンの化学的組成は水分16.8%および全窒素15.0%であつた。

これによるとゼラチンは38°Cにおいて塩酸によりかなり加水分解されることがわかつたので、肉の「すじ」も水煮してゼラチン化した場合には塩酸によりかなり加水分解されるものと思われる。

考 察

牛肉の蛋白質は人工消化試験によれば60°Cまたは95°Cに1時間水煮しても生のものと変らない消化率を示した。また、塩酸の作用を別にしてペプシンの作用についても60°Cまたは95°Cに水煮した牛肉は生肉と同じ程度に作用を受けた。

牛肉の「すじ」については高温に加熱した場合に高い消化率を示すようであるが、ペプシンの作用については60°Cまたは95°Cに1時間水煮したものは生のものに比し余り変りがなかつた。

Talarico²⁾は生の牛肉と煮沸した牛肉の酵素による消化が大差ないことをいつているが、F. Haurowitz³⁾はこの理由を牛肉にはミオシンのような繊維状蛋白質が多く含まれるためであると説明している。すなわち、Linderström-Lang⁶⁾およびLundgren⁷⁾によると球状蛋白質は自然状態においては酵素の作用を受けにくく、加熱変性を受けた場合に酵素の作用を受けやすくなる。この蛋白質においてはペプチド連鎖が幾重にも折り重なつて網状組織をなしているため、自然状態においては酵素の作用点が球状分子の中にあり、従つて酵素の作用を受けにくいのであるが、加熱変性されるとそのペプチド連鎖がより簡単な結合になつていくので酵素の作用を受けやすくなるのであろう。故に、ペプチド連鎖の伸展しているような繊維状蛋白質においては変性の前後において酵素の作用に余り差異がないものとしている。

また、Haurowitz³⁾はコラーゲンが加熱変性の場合、酵素の作用を受やすくなるのはコラーゲンがゼラチンに移行するためであるとしているが、この実験においても同様の結果となつている。ただし、人工消化試験において塩酸の作用を別にし、ペプシンの作用のみについてみるとコラーゲンもまた加熱温度が100°C以下なれば酵素により受ける作用に大差のないことが示されている。

第7表 ゼラチンの塩酸による加水分解

処 理 温 度	加水分解度
対 照	62.9%
60°C, 1 hr.	66.8
95°C, 1 hr.	69.4
120°C, 1 hr.	70.5

しかるに牛肉および牛肉の「すじ」を120°Cに1時間加熱したものについて人工消化試験における塩酸の作用を別にし、ペプシンの作用をみると生肉に比し明らかにその作用が低下している。このことはLinderström-Lang および Lundgren の説明とは別に蛋白質はある温度以上に加熱変性を受けるときは酵素により作用されにくくなる原因のあることを示している。

Rice および Beuk⁸⁾は蛋白質の栄養価に対する加熱の影響について解説しているが、これによると一般に100°C以下の加熱では消化率または生物価の低下は余りないが、これ以上の温度に加熱する時は生物価が低下し、特に炭水化物と共存する場合にその影響のあることを述べている。カゼイン⁹⁾ および卵白¹⁰⁾ などについても同様の報告があるが、この原因については更に実験検討したい。

要 約

牛肉を60°Cまたは95°Cに1時間水煮しても、ペプシンにより、生牛肉と同じように消化された。しかし、120°Cに1時間オートクレーヴ中で加熱した場合はその消化率が著しく低下した。

牛肉の「すじ」の蛋白質は加熱により生の場合よりもよく消化されるようになったが、人工消化試験における塩酸の作用を別にして、ペプシンの作用のみについてみると、60°Cまたは95°Cに1時間水煮したものに対しては、生の場合と変りないが、120°Cに加熱したものに対してはその作用が低下するようであつた。

終始、御指導御鞭撻を賜りました恩師佐々木林治郎先生に深く感謝の意を表します。

文 献

- 1) H. S. Grindley: U. S. Dept. of Agriculture, office of Experiment Stations, Bulletin 193 (1907)
- 2) J. Talarico: Comt. Rend. Soc. Biol. 68, 662, 932 (1910)
- 3) F. Haurowitz: J. Biol. Chem. 157, 621 (1945)
- 4) 佐々木、大高・栄養と食糧 12, 244 (1959)
- 5) H. S. Spencer, S. Morgulis, and M. W. Violet: J. Biol. Chem. 120, 257 (1937)
- 6) K. Linderström-Lang: Annual Review of Biochemistry 8, 45 (1939)
- 7) H. P. Lundgren: J. Biol. Chem. 138, 293 (1941)
- 8) E. E. Rice and J. F. Beuk: Adv. in Food Research IV. 233 (1951)
- 9) N. R. Eldred and G. Rodney: J. Biol. Chem. 162, 261 (1945)
- 10) 木咲、越智: 同志社女子大 9, 39 (1958) 日化覧 33, 1333 (1959)

(茨城大学農学部)