

蛋白質的消化與吸收

李秋榮

Digestion and absorption of the Protein



這一個題目很平凡而又陳舊，事實上却仍蘊含着不少生物化學中的懸案以及新舊不同的觀念。

蛋白質為生命現象的基質，正如荷蘭

名生理化學專家 (G. J. Mulder) 所說：“……毫無疑問地，生物界所有已知的物質中最重要的莫過於蛋白質；設若沒有蛋白質，我們這顆星球上絕不會有生命現象，唯有經由它，主要的生命現象始能產生。”詳言之：(1) 生體的組織中，分別催化許多種化學反應—新陳代謝的本質—的衆多種酵素 (Enzymes) (2) 新陳代謝的主要調節劑—刺激素 (Hormones) (3) 由微生物分泌而在人體內可抗抑病菌體的抗生素 (Antibiotics) (4) 筋肉的伸縮蛋白 (Myosin) (5) 呼吸系統的 Hemoglobin (6) 部分細菌的毒素 (Toxins) 等……都是由蛋白質構成的，而這些物質在生命體內所表現之功能的重要性是人人皆知的。因此我們可知蛋白質在生理上的功能是極其重要的。關於蛋白質的化學以及營養代謝等在生物化學課程中，固然會學到不少東西，然而也有很多觀念變遷的沿革或其他似為屑碎却仍很重要的事項無法在有限的時間裡介紹，因此借此篇幅稍作補充性的報導。

食品中之蛋白質乃動植物體的原生質構成成分，其一部分係與其他物質如脂類 (lipids)，核酸 (Nucleic acids)，色體 (Pigment)，醣類 (carbohydrates)，結合在一起，其餘都是與炭水化合物或脂肪混合而很少以單離狀態存在，因此蛋白的消化在包圍它的醣，脂消化後才能進行。蛋白質一向被認為無法以 Peptide 更無法以蛋白質的原狀受吸收，設若以非經口的方式將 Peptide 給予動物體，必仍以原狀排之於尿中，因此蛋白質必定是在消化管壁受酵素的徹底分解，成為其組成單位的胺基酸 (Amino-acids)，然後被吸收，經由門脈在肝臟作異化或同化作用。沿至本世紀初，此觀念略見修改，即吸收之胺基酸在腸壁迅速重新合成

而成蛋白，然後由血液搬運至體內各組織。不久，Folin 及 Denis 證實在蛋白質吸收時血中非蛋白性氮的增加；Vanslgke 亦證明血中 L-amino acid 濃度的增大。以上諸說均力主蛋白質乃完全水解之後以胺基酸的狀態由腸壁吸收，並重新合成為體蛋白……”然而却亦有幾項事實，實在不許即此下武斷的結論：如 (一) Cannon etd (1) 以非經口的方式將某種有 N^{15} 標誌 (labeled) 的簡單 Peptide 給予動物後，發見這些 Peptide 在組織中可被利用以合成體蛋白。(二) Fischer (2) 強調蛋白質在腸壁上之水解速度非常的緩慢，完全水解成胺基酸所需時間在 24hrs 以上。(三) 投蛋白予動物體後每經一段時間測尿中含氮化合物之含量情形，却和以純胺基酸給予時之排洩狀態完全一致，此結果顯示蛋白之吸收速度與胺基酸之吸收速度不相軒輊。第三項事實如與第二項的配合，則很難以古老的說法圖說，若非以蛋白質可以在未成胺基酸以前的部分分解高分子狀態得以迅速吸收無法說明。同時類似第一項之事實尚有 A) 1894年 Voit Bauer 以 egg albumin 灌入於貓的空腸—無 Proteinase，經 1~4hrs 其 15~45% 見吸收。B) Murlinetal (3) 將 Insulin 灌於小腸的 ThiryVellalongp 則血糖濃度降低……等，無一不是蛋白質未必完全水解成胺基酸，即可以受吸收的倒證，此外有一部分人，在吃食蝦蟹後會引起過敏性斑疹這是由於這些人能吸收更高分子的蛋白部分分解產物，以致在體內產生 Antibody，此一事實亦可為另一有力佐證。

蛋白質的消化不在口腔進行，是至胃中才開始的。即由 Pepsin 或胃酸將之水解成 Proteose 及 Peptones，這些東西旋即受 Peptidases 之進一步分解而成為更低分子的產物終而有一部分成為胺基酸。上述各種蛋白分解酵素 (Proteolytic enzymes) 的作用均有特異性，即受作用的 Peptide linkage 鄰近的側鎖 (Side-chain) 或極性原子團 (Polar group) 的立體配位適當時始能受特異的分解，今將較主要的蛋白分解酵素的主要性質以表示之如下 (4)

酵 素 名 稱	分 布 所 在	最 適 PH	特 異 性
Pepsin	胃 液	2	$\begin{array}{c} \text{Ar} \quad \text{O} \quad \downarrow \quad \text{Ar} \quad \text{O} \\ \quad \quad \quad \quad \quad \\ \text{---NH---CH---C---NH---CH---C---} \end{array}$
Renin	胃 液	4	<ol style="list-style-type: none"> 1. 分解Phosphamide 2. Hemoglobin之水解
Trypsin	胰 液 * Pancreatic juice	7	$\begin{array}{c} \text{R} \quad \text{O} \quad \downarrow \quad \text{O} \\ \quad \quad \quad \quad \quad \\ \text{---NH---CH---C---NH---C---O---C}_2\text{H}_5 \\ (\text{R}=\text{Lysine or Arginineresidue}) \end{array}$
Chymotrypsin	"	8	$\begin{array}{c} \text{Ar} \quad \text{O} \quad \downarrow \quad \text{O} \\ \quad \quad \quad \quad \quad \\ \text{---NH---CH---C---NH---C---O---C}_2\text{H}_5 \end{array}$
Carboxypeptidase	"	7.5	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{R} \quad \text{O} \\ \quad \quad \\ \text{R---C---NH---CH---C---OH} \\ (\text{R}=\text{Aromat;cor Alkyl group}) \end{array}$
Aminopeptidase	腸 液 Intestinal juice	8-9	$\begin{array}{c} \text{R} \quad \text{O} \quad \downarrow \\ \quad \\ \text{NH}_2\text{---CH---C---NH---} \quad \text{R}=\text{Leucin residue} \end{array}$
Dipeptidase	"	7.5	$\begin{array}{c} \text{R} \quad \text{O} \quad \downarrow \quad \text{R} \\ \quad \quad \quad \quad \\ \text{NH}_2\text{---CH---C---NH---CH---COOH} \end{array}$
Aminotripeptidase	"	8	$\begin{array}{c} \text{R} \quad \text{O} \quad \quad \quad \text{R} \quad \text{O} \quad \quad \quad \text{R} \quad \text{O} \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \\ \text{NH}_2\text{---CH---C---NH---CH---C---NH---CH---C---OH} \end{array}$
Prolidase	"	7.7	$\begin{array}{c} \text{R} \quad \text{O} \\ \quad \\ \text{NH}_2\text{---CH---C---N} \left\langle \begin{array}{l} \text{CH}_3\text{---CH}_3 \\ \text{CH---CH}_3 \\ \text{COOH} \end{array} \right. \end{array}$

一般而言，天然蛋白質也經變性 (Denaturation) 者，比原物質更易受水解，因為二次的結構(β-structure or Secondary structure) 多曲折，難於接受酵素的作用，一旦變性則分子間的H-bonding 多斷裂，分子構造較為擴散，酵素之可作用點增加，使蛋白質變性之正常原因，在體外為烹煮一然而過份長時間的煮沸將引起另外之結合 (Combination) 而不易受消化—在體內則為胃酸的作用。

其次我們說及蛋白或胺基酸之吸收，依以往的說法，胺基酸的吸收部位，僅限于小腸，胃壁上以及大腸是沒有吸收能力的，然而 Schubel 等以 S³⁵ 為標誌的蛋白給予動物後，測得 S³⁵ 的分布為11% 在胃壁，小腸有66%，大腸則有28%，由此實驗的結果，我們可知蛋白或胺基酸的吸收，主要的仍是在小腸中進行，但胃以及大腸中亦有，因此小腸的長度與胺基酸的吸收率有很大的關係，割去相當長

度的小腸後，蛋白或胺基酸的吸收率大大減少，但經五—六個月後仍然恢復到開刀前的狀況，這是由於保留部分的小腸的吸收效能增進之故，至於胃腸壁上胺基酸的吸收原理仍為一懸案，一般都認為可能仿碳水化合物以擴散方式，由腸壁作選擇性的吸收，所謂選擇性乃對立體構造而言者，L-Alanine 的吸收速度三倍於其D型異性，另外亦有主張胺基酸如同碳水化合物先經Phosphorylation後始受吸收者，但仍未明其真象，胺基酸經吸收後當即重現於血液中，但進食前後血液中以及尿中蛋白性氮或α-aminoacid 的濃度並無顯著的差異，其原因乃是胃有依血液中這些物質的濃度，以調節將胃中食物輸送到腸的速度，割去大半現胃的患若其蛋白吸收效果很差，原因不是胃的消化功能減弱而是胃失去控制輸出消化物的能力(5)。至於各種胺基酸的吸收速率，依Gibson Wiseman 的報告，各種胺基酸個別在狗體內受吸收的速率，有如下的結果：

L-Histidine	6
L-Valine	3.5
L-Phenylalanine	3
L-methionine	2.5
L-Lysine	1

然而，Nasset將上述五種胺基酸的等量混合物給予狗，每經一定段時間後即分別自十二指腸，空腸以及迴腸上、下部各取其內容，定量各種胺基酸，以明它們被吸收的速率，結果發現各胺基酸間的吸收速率並無多大的差異。繼着Nasset又以：

- (-)均勻地含有各種胺基酸的卵蛋白 Egg albumin
-
- (-)極端缺乏L-Tryptophane及 L-Lysine的不良蛋白玉蜀黍朮 (Zein)。
- (-)只以蔗糖與豬油相混的無蛋白飼料(Nonprotein diet)

三種飼料分別餵三隻狗，經1小時半後將之宰殺，分別自胃，十二指腸，空腸及迴腸上、下部等五處，取其內容，測所含胺基酸之量，其概略結果如下：

胺基酸	飼料中胺基酸分子數		以L-Threonin為1時各胺基酸的分子比率					
	E. A.	Z.	胃			空腸		
			E.A.	Z.	N.P.	E. A.	Z.	N. P.
L-Arg.	0.99	0.41	0.15	0.16	0.72	0.94	0.61	1.12
L-Hist.	0.44	0.44	0.05	0.05	0.35	0.27	0.31	0.32
L-I. leu.	1.62	2.21	1.55	0.85	0.55	1.08	1.63	0.73
L-Leu.	2.03	7.17	2.71	3.37	2.06	1.45	1.69	0.93
L-Lyo.	1.25	0.00	0.11	0.13	1.31	0.80	0.83	0.90
L-Meth.	1.64	0.61	0.30	0.07	0.31	0.22	0.28	0.16
L-Phe.	1.28	1.54	0.36	0.22	0.62	0.56	0.49	0.56
L-Thr.	1.60	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
L-Tryp.	0.21	0.02	0.11	0.02	0.38	0.15	0.10	0.16
L-Val.	1.55	1.02	1.76	0.66	1.59	1.11	0.84	0.97
L-Asp.	1.92	1.67	0.07	0.85	0.55	0.40	0.60	0.28
L-Glu.	3.08	7.17	1.65	0.25	1.69	1.17	1.47	1.58
L-Pro.	2.00	3.59	0.06	0.21	0.62	0.56	0.71	0.67
L-Ser.	2.29	2.91	1.08	0.47	0.97	1.54	1.30	1.30
L-Tyr.	0.63	1.14	0.12	0.13	0.77	0.40	0.37	0.46

上表表示：(1)以三種不同飼料餵飼的狗胃中，胺基酸的組成仍有很大的差別。(2)空腸中差異很小。(3)餵以無蛋白飼料的狗胃中亦出現胺基酸且其組成與其他兩者相似。

關於第一項，因為胃中的吸收甚微，故此結果並無多大矛盾，至於其他兩項則頗費解。似乎有攝食物以外的蛋白質介入；此外在我們的日常生活中，也有類似現象存在，即：體蛋白合成時，依常識當需要其組成胺基酸，無論在種類和數目上都齊

集，因此我們的攝食食譜應該每餐都符合能網羅體蛋白合成所必需的各種胺基酸的理想原則，事實上很多人清早僅喫食簡單的素食，午晚餐才吃蛋白豐富的葷食，與一般想像的理想原則出入甚大，然而却很少因此而顯出蛋白營養不良的結果。

對於以上所述實驗的和日常生活的“矛盾”現象。Nasset下了大膽的假設：即消化管內所增胺基酸，必定係體內消化液中的酵素分解所生成者，因而Nasset分析蛋白分解酵素，發現其與攝食食品

之等量混合物的胺基酸比率，恰與狗空腸內容成分大體一致，因此攝食食品後腸管所吸收者，除了食品成分外尚有酵素分解成分，正因此原因，所以吾人進食食譜雖未必全符合“應網羅體蛋白組成所需各種胺基酸”的原則，但仍不會呈現出蛋白營養不良現象，然而此一結果却又能導至另一矛盾原則；即“蛋白的良窳與營養價值並無密切關係！”事實上這是不可能的，因為吃食不良蛋白像 Zein 極端缺乏必需胺基酸 (Essential amino acid) 之一 L-Lysine 及 L-Tryptophan 一時，爲了體蛋白重合成蛋白分解酵素，可部分分解以彌補，所以身體並無敏感的營養不良現象呈現，不過這畢竟是短暫的現象因為蛋白消化酵素究竟也是由體蛋白來構成的這一現象與食蛋白不足時，由貯藏蛋白來補償的原理毫

無二致，因此長期吃食不良蛋白後消化酵素的生成量亦將受影響，因而腸內容物的胺基酸組成，也不能再維持各種體蛋白組成胺基酸均齊全的現象。至於對吸收胺基酸的選擇原理，仍爲不明。

參 攷 文 獻

1. Cannon P.R. et al : Science 119 578 (1954)
2. R.B.Fischer : Protein Metabolism .
3. J. R. Murlin : R. L Tombouliau H. B. Pierce. : Am.J.physiol 120 733 (1937)
4. 營養學 Hand book P.58 3—4
5. Everson. : Inter. Abstr. Surg 95 209 (1952)
6. Hisato Yoshimura : Protein Nucleic acid Enzyme. Vol. 7 No. 11 P.623—628 (1962)

(上接 P.32)

(4) 過濾後加糖或鹽出賣。

在整個過程中 boiling 的時間太短，而根據實驗改良豆漿的最簡單的方法是多費工夫繼續 boiling 一些時間，最理想豆漿該是 boiling 的時間在 4 小時以上者。

如求理想應該再做一次 in vivo 的 Animal Feeding Test，來配合並檢討這實際上的結果。

摘 要

1. 以 in vitro 的 Enzyme test 研究並檢討市販豆漿及豆漿粉中 antitrypsin 問題。
2. 在豆漿粉中 trypsin inhibitor 還是大部份未被破壞而存在。15lbs 25分鐘的蒸煮處理能破壞黃豆粉中 80% 的 trypsin inhibitor。
3. 與 Protein efficiency 合併考慮時，5 lbs 30分鐘的加壓蒸煮 (Autoclave 處理) 可能是改進黃豆粉營養價有效而適當的方法。
4. 在常壓空氣中要完全破壞黃豆漿中的 trypsin inhibitor，最少要繼續煮沸 4 小時以上。

參 攷 文 獻

- (1) Osborne, T.B. and Mendel, L.B.: Z. Physiol. Chem., 80; 399, 1946.
- (2) Osborn, T.B. and Mendel, L. B.: J. Biol. Chem., 32; 369, 1917.
- (3) Bowma, D.E.: Proc. Soc. Exptl. Biol. Med. 57; 139, 1944.
- (4) Kunitz, M.: J. Gen. Physiol., 29: 149, 1946, Ibid. 30; 291, 1947.
- (5) Westfall, R. J. and Hauge, S.M.: J. Nutr., 35; 379, 1948.
- (6) Folin, O. and Ciocalteu, V.: J. Biol. Chem., 73; 627, 1927.
- (7) R. Borchers, C.W. Ackerson, and R.M. Sandstedt, : Arch. Biochem. 12, 367. 1947
- (8) Clandinin, D.R., Cravens, W.W., Elochym, C.A. and Halpim, J.G.: Poultry Sci., 25; 399, 1946.
- (9) Parsons, H. T.: J. Home Econ., 35: 211, 1943.
- (10) Evans, R.J. and McGinnis J.: J. Nutrition, 31; 449, 1946.
- (11) M.L. Orr, and B.K. Watt, : Amino acid Content of Foods. 26; 1957.

本研究的經費由味全食品公司補助特地表示感謝。