

醫學院適用

生物化學

第二部 代謝化學

William Veale Thorpe 著

陳叔騏主譯

華東醫務生活社出版

普通高等教育

生物化學

第五版 普通化學
BIOCHEMISTRY
第五版 第五版

高等教育出版社

醫 學 院 適 用

生 物 化 學

第 二 部 代 謝 化 學

主 譯 陳 叔 騏
譯 者 王 明 運 趙 永 績

華 東 醫 藥 生 活 社 出 版

1 9 5 2 . 1 .

版權所有★不准翻印

一九五二年一月再版

生 物 化 學

第 二 部 代 謝 化 學

主 譯 陳 叔 騏

出 版 華 東 醫 藥 生 活 社

社 址： 上海淮海中路 1670 弄 12 號
濟 南 經 二 路 3 0 1 號

發 行 新 華 書 店 山 東 總 分 店

印 刷 華 東 醫 藥 生 活 社 印 刷 廠

原書名稱 Biochemistry for Medical Students

原 作 者 William Veale Thorpe

原出版者 J. & A. Churchill Ltd. LONDON

原出版日期 1947. 4th Ed.

(濟 南) 6001—10000

譯 者 序

本書譯自 William Veale Thorpe 所著生物化學第四版，其內容頗適合醫學生的需要，但有些地方不符合中國情況，尤其是營養部分，譯者除將其修改外，仍望讀者加以批判的吸取，在現在中文課本奇缺之情形下，本書尙有其應用之價值。

書中譯名大部均採用高氏醫學辭彙及北京大學生物化學系所擬之生物化學名詞草案，有些名詞是譯者自擬，譯者認為名詞只要能代表某一事物即可，無妨力求簡單，以便寫作和閱讀的方便。

本書分三部裝訂，另有合訂本，以便讀者選購。第一部是總論，包括組織成分及生物化學原理；第二部是代謝化學；第三部是營養及排泄。原書維生素一章在第二部，因與營養關係較密切，故移至第三部。書末附英漢名詞對照表，內註頁數，可作索引用。

本書係本人主譯，有幾章是本院生物化學實驗室助教及練習生同志所譯經本人校閱的，此數章之末均註明該章譯者。

譯者生物化學的經驗很少，本書又係突擊完成，內容難免有錯誤，即詞句也有不甚通順的地方，容再版時更正，更希望讀者多加批評提供意見，以便改正。

陳叔騏 於濟南白求恩醫學院
1950年11月20日

再 版 序

本書第一部和第二部現在再版，除詞句修改、錯誤更正、和排版次序有些變更外，內容大致照舊。

陳叔騏 1951年11月8日

目 錄

第 二 部 代 謝 化 學

第十四章	消化化學	151
	消化液	152
	唾 液	152
	胃 液	153
	胰 液	155
	腸 液	155
	胆 汁	155
	腸的反應	158
	腸內細菌的分解作用	159
第十五章	吸收化學(一般原則)	163
	吸收的機構	164
	大腸的吸收	166
第十六章	同位素在生化的應用	167
第十七章	醣的運用	170
	消 化	170
	吸 收	171
	中間代謝	172
	葡萄糖在肝臟的變化	173
	肝臟粉形成	174
	肝臟粉的分解	174
	肌臟粉形成	175

	肌臟粉分解.....	175
	葡萄糖之氧化.....	176
	胰島素和腎上腺素控制醣的運用.....	176
	糖尿現象.....	178
	醣在組織的運用.....	181
	肌臟粉分解的化學變化.....	182
	醣變脂肪.....	186
第十八章	脂質的運用.....	187
	消 化.....	187
	吸 收.....	188
	吸收的脂質如何送到血液.....	190
	脂質的中間代謝.....	190
	組織的脂質.....	191
	脂肪的氧化.....	193
	β 氧化.....	194
	生酮作用.....	196
	脂肪在肌肉內的運用.....	197
	胆醇的中間代謝.....	197
第十九章	蛋白質的運用(通論).....	198
	消 化.....	198
	吸收和運輸.....	199
	大分子的吸收的可能性.....	201
	蛋白質的中間代謝.....	201
	氨酸的分解.....	203
	脲的形成.....	204
	去氨作用.....	205
	含炭部分.....	206
	氮的產生.....	208
第二十章	蛋白質的運用(各種氨酸的代謝).....	209
第二十一章	蛋白質的運用(肌酸和核蛋白).....	217
	肌酸和肌酐的代謝.....	217

核蛋白、因和國的代謝.....	219
因代謝.....	220
國代謝.....	220
痛風.....	222
第二十二章 醣、脂肪和蛋白質之互變.....	223
醣的生化綜合.....	223
脂肪之生化綜合.....	223
蛋白質之生化綜合.....	224
第二十三章 鈣和磷的代謝.....	226
鈣的吸收.....	227
磷酸鹽的吸收.....	227
血鈣.....	228
血磷.....	228
骨的成分.....	228
牙的成分.....	229
骨和牙的鈣化.....	229
鈣化的化學.....	230
骨骼脫鈣.....	231
牙齒脫鈣（齦齒）.....	231
副甲狀腺素對鈣代謝的管制.....	231
第二十四章 礦質代謝.....	233
第二十五章 去毒作用.....	237
氧化.....	237
還原.....	237
結合作用.....	237
其他去毒反應.....	240
第二十六章 O_2 的運用和 CO_2 的排泄.....	241
氧在血液內的運輸.....	243

CO ₂ 在血液的運輸	244
氣體在肺和在組織的交換	248
肌色蛋白	249
細胞內氧的運用	249

第二十七章 激素化學 251

腎上腺激素	251
胰腺激素	253
副甲狀腺激素	254
甲狀腺素	254
各種垂體激素	255
性器官的激素	256
雄激素	256
動情激素	257
黃體激素	259
各種性激素之相互關係	259
抗激素	260
促癌經	261

附 英漢名詞對照表 1—19

第二部 代謝化學

第十四章 消化化學

(參考書 1, 5)

消化的目的：是把膠體或不溶解的高分子量物質，變為可溶的簡單物質；這些簡單物質可以彌散，或與他物結合成可以彌散的複合物。這種變化靠着消化道的各種水解酶，所以需能很少。澱粉經消化變為葡萄糖，蛋白質變為氨基酸，然後迅速吸收入血；脂肪分解成甘油和脂酸，甘油很容易彌散，脂酸則不能，要和胆鹽結合成可彌散的複合物才能吸收。

消化的功用：消化的主要目的，是變食物為能溶解、可彌散的物質，但其功用不限於此，體內的蛋白質、脂肪、醣和食物中的並不相同，但它們的構成單位是一樣的。將食物蛋白質變成組織蛋白質，必先把食物蛋白質分解成氨基酸，再把氨基酸重新結合成各種組織蛋白質；同樣，澱粉分解成葡萄糖，再合成糖粉；至於脂肪則改變很少，它分成甘油和脂酸後，再合成體內脂肪，體內脂肪和食物的脂肪相差有限，並且體內脂肪的成分，往往受食物脂肪的影響而改變。

消化可以促進某些簡單物質在體內的利用。譬如雙醣，不經消化也可以彌散，可以迅速吸收，但吸收後不能利用，原物排出；若經消化變成單醣，就可利用。

消化還能消除蛋白質的毒性：設取一種食物的蛋白質注入動物血管，常常發生劇烈中毒現象，但若先將其分解成氨基酸，中毒現象即可避免。

消化能去蛋白質的毒性，但消化脂肪反而產生有毒物，因大量酸——脂酸——注入血液是有害的，幸而脂酸入乳糜管後即再合成脂肪，毒性因之消除。

還有一個好處是消化能阻止食物吸收過速，以便使吸收的物質分配妥當，不致淤積發生不良影響。如果食物可以不經消化而迅速吸收，則食後不久即感飢餓，每天進餐次數必須增加。進食是一種享受，由於消化力的強大，飲食可以常改，能嚐各種滋味，正常人也許體會不到，消化道有病，飲食受限制的人就了解了。

消化酶： 分解食物的消化酶在以後討論食物在體內的運用時，要詳細講述。這些酶作用很強，使食物沒達到小腸下段，即可完全消化。任何一種食物經過消化道，都遇到很多種消化該食物的酶，反覆將它分解，一定能完全消化，決不能倖免。消化道的酶超過需要，即使把消化道的一部分截除，對消化也不致有什麼影響。此外酶的分泌量因飲食習慣而變更，如增加某一種食物，時間久了，消化該食物的酶即逐漸增加；相反地，如繼續減少某種食物，則該消化酶即逐漸減少。

消 化 液

消化的生理——如促進分泌的各種刺激和食物引起的蠕動——請參考生理書，現僅述其化學。

唾 液

唾液是由三對腺的分泌液混合而成，三腺的分泌量隨時不同，故唾液成分常有改變。唾液內大部分的粘蛋白由頰下腺而來，腮腺幾乎不分泌粘蛋白。各腺分泌量因食物和刺激而異，故每日分泌的唾液多少不同，大約 1,000—1,500 cc.。反應也有變化，大約在 pH 5.8—7.6 之間，平常多在 pH 6.4—7.1 之間，隨時改變，微酸性時較多，鹼性時較少。唾液成分因所受刺激而不同，含固體最低 0.3%，可高達 1.4%，如含固體 0.6%，則約有有機物 0.4%，無機物 0.2%。有機物主要為粘蛋白（0.3% 以上），唾液愈濃稠，粘蛋白愈多；此外還有少量白蛋白和球蛋白、唾液澱粉酶、脲、尿酸、及微量硫氰酸。

無機物的含量變化很大，即某一入分泌的唾液也隨時改變，下例僅供參考（以 mg./100 cc. 計）：

K 38, Na 26, Ca 8, Mg 1, HCO_3 60, Cl 50, PO_4 10。

唾液含澱粉酶可以消化澱粉，又粘蛋白有潤滑作用，使乾食物溼潤易於吞嚥。

唾液遇乙酸，其中粘蛋白成長絲狀沉澱。粘蛋白為酸性蛋白，在唾液內為其鉀鹽，水解產生硫酸粘液素。

唾液內之硫氰酸鹽很少，而且不是常有的，可能是由代謝產生的氰化物來的。硫氰酸鹽也許和吸煙有關係。

脲、尿酸、和鹽類大概是由血液彌散的，沒有特殊功用。氰化物為唾液澱粉酶的激劑。

唾液置久則散失 CO_2 ，致磷酸鈣和碳酸鈣沉澱而出，牙垢 (Tartar) 多半就是這個東西。

胃 液

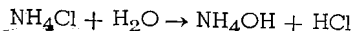
胃液是體內最酸的分泌液，其酸度由於 HCl 。自胃液腺分泌的液體含 HCl 約 0.55%，合 0.15 N，pH 0.9，總氣為 0.165 N。分泌液入胃腔後，酸度迅速降低，所以平常檢查胃內容物，酸度約合 HCl 0.15—0.25%。酸度的降低有幾個原因：(1) 唾液的粘蛋白是弱酸的鉀鹽，和 HCl 作用，變成 KCl 和鹽酸粘蛋白；(2) 唾液含水很多，將 HCl 沖淡；(3) 胃內粘液也能中和酸，空腹時胃液仍有少量分泌，此時靠粘液將其中和；(4) 食物蛋白質和 HCl 結合；(5) 有時還有由十二指腸回流的鹼性液。

除 HCl 外，胃液含固體約 0.55%，其中有機物約 0.4%，包括粘蛋白和酶 (胃蛋白酶，胃脂酶和胃凝乳酶？)。無機物主要為 Na 和 K 的氯化物 (氯化鉀稍多)，及少量 Ca 和 Mg 的磷酸鹽及硫酸鹽。

胃液分泌量不定，成人進普通膳食每日約分泌 2—3 公升。

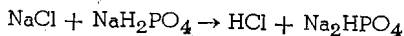
胃液 HCl 的來源： 由胃液腺分泌的純胃液，酸度恆定，相當於 0.15N HCl 。酸由壁細胞產生，而壁細胞是弱鹼性的，壁細胞如何產酸尚無滿意的解釋，下述的反應都是可能的：

(1) 弱鹼 (如銨) 的氯化物水解：



銨被吸收，剩下 HCl 分泌出去。這樣想法是因為在胃粘膜內銨的濃度相當高。

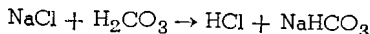
(2) 氯化鈉和酸性磷酸鹽作用：



以後 $\text{Na}_2\text{HPO}_4 + \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{NaHCO}_3$

重碳酸鹽由血取走，剩下酸性磷酸鹽可以再作用。

(3) NaCl 和碳酸作用：



有蛋白質參加，這反應可以進行，有人作過這實驗。

(4) 以杜南氏的膜平衡解釋：設在細胞內的蛋白質 R 和氯結合 (見 29 頁)：



平衡時，細胞外有強酸。

胃液分析：胃內容物很容易抽取，所以臨症常作胃液分析。由胃液分析能够知道游離 HCl 量，總酸量，有機酸和酶，又能知道有沒有胆汁回流，有沒有血，粘液是否過多，食物通過胃是否太緩慢等。抽取胃液，可先使病人吞入胃管，以後每隔些時由胃管抽取胃內容物（胃管是一支長而細的橡皮管，一端有洞，吞入後有洞處即在胃的最低處；另端接一注射器以便將內容物抽出；管吞入後即留在胃和食道，病人並不感覺多麼不舒服）。普通多在空腹時施行，先將胃內容物抽盡，再給以試驗餐（各分析法之試驗餐各不相同）；以後每隔一定時間，抽取胃液；將其旋離或以紗布過濾，取溶液分析之。現在只談要了解 HCl 分泌情況所須作的分析：胃分泌的 HCl，和食物（或粘蛋白）的蛋白質結合，又和 Na 或 K 等鹼相中和，剩下的才是游離 HCl。胃液常有些中性氯化物，食物和唾液也有一些。除 HCl 外其他酸很少（正常狀況時），但若 HCl 分泌減少（缺鹽酸症），則醣可被細菌作用，產生有機酸（如乳酸）；若 HCl 分泌正常則游離的 HCl 可以阻止細菌的作用，不致產生有機酸。這四種成分，即游離 HCl，鹽酸蛋白，氯化物和有機酸，可由下列四種分析求得：

（1）游離酸量：用合適的指示劑（陶氏試劑 Töpfer's Reagent 或麝藍），以 0.1 N NaOH 將標本滴定到 pH3 附近，此時鹽酸蛋白和有機酸才開始解離，僅將游離鹽酸滴定完畢，所用鹼量代表游離酸量。

（2）總酸量：將標本用 0.1 N NaOH 滴定到 pH9（用酚酞或麝藍作指示劑），此時酸完全解離，所以滴定結果是游離 HCl 和蛋白結合的 HCl 和有機酸。

（3）氯化物：將標本蒸發，烤乾，再以 0.1 N AgNO_3 和 KCNS 測量灰分中的氯化物。在烤時 HCl（游離的和與蛋白質結合的）散失，測定結果僅包括和 Na、K 等金屬結合的氯。

（4）總氯：先將標本用鹼中和以固定一切 HCl，然後照（3）處理。測定結果為游離 HCl 和蛋白結合的 HCl 加無機氯化物。

以上測定結果均以 0.1 N 酸的 cc. 數表示，由此計算各種成分：（1）是游離 HCl 量。（4）—（3）是游離 HCl 和蛋白結合的 HCl，即所謂活動 HCl（Active HCl）。由（2）減去活動 HCl 即為有機酸量。正常胃液有機酸極少，總酸量約 75 cc.，游離酸量約 50 cc.，即每百 cc. 有 0.1 N 酸 50 cc.，純胃液為 150 cc.，因為胃液被沖淡，一部分並被中和。

胃部消化時間：食物在胃消化的時間，因食物的性質和食量而異。普通膳食在進食後四小時左右就完全通過胃，如吃的太快咀嚼不夠、吃脂肪過多、劇烈勞動或感情衝動都能使胃液分泌不夠，作用減低，延長在胃的消化時間。

胃的消化有限得很。它的作用主要是使食物變成較均勻的半液體的食團，使

其溫度合適，慢慢送入小腸。食物通過胃後，受胰液、胆汁和腸液的作用。

胰 液

胰液是弱鹼性的清液，pH 約為 8.0。含固體約 1.8% (包括 HCO_3^-)；0.6% 為有機物，包括蛋白質，酶（胰蛋白酶元，胰糜蛋白酶元，羧基酶，脂酶，澱粉酶，麥芽糖酶），及其他有機物質；無機物約佔 1.2%，主要為 Na^+ 、 Cl^- 與 HCO_3^- 及少量 K^+ 、 Ca^{2+} 及 HPO_4^{2-} 。每百 cc. 胰液的總鹼量約相當於 0.1N 160cc.，其中約有一半成為氯化物，另一半成為重碳酸鹽。每百 cc. 胰液約含 0.7g. (=80cc. 0.1N) NaHCO_3 ，以中和由胃來的 HCl 。胃分泌液的酸相當於 150cc. 0.1N (每百 cc. 胃液)，在胃內被粘液和食物沖淡並中和後，變成相當於 75cc. 0.1N 的酸。胰液的中和能力和胃內容物至少相等，才能把剩餘的酸完全中和。

腸 液

腸液以十二指腸粘膜分泌最多，愈往小腸下端分泌愈少。成分和胰液相似，約含固體 1.5%，其中約 1% 為無機物，其餘主要為酶和蛋白質。無機物中 NaHCO_3 及 NaCl 各佔一半。pH 在 7.7 附近。胰液和腸液很相似，只是含的酶不同，腸液內的酶種類很多，量也大；除纖維素外，凡普通食物中一切複雜的成分全能被腸液的酶所分解，計有腸注酶（為多肽酶 + 雙肽酶）、乳糖酶、麥芽糖酶、蔗糖酶、脂酶、磷解酶、核酸酶、核苷酸酶、核苷酶、澱粉酶和蛋白酶。還有一個很重要的腸激酶，它能激動胰液的胰蛋白酶元。

除腸液外，腸粘膜還有另外一種分泌，量很少，但是繼續不斷，含酶極少，含粘蛋白最多。

胆 汁

肝細胞不斷製造胆汁，送入胆囊，在胆囊成分改變：(1) 加入粘蛋白等物質，(2) 水，重碳酸鹽和氯化物重吸收。肝胆汁，鹼性，含水約 98%；胆胆汁近中性，有時為酸性，約含水 89%，下表（根據 Harrison，見參考書 3）為人的肝胆汁和胆胆汁的成分（以百分計）。

胆胆汁為金黃色或褐黃色或橄欖綠色，以所含各胆色素的量而定，為粘稠液，有苦味及特嗅。無機物多為 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 等鹼基，及 Cl^- 、 HCO_3^- 等酸基。每百 cc. 肝胆汁的總鹼基量約相當於 170cc. 0.1N NaOH ，胆胆汁可達 300 cc.。胆汁（尤其是胆胆汁）中的酸幾乎都是胆汁酸（Bile Acids）。

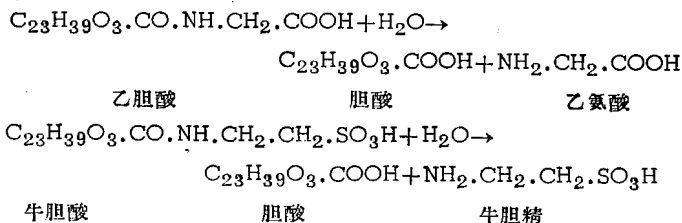
*根據 Florey：腸液內僅澱粉酶和腸激酶是一定有的，其他酶均由腸粘膜細胞破裂得來。

人的胆汁的成分(平均值)

成 分	胆 胆 汁	肝 胆 汁
水	89.0	98.0
固體	11.0	2.0
無機物	0.8	0.75
胆鹽	6.0	0.72
粘蛋白及色素	3.0	0.4
胆礫	0.38	0.06
脂肪, 脂酸等	0.82	0.07

胆色素(胆綠和胆紫): 由血色蛋白分解而成, 在血液一章中討論(見140頁)。

胆鹽: 胆汁內最有用的成分是胆鹽, 胆汁幫助消化和吸收, 即由於胆鹽。以前認為胆鹽是兩種酸的鹽即**乙胆酸**(Glycocholic Acid)和**牛胆酸**(Taurocholic Acid)的鹽, 現在知道這些酸是幾種相似的酸, 不是單純的酸, 現在仍沿用舊名代表某一類的酸。人的胆汁中乙胆酸最多, 約為牛胆酸的三倍, 牛胆酸在某些食草動物的胆汁中最多。胆汁中這些酸的鹽都是右旋鈉鹽, 水解產生**胆酸**(Cholic Acid)和**乙氨酸**或**牛胆精**(Taurine), 二者由甬連合相接。**胆汁酸**水解的變化, 表示如下:



人的胆汁中的胆酸是飽和的胆基酸(Cholanic Acid)的羥衍化物。

胆酸(Cholic Acid) 3,7,12-叁羥胆基酸

去氧胆酸(Desoxycholic Acid) 3,7-雙羥胆基酸

人去氧胆酸(Chenodesoxycholic Acid) 3,12-雙羥胆基酸

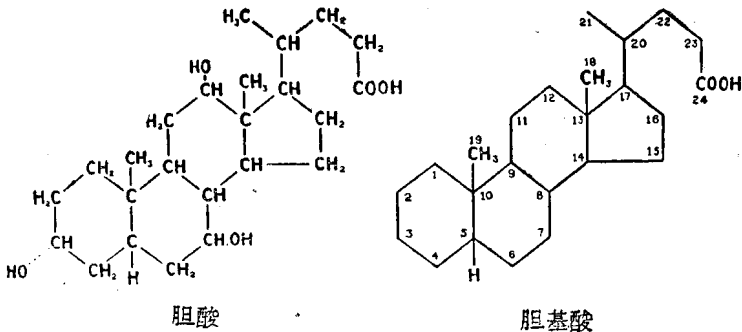
胆石酸(Lithocholic Acid) 3-羥胆基酸

各種動物的胆汁, 尚有其他叁羥或雙羥胆基酸。

下面有胆基酸的分子式附有標號，其與胆醇的關係見68頁。體內胆基酸的來源還不清楚，是否由胆醇變來亦無確證。可能由肝細胞製造；肝受損傷則胆鹽的分泌減少。

胆酸減低表面張力的力量很強，能幫助脂肪乳融，但更重要的是能與很多不溶物質形成可溶物（34頁），這作用以去氧胆酸最顯著。像脂酸、酚類、高級醇、樟腦、萘酚等都能和去氧胆酸作各種比例的結合，成為各種**胆合酸**（Choleic Acids），如硬脂酸胆合酸（Stearic Acid-Choleic Acid）。胆合酸溶於水，在 pH 6 時仍然能溶解。這樣使不溶解的脂酸、胆醇、脂溶性維生素、藥劑（如胃鹼）等變為可溶、可彌散的物質，能够吸收，胆醇能溶於胆汁即因此故。有時胆囊內有胆石形成，胆石大都含胆醇，有的胆醇成分很高，可高到97%，此時胆汁所含胆酸和胆醇的比例常少於8：1；正常胆汁中二者的比例超過此數，胆酸少，胆醇不易溶解而沉澱成結石。

胆酸的分子式：



胆汁的功用： 胆汁在消化和吸收過程中有很多功用：

- (1) 胆汁酸和不溶物形成可溶的胆合酸，這樣很多不溶的有用物質能够吸收。
- (2) 胆汁酸促使脂肪溶解，以便脂酶發揮作用，幫助吸收。
- (3) 胆鹽減低表面張力，促使脂肪乳融。
- (4) 胆鹽是脂酶的激劑。
- (5) 胆鹽在小腸重吸收，又送到肝臟，刺激胆液的再分泌（利胆作用 Cholagogue Action）。

(6) 胆汁的鹼基是中和由胃來的 HCl 的主要物質。胆汁內的大量鹼基是和弱酸結合的(爲重碳酸鹽和胆鹽)，所以胆汁雖是中性甚至酸性，它仍能有效地中和強酸(似緩衝劑)。

(7) 有些物質藉胆道排泄，如胆色素、某些藥物、毒素、銅、鐵、鈣、及某些無機鹽。胆汁內的胆固醇和其他脂質也是排泄物。

(8) 胆汁刺激腸蠕動(有人反對此意見)。

(9) 缺少胆汁對消化有嚴重影響，尤其是脂肪的消化，由上述(1)(2)(3)(4)即可了解。脂肪如未消化則包圍其他食物顆粒，減少酶的接觸面，可見胆汁對一切食物的消化都很重要，缺乏則一般消化全受阻礙。有人認爲缺少胆汁，大腸腐敗作用增加。

每人每日分泌胆汁 500—1200cc.。

腸 的 反 應

由上述可知胃酸被下列物質中和：

(1) 唾液和胃粘膜所含的粘蛋白。

(2) 食物中的蛋白質及其他物質。

(3) 胰液、腸液和胆汁所含的鹼。

(4) 上述液體的蛋白質。

這些物質的中和能力不能用數字表示，因爲在純生理狀況測量是極端困難的，所有發表的數量都是在非生理狀況下測得的，但是由腸內容物的 pH 可以知道它們的作用。一般以爲脂肪變肥皂再吸收，認爲腸內容物是鹼性，是不對的，人的腸內容物的反應常是酸性，pH 在 4.5—7.9 之間；其他哺乳類，齧齒類及鳥類也差不多；比 pH 7 還鹼的情形很少。酸性由於弱酸而非鹽酸，可見腸分泌液是用來中和鹽酸，並不是使腸內容物變成鹼性，僅在鹼性液的分泌地點附近呈現鹼性。有些食物在消化時放出酸來，如脂肪水解產生脂酸，磷脂和磷蛋白產生磷酸，粘液蛋白產生硫酸。脂酸要在 pH 8 以上才能成爲肥皂，像腸液的酸度，決不可能有肥皂產生。

正常狀況，食糜在小腸停留 4—6 小時。如食物含有增加蠕動的物質(如吃水果很多)，則停留時短，而消化和吸收不完全。