

百科小叢書

生理化學

劉貽德編著

王雲五主編

商務印書館發行

百科小叢書

生 理 化 學

劉貽德編著

王雲五主編

商務印書館發行

赫 序

Je crois que les éléments de Chimie physiologique publiée par M. Lieou J-té sont appelés non seulement à rendre service aux étudiants en médecine, mais ils les intéresseront eux et ceux qui ont une culture générale

Nous ignorons ce qu' est la vie et nous ne la connaissons que par ses effets, assimilation, desassimilation, absorption etc. L'étude de ces phénomènes intéresse donc non seulement le médecin mais le biologiste qui veut étudier plus profondément les manifestations de la vie dans le monde actuel.

Nous souhaitons à cet ouvrage de se répandre dans tous les milieux cultivés et spécialement chez les étudiants en médecine.

J. Hernault

目次

第一章	緒論	1
第二章	無機鹽	3
第三章	氣體	7
第四章	脂肪	10
第五章	碳水化合物	16
第六章	蛋白質	25
第七章	酵素	41
第八章	血液	43
第九章	組織	60
第十章	膽汁	68
第十一章	唾液	78
第十二章	胃液	81
第十三章	胰液	87
第十四章	腸液	92
第十五章	尿	94

生理化學

第一章 緒論

(一)生理化學 化學家拉瓦錫(Lavoisier)說過:生命者繼續不停之化學現象耳 (La vie n'est qu'un ensemble de phénomènes chimiques continus.) 生理學乃研究生命現象之科學,對於生命基礎的化學有極密切的關係,尤其關於營養方面的生理,差不多時時刻刻都要用到化學;所以在研究生理以前,對於化學非有相當的認識不可。但是化學的範圍非常廣大,與生理學有密切關係的只其中一部份而已,研究這一部份化學的科學便是生理化學(chimie physiologique)。

(二)構成原形質的元素 原形質 (protoplasme) 是生命的基礎物質,原形質的活動便是生命的表現;原形質的停止活動便是死的表示。因為不停止的活動,所以關於牠的構造很難有精確的決定。構成原形質的元素有碳、氫、氧、氮、硫、磷、氯、碘、氟、矽、鉀、鈉、鈣、鎂、鐵、等十五種,這十五種元素都是最易見的普通元素,所值得注意的便是牠們的原子量(poids atomique)。

這許多元素的原子量大都很小，在門特列夫(Mendelejeff)週期表裏面多是位在最前幾列。下表便指示此等元素在門氏週期表所佔的位置。

1	H=1							
2	Li=7	Be=9.2	B=11	C=12	N=14	O=16	F=19	
3	Na=23	Mg=24	Al=27	Si=28	P=31	S=32	Cl=35.5	
4	K=39	Ca=40	Sc=45.1	Ti=48	V=51	Cr=52.4	Mn=55	Fe=56 Ni=58.8 Co=58.8

原子量的大小對於生理上又有什麼關係呢？據愛海拉氏(Leo Errera)的意思是：原子量愈小的元素比熱也愈大，並且又大多為熱與電的不良導體 (dulong et petit, regnault, kapp, marignac)；如果原形質的比熱大，對於溫度的變化便更易於適應。此外，凡原子量較小的元素所結合成的分子多易為熱所分解，原形質的所以不穩定，對於原子量的大小不能說全無關係。

各種元素以不同的分量和方式互相結合，構成無機鹽，脂肪，蛋白質……種種化合物。由這許多化合物互相混合，構成生命基礎的原形質，構成組織，構成器官，構成整個體軀。以下再分章述明。

第二章 無機鹽

第一節 無機鹽之分佈狀況

氯化物 人體內氯化物有 NaCl , KCl , NH_4Cl , CaCl_2 等多種, NaCl , KCl , 最爲普通, 任何組織皆含有少許, NH_4Cl 比較少見, CaCl_2 爲骨塊與齒牙特有, HCl 則存在胃液內。

二氟化鈣(CaF_2)存在骨塊及齒牙內, 齒罩 (emaille) 含量最多。

硫酸鹽 有 Na_2SO_4 , K_2SO_4 , CaSO_4 等數種, 多數組織與體液皆各含微量。

磷酸鹽 尿內有 H_2NaPO_4 , 其他組織及體液多含 HNa_2PO_4 , HK_2PO_4 , $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, MgNH_4PO_4 存在骨塊齒牙內。

矽酸鹽 毛髮含有微量

無機鹽之存量隨組織而異, 茲將各種組織與體液所含之無機鹽與水之百分數列表如後:

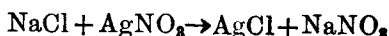
類	別	水	份	無	機	鹽
唾	液	99.5		0.2		
胃	液	99.4		0.3		
水	狀	98.7		0.77		
玻	璃	98.6		0.88		
	汗	98		0.7		
	尿	95		1.5		
關	節	滑	液	93-95		0.9
胰	液	(犬)		90		0.8
血		漿		89		0.85
乳		(人)		88		0.2
膽		汁		85-88		0.7
腦		(皮質)		83		0.5-1
肌		肉		75		1
腦		(白色物質)		69		0.5-1
肋	軟	骨		67		2
水	晶	體		64		0.75
紅	血	球		60		0.7
	骨			11-14		55-60
齒		罩		3		96.4

第二節 幾種主要無機鹽之性質及其定量分析

(一) 氯化物 氯化鹼金屬 (NaCl, KCl, NH₄Cl 等) 與氯化鹼土金屬 (CaCl₂, BaCl₂ 等) 均溶於水, 一百份水於十五度時可溶氯化鈉三十六份, 氯化鉀三十三份, 於一百度時, 可溶氯化鈉四十份氯化鉀六十份。氯化鈉與氯化鉀均不溶於純酒精。

於氯化物之水溶液內加硝酸少許，使呈酸性反應，再加硝酸銀，則得氯化銀之白色沉澱。氯化銀不溶於硝酸，但溶於氨溶液，遇光便變為黑色。

氯化物之定量分析 將組織乾燥再灼熱後，取其餘灰摻入開水，使氯化物溶解，復過濾之，除去不溶解之殘滓。於濾液內加硝酸微量，使呈酸反應，再加硝酸銀至沉澱完全為止，將沉澱濾出，並洗滌之，洗滌完全後，放入坩堝燒灼。一部份氯化銀與濾紙之碳素作用，還原為金屬銀，故於燒灼終了，坩堝放冷後，加硝酸一滴，使金屬銀化為硝酸銀，再加鹽酸一滴，使硝酸銀沉澱為氯化銀，然後徐徐加熱，驅除過剩之硝酸與鹽酸。知氯化銀之重量則氯化物可按照下列反應而推求之。



(二)磷酸鹽 磷酸鹼金屬鹽可溶於水而不溶於酒精，磷酸鈣既不溶於水又不溶於酒精，但溶於鹽酸或醋酸，磷酸鐵(PO_4Fe)不溶水亦不溶於醋酸，但溶於鹽酸，

磷酸鹽之定量分析 取組織之餘灰溶入鹽酸(0.5%)徐徐加熱，但不能使之沸騰。放冷後加多量之 NH_4Cl ， NH_4OH ， MgCl_2 ，至沉澱完全為止。所得沉澱用稀氨溶液洗滌(濃氨溶液一份，蒸餾水二份)。洗滌完全之沉澱經乾燥而入坩堝燒灼。

燒灼完全後，放冷而稱其重量，所得者為 $P_2O_7Mg_2$ 。 $P_2O_7Mg_2$ 一克(gramme) 約合 H_3PO_4 0.86485 克。

(三) 硫酸鹽 K_2SO_4 , Na_2SO_4 , $CaSO_4$ 皆易溶於水，不溶於酒精。當組織燒灼之際，有機物分解，放出碳素，碳素與硫酸鹽作用，使分解為硫化物(CaS , Na_2S , ……)。故於燒灼終結時，應加硝酸數滴，使還原為硫酸鹽。

硫酸鹽之定量分析 取組織餘灰之溶液，加醋酸或鹽酸少許(0.5%)使成酸性反應；若溶液內有碳酸鹽，則生二氧化碳，故注入醋酸或鹽酸時，應徐徐進行，免生泡騰。次加多量氯化鉍，得白色之硫酸鉍沉澱。初生之硫酸鉍為極細之粉粒，常透過濾紙，故須隔水熱之，約一二小時，使結成較粗之粉粒，然後再行濾過。沉澱先用鹽酸或醋酸(1⁰/₁₀₀)洗滌，次用開水洗滌，洗滌完全後，乾燥而燒灼之。因燒灼關係，濾紙之碳素與硫酸鉍作用，使還原為硫化鉍，故燒灼終結前，加硝酸數滴，然後再經第二次之燒灼，驅除過剩之硝酸。知硫酸鉍之重量可推知硫酸，硫酸鉍一克合硫酸 0.4205 克

(四) 碳酸鹽 動物組織含碳酸鹽較少，所見者又多為碳酸鹼金屬鹽，溶於水，不溶於酒精，與酸類作用則放出二氧化碳，知二氧化碳之重量，則碳酸鹽可推而定之。

第三章 氣體

任何體液（血液、淋巴……等）都溶有氧、氮與二氧化碳三種氣體。提取這三種氣體的簡便方法有真空與沸騰兩種。欲知所得氣體之容積，應備玻璃刻管一枝，汞槽一只。將玻璃管充滿水銀倒插汞槽內，水銀下降，管之上部遂成真空，將取得之氣體由管之下端導入，將玻璃管下按，使管內水銀面與管外水銀面相平，此時管內氣體施於水銀面之壓力與管外大氣壓力相等。設 V 為管內氣體之容積， H 為大氣之壓力， T 為實驗時之溫度， F 為水蒸氣在 T 度時之最大壓力（tension maxima）， α 為氣體之膨脹係數（ $\alpha = 0.003665$ ），則當大氣壓力為 760 毫米（milimètre）水銀柱，溫度為 0° 時應佔之容積為：

$$V_0 = V \times \frac{1}{1 + \alpha T} \times \frac{H - F}{760}$$

V 為氧、氮、二氧化碳三種氣體之總共體積，如欲求三種氣體之分別容積可依下法進行：

用彎曲之玻璃管或注射針由刻管之下端注入氫氧化鉀

(7-8%)O·三至O·五立方厘米(Cm³)。輕輕振動刻度管，使二氧化碳被氫氧化鉀吸收，吸收完全後，所餘氣體容積 V' 爲氧與氮之總共容積。

$$V_0' = V' \times \frac{1}{1 + \alpha T} \times \frac{H - F}{760}$$

次由刻管下端注入焦性沒食子酸少許，焦性沒食子酸與先前注入之氫氧化鉀化合，形成焦性沒食子酸鉀，爲氧氣之吸收劑。待氧之吸收完全後，刻管內所存在僅氮矣，設爲 V'' 則 V_0'' 應爲：

$$V_0'' = V'' \times \frac{1}{1 + \alpha T} \times \frac{H - F}{760}$$

氮之體積爲 V_0''。氧之容積爲：

$$V_0' - V_0'' = (V' - V'') \times \frac{1}{1 + \alpha T} \times \frac{H - F}{760}$$

二氧化碳之容積應爲：

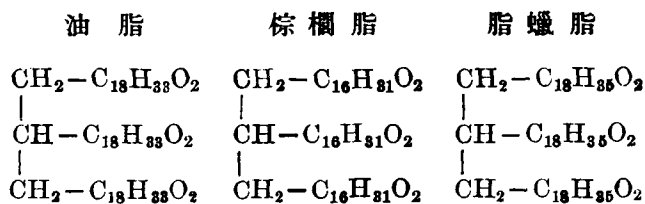
$$V_0 - V_0' = (V - V') \times \frac{1}{1 + \alpha T} \times \frac{H - F}{760}$$

附表：水蒸氣之最大壓力（單位：毫米水銀柱）

溫 度	壓 力	溫 度	壓 力	溫 度	壓 力
-10	2.15	31	33.4	68	214
5	3.16	32	35.3	69	223
4	3.40	33	37.4	70	233
3	3.67	34	39.5	71	244
2	3.95	35	41.8	72	254
-1	4.25	36	44.1	73	265
0	4.57	37	46.7	74	277
+1	4.91	38	49.2	75	289
2	5.27	39	52	76	301
3	5.66	40	54.9	77	314
4	6.07	41	57.9	78	327
5	6.51	42	61	79	340
6	6.97	43	64.3	80	354
7	7.47	44	67.7	81	369
8	8.0	45	71.4	82	385
9	8.5	46	75.1	83	400
10	9.1	47	79.1	84	416
11	9.8	48	83.2	85	433
12	10.4	49	87.5	86	450
13	11.1	50	92.0	87	468
14	11.9	51	96.7	88	487
15	12.7	52	101.5	89	506
16	13.5	53	106.7	90	525
17	14.4	54	112.0	91	546
18	15.3	55	117.5	92	567
19	16.3	56	123.3	93	588
20	17.4	57	129.3	94	611
21	18.5	58	135.6	95	634
22	19.6	59	142.1	96	657
23	20.8	60	148.9	97	682
24	22.1	61	156.0	98	707
25	23.5	62	163.3	99	733.2
26	25	63	170.9	100	760
27	26.5	64	178.9	101	787.7
28	28.1	65	187.1	102	816
29	29.7	66	195.7	103	845
30	31.5	67	205	104	875

第四章 脂肪

脂肪爲脂酸(acides gras)與甘油(glycerine)形成之化合物，因脂酸種類之不同而其名稱亦各異；其由棕櫚酸(acide palmitique)形成者曰棕櫚脂(tripalmitine)；由脂蠟酸形成者曰脂蠟脂(tristéarine；脂蠟酸 acide stéarique)；由油酸形成者曰油脂(trioleine, 油酸 acide oleique)。



動物組織之脂肪多爲油脂，棕櫚脂，脂蠟脂之混合體，(油脂，棕櫚脂，脂蠟脂具爲三分子油酸，或脂蠟酸或棕櫚酸與一分子甘油之化合物，總稱曰甘油酯 glycérides (此外混合甘油酯(glycerides mixtes)亦常見於動物脂肪內，如一棕櫚二脂蠟脂(distéaropalmitine, 一分子棕櫚酸，二分子脂蠟酸與一分子甘油化合而成)一脂蠟二棕櫚脂(dipalmitino

stéarine) 等均是。酪脂 (ether tributyrrique de glycerine 三分子酪酸與一分子甘油共成之化合物) 與纈草脂 (ether trivalérianique de glycerine) 亦時常可以見到。

油脂於常溫時爲液態, 非冷至 0° 以下不能凝固; 棕櫚脂與脂蠟脂於常溫時都爲固態, 棕櫚脂之溶點爲 62° , 脂蠟脂爲 $71^{\circ}.5$, 因此三種物質混合比例之不同, 脂肪之溶點亦隨而變化。

第一節 脂肪脂酸與肥皂之性質

(一) 脂肪之性質 傾液狀之脂肪於清水內, 攪拌之, 脂肪分爲細滴浮懸水中, 呈乳白色, 狀與乳汁相似, 故曰乳濁液 (emulsion); 此種乳濁液不能持續, 設靜置稍久, 則脂肪細滴重行結合, 而飄浮水面, 是謂不穩定乳濁液 (emulsion instable); 設用氫氧化鈉 ($2^{\circ}/_{\infty}$) 或碳酸鈉 ($2^{\circ}/_{\infty}$) 等鹼性溶液與脂肪攪拌, 所得乳濁液可以持久, 是謂穩定乳濁液 (emulsion stable)

脂肪不溶於水, 但溶於醚, (ether) 哥羅仿, (chloroforme) 與安息油 (benzène) 等。在動物體內或體外, 脂肪均可氧化而產生 CO_2 與 H_2O , 氧化時所吸收之氧氣的容積恆大於放出之二氧化碳的容積, 故二氧化碳之容積與氧之容積之

比恆小於一($\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} < 1$)，此種比數在生理學上稱做呼吸商數 (quotient respiratoire) 脂肪之呼吸商數為 0.7

脂肪與氫氧化鈉之水溶液共熱，分解為脂酸與甘油，脂酸復與氫氧化鈉作用，形成脂酸鈉，凡類此之分解作用皆統稱曰鹼化 (saponification)，由鹼化而得之脂酸鹽概稱肥皂 (savon)。

甘油 $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ 或 $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CHOH}-\text{CH}_2\text{OH}$ 為無色之液體，不溶於醚，亦不溶於哥羅仿，但溶於水或酒精，此點適與脂肪相反。甘油經高熱之作用，失去二分子水，變為丙烯醛 (acroleine) $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CHO}$ 有特殊之氣味，甚易區別。

(二) 脂酸之性質 棕櫚酸，油酸脂蠟酸均不溶於水，而溶於酒精，醚，哥羅仿，安息油等，液態脂肪亦為脂酸溶媒之一；含有游離脂酸之脂肪所成之乳濁液，多較不含脂酸者穩定。

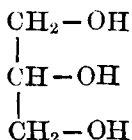
油酸溶點為 14° ，棕櫚酸為 62° ，脂蠟酸 72° ，脂酸與 KOH ， NaOH ， Na_2CO_3 ， K_2CO_3 等作用，均有肥皂產生；而甘油酯則僅能與 KOH ， NaOH 等作用而產肥皂，但不能與碳酸鹼金屬鹽發生鹼化作用，此為脂酸與甘油酯之最大區別。

(三) 肥皂之性質 脂酸與鹼類共熱，產生鹼金屬皂，溶於水或酒精，不溶於醚與哥羅仿，適與脂肪相反。鹼金屬皂不溶

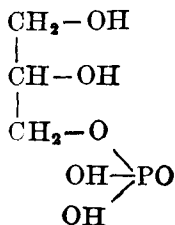
於氯化鈉或硫酸銨，故其水溶液若為氯化鈉或硫酸銨飽和時，生肥皂之沉澱。鹼土金屬皂不溶於水，不溶於酒精，亦不溶於醚。油酸鉛可溶於醚，而棕櫚酸鉛與脂蠟酸鉛均否，如欲使油酸與棕櫚酸或脂蠟酸分離，可先使其為油酸鉛，而後用醚之溶解法以分離之。

第二節 卵黃素(Lécithine)

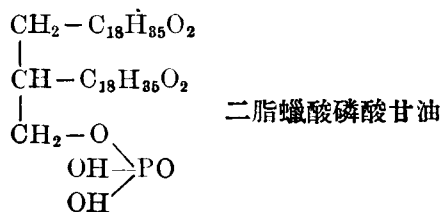
卵黃素為一種含有磷質之脂肪，亦稱卵磷脂。肝細胞，卵黃與神經組織含量最多。為甘油，磷酸，脂酸與膽汁鹼(choline)共同合成之化合物。甘油之構造式為。



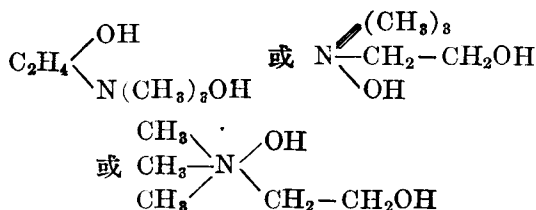
設其中一氫氧基為磷酸置換，遂得



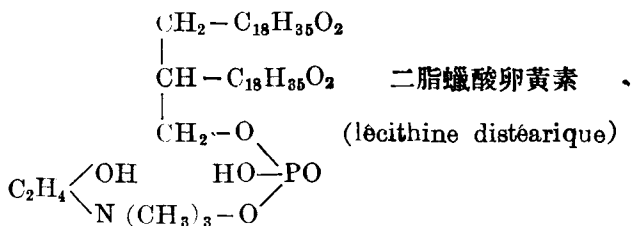
是為磷酸甘油(acide phospho-glycerique);又設另餘二氫氧基為脂酸置換,則得二脂酸磷酸甘油(設為脂蠟酸),



膽汁鹼之構造式為



設其氫氧基為二脂酸磷酸甘油所替,所得便為一種卵黃素,



隨脂酸之不同,遂有二油酸卵黃素, (lécithine dioleique) 二棕櫚酸卵黃素與二脂蠟酸卵黃素之分; 動物組織之卵黃素多

屬二脂蠟酸卵黃素。

卵黃素遇水膨脹，不溶於酮 (acétone)，溶於哥羅仿，安息油，醚或醇醚之混合液；其他脂肪多溶於酮，故用酮之溶解法可使組織中之脂肪與卵黃素分離。卵黃素經燒灼所殘留之灰滓概呈酸性(磷酸)。故欲證組織之有無卵黃素，可視其有無溶於醇醚混合液而不溶於酮之物質；並視燒灼後其灰滓是否為酸性以決定之。

第三節 脂肪素與似脂體

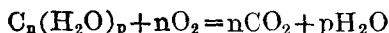
(一)脂肪色素 純粹之脂肪，脂酸與肥皂，俱為無色之化合物，但組織內之天然脂肪多為黃色或淡紅色(鳥卵之卵黃)；此因其中有一種色素存在，名曰脂肪色素(lipochrome)，其構造如何，至今尚無確實之決定。

(二)似脂體 似脂體在生理學上之定義為：凡存於原形質內而可溶於醚之物質皆曰似脂體(lipoides)。按照這條定義，似脂體包含着甘油酯，磷脂膽固醇(cholesterine)等等的及其他一切可溶於醚而構造尚未明瞭之物質。

第五章 碳水化物

碳水化物(hydrates de carbone)爲氫、氧、碳、三種元素構成，因氫氧之比與水之組成相同，故有碳水化物之稱。其分子式常由 $C_n(H_2O)_p$ 代表，但此種表示法僅爲便利而設，對於碳水化物之真實構造並無意義，且易與其他化合物相混〔例如醋酸亦可作 $C_2(H_2O)_2$ 〕，故宜少用之。

無論在動物體內或體外，碳水化物之氧化結果概爲二氧化碳與水之生成。



氧化時所需要之氧氣與放出之二氧化碳的容積之比恆等於一，故碳水化物之呼吸商數爲一。 $\frac{CO_2}{O_2} = 1$ 。

碳水化物之學名曰醣，醣分三類：

(1) 單醣類(monosaccharides) $C_6(H_2O)_6$

(2) 式醣類(disaccharides) $C_{12}(H_2O)_{11}$

(3) 多醣類(polysaccharides) $C_6(H_2O)_5$

第一節 單醣類

在生理學上應特別注意之單醣有葡萄糖，果糖與分解乳糖三種。

(一)葡萄糖(glucose) 溶於水或酒精，不溶於醚。一百份水於十五度可溶葡萄糖八十份。一百份純酒精於十五度只溶葡萄糖二份。葡萄糖之水溶液與稀酸(HCl 5%)不發生變化，但與稀鹼(KOH5%)共熱則必破壞。葡萄糖有三種特性，為習生理者不可不知：(1)葡萄糖為右旋性(dextrogyre)故亦稱右旋糖(dextrose)；(2)葡萄糖為還元劑，能使金銀等金屬自其鹽類溶液沉澱而出；(3)葡萄糖遇麥酒酵母可以發酵。

所謂右旋性者，即使極化光(lumière polarisée)向右旋轉之謂也。葡萄糖之旋光角(pouvoir rotatoire spécifique)為 $[\alpha]_D = +52^{\circ}.6$

設加氫氧化鈉於葡萄糖溶液(葡萄糖溶液一份加氫氧化鈉三〇%二份)，再加氫氧化鉍，氫氧化鉍受葡萄糖還元，析出黑色之金屬鉍，是謂鮑特舍(Böttger)氏還元反應。生理化學上最常用作表現葡萄糖還元作用之試液為費林試液(liqueur de Fehling)

費林試液為硫酸銅，酒石酸鉀與氫氧化鈉合成，呈藍色，與葡萄糖共熱，析出氧化二銅之紅色沉澱。若葡萄糖夠量，靜置

之，氧化二銅之沉澱降至皿底，上層爲一層無色之液體（因氫氧化鈉與葡萄糖共熱結果，有時亦呈黃色），是爲試液還原完全之指示；設葡萄糖不夠，上層液體仍爲藍色。簡單言之（雖然不十分正確）被還元之費林試液與所加之葡萄糖爲正比例，葡萄糖愈多，則被還原之試液亦愈多。依據此點，故費林試液可用作葡萄糖之定量分析。

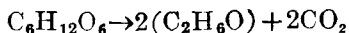
費林試液之配法：（1）將 34.65 克硫酸銅溶入 200c.c. 蒸餾水內。（2）137 克酒石酸鉀（tartrate de potassium）溶入 480c.c. 苛性鈉 12%（密度一·一四）之水溶液。將（1）（2）二液互相混和，並加蒸餾水，合成一升（溫度 15° ）。照此法配製之試液 10c.c. 可由葡萄糖 0.05 克完全還原（費林試液不甚穩定，故宜於用時配製）。

葡萄糖之定量法 假設費林試液 10c.c. 爲○·○五克葡萄糖完全還原（試液由藍色轉爲無色即爲還原完全之指示）；又設濃度未知之X葡萄糖液 20c.c. 亦能使同樣之 10c.c. 試液完全還原；則 20c.c. X 溶液當含葡萄糖 0.05 克，100 c.c. 當含：

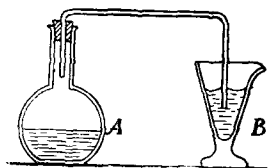
$$0.05 \times \frac{100}{20} = 0.25 \text{ 克 } X\text{-之濃度} = 0.25\%$$

惟試液之是否去色即還元之是否完全，常為紅色之氧化二銅所掩蔽，以至不易辨別。補救之法，可於 100c.c. 之試液，加亞鐵氰化鉀 [K₄Fe(CN)₆] 二克，用以防止氧化二銅之產生。但加過亞鐵氰化鉀後，便不能與空氣接觸；否則由藍而黑，更難辨別。補救之法，惟持續試液與葡萄糖之沸騰。(見圖一)

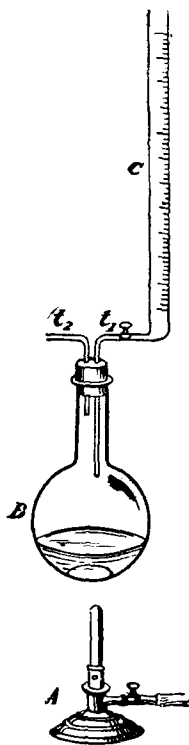
置麥酒酵母(levure de bière) 於葡萄糖內，可見二氧化碳之生成，此因葡萄糖發酵故也。發酵之主要產物有乙醇(即俗稱酒精)與二氧化碳。



A 瓶(見圖二)盛酵母與葡萄糖，B 杯盛石灰水。因二氧化碳與石灰水接觸，發生碳酸鈣沉澱，是為葡萄糖發酵之證明。



第 二 圖



第 一 圖

- A: 本生燈 (Bunsen de Bensen)
- B: 盛費林試液 (加 K₄Fe(CN)₆)
- C: 盛欲待定量之葡萄糖溶液
- t₂: 蒸氣外出經過之玻璃管

依據理論，一百克葡萄糖發酵完全，應產生五〇·——克乙醇與四八·八八克二氧化碳；故依據發酵所得之乙醇量，亦可求得葡萄糖溶液之濃度。但實際上並無如許之多，據巴斯德(Pasteur)報告。一百克葡萄糖發酵完全，產生乙醇四八·三克，二氧化碳四六·四，甘油二·五——三·六琥珀酸(acide succinique) $C_4H_6O_4$ 〇·四——〇·七克

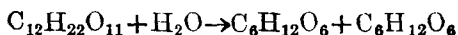
(二)果糖 溶於水而不溶於醚，爲左旋性 (lévogyre)故又稱左旋糖 (lévulose)，其旋光角 $[\alpha]_D = -89.9$ 果糖亦可還原費林試液，惟其還原力不及葡萄糖；兩者還原力之比平均爲一百比九六；即同一重量之果糖與葡萄糖於同樣環境下還原同樣之費林試液，前者只能還原九六份，後者可以還原一百份。果糖遇麥酒母亦能發酵，發酵產物主要者有乙醇與二氧化碳。

(三)分解乳糖 (galactose) 溶於水而不溶於醚，其旋光角爲 $[\alpha]_D = +83^{\circ}$ (右旋性)亦爲還原劑，其還原力較葡萄糖弱，兩者之比平均爲一百比九三，亦可發酵。

葡萄糖，果糖，分解乳糖 (乳糖分解時產生之，故有斯名) 均具相同之分子式 $(C_6H_{12}O_6)_n$ 而性質各異，故互爲同分異性體 (isomères)。

第二節 式醣類(C₁₂H₂₂O₁₁)_n

在生理上比較重要之式醣有蔗糖(saccharose)、乳糖(lactose)、與麥芽糖(maltose)三種。與稀無機酸共熱(HCl 2%)，起加水分解，產生單醣。產生之單醣隨式醣之種類而異。



蔗 糖 葡萄糖與果糖

乳 糖 葡萄糖與分解乳糖

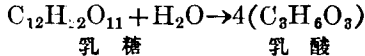
麥芽糖 葡萄糖與葡萄糖

(一)蔗糖 溶於水而不溶於酒精，為右旋性，其旋光角 $[\alpha]_D = +66.5$ 蔗糖一分子起加水分解產生一分子葡萄糖與一分子果糖；葡萄糖為右旋性，其旋光角 $[\alpha]_D = +52.6$ ；果糖為左旋性，旋光角 $[\alpha]_D = -89.9$ 故蔗糖加水分解所產生之葡萄糖與果糖之混合液為左旋性，適與蔗糖相反，故此混合液亦稱轉化糖(sucre inverti)，指旋光性由右轉化為左之意也。

蔗糖非還原劑，故欲測定其溶液之濃度時，可先起加水分解，致成轉化糖(一分葡萄糖與一分果糖所成之混合物)，而後用費林試液測定之。轉化糖之還原力較葡萄糖弱，兩者之比平均為一百與九五之比。

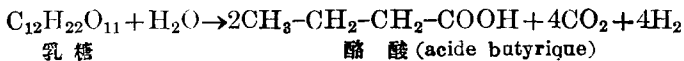
蔗糖不能直接發酵而產生乙醇與二氧化碳；加酵母於蔗糖，酵母產生一種酵素曰轉化酵素 (invertine)；蔗糖因轉化酵素起加水分解，產生轉化糖；由轉化糖再行發酵，遂發生二氧化碳與乙醇。

(二)乳糖 溶於水，不溶於醚與純酒精；為右旋性，亦為還原劑，但不能發酵（產生酒精）。其旋光角 $[\alpha]_D = +55.^\circ 2$ 。其還原力與葡萄糖相比為七〇與一百之比。普通酵母所分泌之轉化酵素於乳糖不起作用；乳糖經特種酵母（分泌乳糖酵素 lactase）之作用可分解為葡萄糖與分解乳糖。如用乳酸酵母 (ferments lactiques) 則使乳糖分解為乳酸 (acide lactique)。



所得乳酸通常稱為發酵乳酸 (acide lactique de fermentation) 對極化光不發生作用，其構造式為 $\text{CH}_3 - \text{CHOH} - \text{COOH}$ 。

乳糖因酪酸菌 (vibrion butyrique) 之作用，分解為氫，二氧化碳、酪酸等。酪酸菌為嫌氣菌，故試驗前應注意溶液內氧氣之驅除。



乳糖之定量法與葡萄糖（見第五章第一節）同，故不再述。

(三)麥芽糖 溶於水與酒精，為右旋性，其旋光角

$[\alpha]_D = +144^\circ$ 亦爲還原劑，可以發酵。與稀無機酸共熱，起加水分解，產生葡萄糖。

第三節 多醣類

澱粉，糊精，肝臟粉俱屬多醣類。分子式爲 $(C_6H_{10}O_5)_n$ 與稀無機酸共熱，產生單醣。

(一)澱粉 不溶於水，亦不溶於酒精；與水共熱，得膠狀之澱粉糊(empois d' amidon)。澱粉非還原劑，對於費林試液不生作用；遇麥酒酵母亦不發酵。與稀酸(HCl 1%)共熱，分解爲糊精，麥芽糖與葡萄糖，分解之最後產物概爲葡萄糖。糊精與麥芽糖僅爲中間產物耳。於澱粉糊內加碘液少許，則得藍色液體；熱至七十度，藍色轉退；然冷置之後，仍爲藍色。

(二)肝臟粉(glycogène)溶於水，不溶於酒精或醚；非還原劑；遇麥酒酵母亦不發酵。溶液爲右旋性，旋光角 $[\alpha]_D = +200^\circ$ 於肝臟粉之溶液內加碘之碘化鉀溶液 (liqueur iodo-iodurée 溶碘化鉀二克與碘一克於二百克水內，即得此項溶液) 則呈棕紅色；熱至七十度，棕紅色除退；放冷後，棕紅色又現。

肝臟粉亦稱動物性澱粉(amidon animal)，肝臟內存量甚多。

(三)糊精(dextrine) 爲澱粉或肝臟粉加水分解之中間產物。其分子式雖爲 $(C_6H_{10}O_5)_n$ ，與澱粉或肝臟粉同，但 n 之數值較澱粉與肝臟粉皆小。糊精溶於水，不溶於酒精；其旋光性甚弱；非還原劑；遇麥酒酵母，不能直接發酵。與無機酸共熱，先分解爲麥芽糖，由麥芽糖再分解爲葡萄糖。

糊精本爲極複雜之化合物，種類甚多，平常所稱爲糊精者，實許多種類之混合體，而非單純之化合物，因其性質相近，故統稱曰糊精。在生理化學上，糊精可分爲兩類，即染色糊精(érythro-dextrines)與非染色糊精(achroo-dextrines)，前者可由碘溶液染爲紅色，後者則否。

第六章 蛋白質

蛋白質為構成原形質之主要物質，大多數均由碳、氫、氧、氮、硫等元素組成。其構造之複雜，變化之多，現代之化學尙未能給吾等以滿意之說明。茲將蛋白質與其有關係之化合物分為單純蛋白質，複合蛋白質(*protèrnes conjugués*) 與擬似蛋白質(*proteïdes*)三類論之。

第一節 單純蛋白質

卵白素(*albumine*)血球素(*globuline*)均可為單純蛋白質之代表，由碳、氫、氧、氮、硫等元素構成，各元素所佔之百分量平均為：

碳	50.6-54.5%
氫	6.5-7.3
氮	15-17.6
氧	21.5-23.5
硫	0.3-2.2

單純蛋白質多為左旋性；與稀鹼或稀酸共熱，則分解為氨、硫化二氫、氨基酸等。

(一)染色反應 凡單純蛋白質均有相同之染色反應，茲舉最常用之三種述之於後：

(1)薑黃蛋白反應(réaction xanthoprotéique) 蛋白質與硝酸共熱，則呈黃色；加入鹼溶液，使呈鹼性反應後，則黃變為橙。橙之深淺，又視鹼之種類而異；加氨溶液得鮮橙色；加氫氧化鈉或氫氧化鉀則得深橙色。

(2)縮脲反應(réaction de biuret) 於固體之蛋白質或蛋白質溶液加多量苛性鈉或苛性鉀，再加稀硫酸銅，則得紅色或紫色。雖萬分之一的蛋白質溶液亦可由此反應顯示之。

(3)米龍氏反應(réaction de Millon) 蛋白質與米龍試劑共熱得紅色沉澱。

米龍試劑之配法 溶汞一分於二分硝酸(密度為一·四二之硝酸溶液)，微微熱之，至汞完全溶解為止。如此製得之溶液一分加水二分，便為米龍試劑(如有沉澱，應過濾後方能使用)。

(二)氨基酸 蛋白質分解時除產生氨與硫化二氫外，尚有極重要之氨基酸。每百克蛋白質約產生八十克氨基酸，由此

可見氨基酸對於蛋白質構造上之重要矣。氨基酸可由 $R-CH(NH_2)-COOH$ 表之；R 代表化合基，因化合基之不同，故分脂肪族氨基酸，芳香族氨基酸與雜環族氨基酸。

A. 脂肪族氨基酸 可分一氨基酸，二氨基酸與硫化氨基酸。

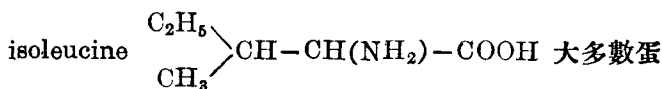
(1) 一氨基酸 主要者有 glycocolle, alanine, valine, leucine isoleucine, serine, acide aspartique, acide glutamique 等多種。

glycocolle 又稱 glycine 爲白明膠 (gélatine) 之主要成分；乳白素與乾酪素 (caseine) 無之；其他蛋白質多含有微量。可以結晶；溶於水而不溶於純酒精；其化學式爲 $CH_2(NH_2)-COOH$ 。

alanine $CH_3-CH(NH_2)-COOH$ 大多數蛋白質均含有之。可以結晶，溶於水；不溶於純酒精。其水溶液爲右旋性。

valine 爲白明膠，乾酪等之主要成分；微溶於水，其水溶液爲右旋性。化學式爲 $(CH_3)_2-CH-CH(NH_2)-COOH$ 。

leucine $(CH_3)_2-CH-CH_2-CH(NH_2)-COOH$ 大多數蛋白質均含有少許；純粹者可以結晶。溶於水與酒精；其水溶液爲左旋性。



白質經胰液素消化後多產生之。

serine $\text{CH}^2\text{OH—CH(NH}^2\text{)—COOH}$ 為絲質分解之主要產物；溶於水而不溶於酒精。

acide aspartique $\text{COOH—CH}_2\text{—CH(NH}_2\text{)—COOH}$ 蛋白質經胰液素分解後多產之。可以結晶。溶於熱水。

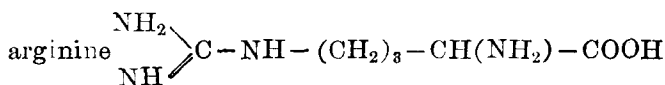
acide glutamique $\text{COOH—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH(NH}_2\text{)—COOH}$ 麩蛋白質與乾酪含量較多，植物之嫩芽內（葫蘆）亦存微量。為白色晶體；溶點為一百四十度。

(2) 二氨基酸 主要者有 lysine, ornithine, arginine, 多種。

lysine $\text{CH}_2(\text{NH}_2)\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH(NH}_2\text{)—COOH}$ 乾酪內存量甚多。lysine 腐敗時有屍鹼(cadaverine $\text{CH}_2\text{NH}_2\text{—(CH}_2\text{)}_3\text{—CH}_2\text{NH}_2$)生成。據 Buchner 氏之實驗，lysine 對於動物之發育甚為重要，氏以除去 lysine 之食料飼養小雞，見發育都又完全。

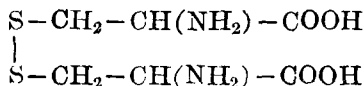
ornithine $\text{CH}_2\text{NH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CHNH}_2\text{—COOH}$ 實驗蛋白質之分解時，並無 ornithine 之產生。若注射苯甲

酸 (acide beuzoïque) 於鳥體內，於其尿內可發現苯甲酸 ornithine (benzoate d' ornithine)。



普通蛋白質均含有之。與氫氧化鋇共熱，則生尿素與 ornithine。動物組織內亦有一種酵素 (arginase) 可以引起同樣之分解。

(3) 硫化氨基酸 現今所知硫化氨基酸尚少，比較熟悉者有 cystine。膀胱石與腎石內常存多量，其構造式可由下式表之。

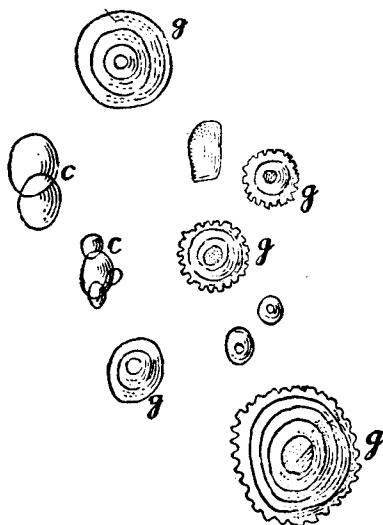


純粹之 cystine 為結晶體；無味；不溶於水或酒精，但溶於鹼性溶液。

B. 芳香族氨基酸 在生理上比較重要者有 phénylalanine 與 tyrosine 兩種。

Phénylalanine $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{NH}_2) - \text{COOH}$ 多數蛋白質均含微量。

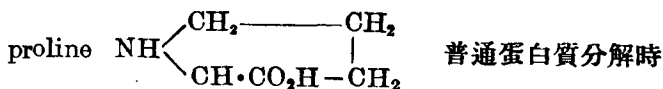
tyrosine $\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH}) - \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{NH}_2) - \text{COOH}$ 除



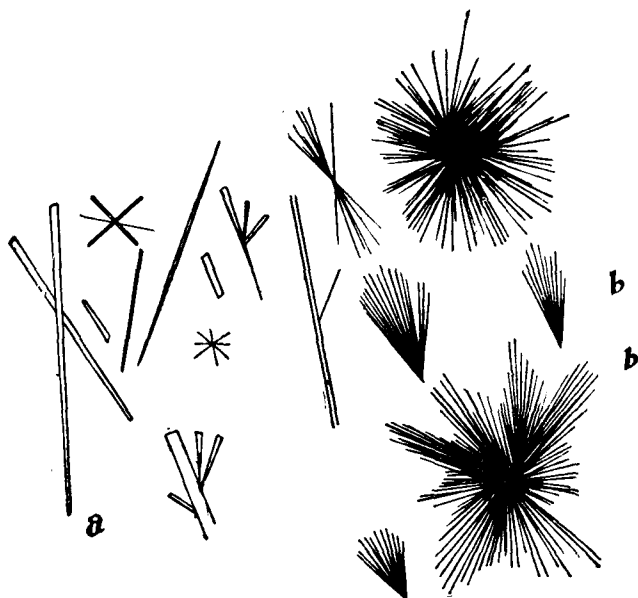
第 三 圖 Leucine

白明膠外，其他蛋白質多含微量。

C. 雜環族氨基酸 主要者有 proline, oxyproline, tryptophane, histidine 等數種。



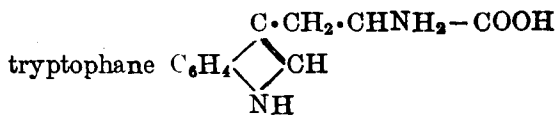
多可見之。據 Sure 氏之研究，多數營養價值較高之蛋白質雖均含 proline，但 proline 本身對於動物之發育生長似無多大關係。氏以除去 proline 之食料飼於幼犬，而觀察其發育狀況；

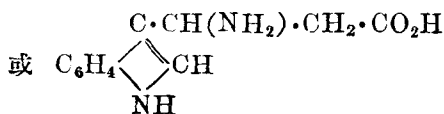


第 四 圖 Tyrosine

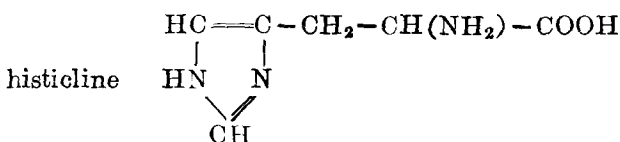
結果並未發現何種障礙。

oxyproline $C_5H_9NO_2$ 較 prolin 多一氧原子,其構造式
 尙未有精確之決定。





白明膠之分子內無 tryptophane, 凡含有 tryptophane 者多為營養價值較高之蛋白質。



普通蛋白質多含有之;常與 arginine 共同存在,據多數生理學者之意見, histidine 為動物發育時期所必須之營養品。

(三)生理化學上之蛋白質的分類

蛋白質在生理化學上可分為天然蛋白質與變化蛋白質兩種。天然蛋白質乃生物組織內原有之蛋白質;變化蛋白質乃天然蛋白質經消化液或其他化學物質作用後之產物。

A. 天然蛋白質 可以分做蛋白素類(albumines)與球素類(globulines)二種。血清蛋白素(sérumalbumine)卵白素等屬第一類;纖維素(fibrine)、肌肉素、等屬第二類。屬於蛋白素類之蛋白質均溶於蒸餾水,苛性鹼(1⁰/₁₀₀)或鹼金屬與鹼土金屬中性鹽(1%)之稀溶液。屬於球素類之蛋

白質不溶於水，但溶於苛性鹼或鹼土金屬與鹼金屬之中性鹽，（稀溶液 $1^0/_{00}$ 至 1% ）。蛋白素類之溶液不為醋酸沉澱；於十五度至二十度間。雖為氯化鈉或硫酸鎂完全飽和或硫酸銨半飽和均不起沉澱。但若預先加醋酸少許使成酸性反應（ 1% ），而後再用氯化鈉、或硫酸鎂、硫酸銨飽和之，則必發生沉澱現象。於球素類之溶液加醋酸少許（ $1^0/_{00}$ 至 $1^0/_{0}$ ）可以引起部分沉澱；為氯化鈉飽和時亦然；（平常溫度）；若為硫酸鎂飽和則沉澱完全。

蛋白素與球素類熱至八十度——一百度時，均凝為固態蛋白質，此種現象曰蛋白質膠凝現象 (coagulation)。因膠凝所得之固態蛋白質不能再受溶媒之溶解；反之，由沉澱所得之固態蛋白質可以重行溶解，此膠凝與沉澱 (précipitation) 之最大區別也。

B. 變化蛋白質 (albuminoïdes de transformation)

與天然蛋白質具相同之染色反應。普通可分為膠凝蛋白質，酸性或鹼性蛋白質，蛋白醣類與多縮氨基酸四種。

(1) 膠凝蛋白質 為天然蛋白質經熱度或酒精（加酒精於蛋白質之溶液，初得之沉澱與酒精分離後，可以再行溶解；若將沉澱不立刻與酒精分開，經過相當時間，雖與酒精

分離，亦不能溶解矣）膠凝後之變化蛋白質。不溶於水；亦不溶於稀鹼或稀鹽。

(2) 酸性或鹼性蛋白質 爲天然蛋白質經酸鹼作用所產生之變化蛋白質。經鹼作用者曰鹼性蛋白質；經酸作用者曰酸性蛋白質(alkalialbuminoïdes et acidalbuminoïdes)。不溶於水與中性鹽；但溶於鹼或酸。其鹼溶液或酸溶液若爲硫酸鎂飽和，則起沉澱。

(3) 蛋白醣類 天然蛋白質與胃液作用(四十度)，分解爲蛋白醣類(protéoses)。因天然蛋白質之種類不同，而分解所得之蛋白醣亦異。蛋白素類分解爲蛋白素醣(albumoses)；球素類分解爲球素醣(globuloses)。

蛋白醣類不具膠凝現象。可溶於中性鹽內 (Na_2SO_4 , MgS 0.1%)，多數亦溶於水。用酒精可引起溶液之部份沉澱。

蛋白醣類又因性質之不同可分爲真正蛋白醣類(protéoses vrais)與真正消化蛋白質類(peptones vrais)。

真正蛋白醣之溶液於沸騰時，若爲硫酸銨飽和(溶液初爲中性；次爲鹼性；末爲酸性)，則起沉澱。真正消化蛋白質無論其溶液爲中性，鹼性或酸性概不受硫酸銨沉澱。其爲二者之最大分別。此外真正蛋白醣亦可用苦味酸(acide picrique)沉澱，

而真正消化蛋白質則否。

蛋白醣、消化蛋白質、俱非構造確定之單純化合物，實為許多化合物之混合體；惟其性質相近，故給以共同之名詞。

(4)多縮氨基酸 (polypeptides) 由二分子或二分子以上之氨基酸結合而成。在消化過程中，多縮氨基酸為消化蛋白質分解為氨基酸之中間產物。

第二節 複合蛋白質

複合蛋白質為極複雜之化合物，其分子內除蛋白質外尚有醣、核素等等。在生理上比較重要者有血色素，醣化蛋白質與核素蛋白質等三種。

(一)血色素 (hémoglobine) 為紅血球之主要成分；由蛋白質與紅血素 (hématine) 結合而成。血紅素乃含有鐵質之化合物，可以結晶，不溶於水，亦不溶於酒精。遇高熱則起分解，其最主要之分解產物為氧化鐵。

(二)醣化蛋白質 (glycoprotéïdes) 構造複雜；分解時產生蛋白質，碳水化合物及其他物質。通常有黏液素與擬似黏液素兩類。

(1)黏液素類 (mucines) 頰下唾腺，軟骨組織，氣管

內皮均有黏液素之存在。黏液素之構造殊難確定；各黏液素之組成均不相同，唯因同具下列諸性質，故列爲一類。

- a. 具蛋白質之染色及應。
- b. 不溶於水，但溶於鹼性溶液 ($\text{Na}_2\text{CO}_3 1\%$)
- c. 微量之鹽酸與硝酸均可促成黏液素之沉澱，但所得沉澱可爲過量之鹽酸或硝酸溶解。
- d. 醋酸可促成黏液素之沉澱，所得沉澱不受過量醋酸之溶解。
- e. 黏液素之溶液爲硫酸銨或硫酸鎂所飽和時，亦起沉澱。

(2) 擬似黏液素類 (mucinoïdes) 鳥卵與軟骨組織均含微量。其與黏液之區別有二：

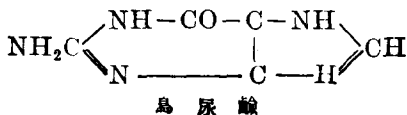
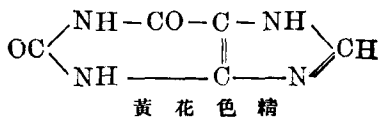
- a. 溶於水
- b. 不爲醋酸沉澱

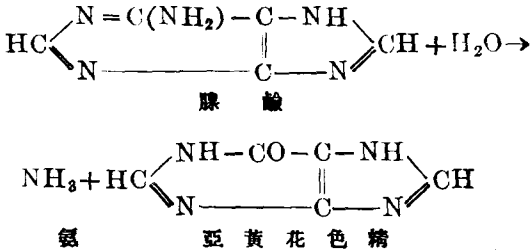
(三) 核素蛋白質 (nucléoproteïdes) 爲細胞核之主要成分，由蛋白質與核素 (nucleïne) 結合而成。不溶於水而溶於稀鹼 (氨 $1-2\%$)。核素蛋白質有中和鹼性作用；故若所用鹼液含鹼不多，經核素蛋白質溶入之後，多呈中性反應。此等呈中性反應之核素蛋白質的鹼溶液雖經沸騰，亦不膠凝。核

素蛋白質又溶於氯化鈉 (10%)，但經沸騰後，均起膠凝。組織內之核素蛋白質遇熱時亦起膠凝，故與核素蛋白質之氯化鈉溶液相似。

核素蛋白質與單純蛋白質具相同之染色反應；並可由苦味酸沉澱之。微量鹽酸亦能引起沉澱，但所得沉澱易溶於過量鹽酸。

核素蛋白質因胃液素之作用，分解為蛋白質與核素。核素為含有磷質之化合物，不溶於水，酒精或稀酸；但溶於稀鹼 (NaOH 10/100)。微量之醋酸與鹽酸均可沉澱之。核素不受胃液素之分解，但胰液素可分解之。分解之主要產物有蛋白質與核酸 (acide nucleique)。核酸腐敗時或遇核質酵素 (nuclease 存於胸腺胰腺等內) 時，均產生磷酸與核鹼 (bases nucleiques 或 bases xanthiques)。核鹼有鳥尿鹼 (guanine) 腺鹼 (adénine) 黃花色精 (xanthine) 與亞黃花色精 (hypoxanthine)





(四)擬似核素蛋白質 (paranucleoproteides) 性質多與核素蛋白質相似,但其化學組成略有不同,故應分別論之。含有磷質,不溶於水而溶於稀鹼。其溶液不受熱之膠凝,但微量之鹽酸與醋酸可以沉澱之。遇胃素分解為蛋白質與擬似核素 (paranucleine)。擬似核素不溶於水或酒精,溶於稀鹼 (NaOH 1⁰/₁₀₀)。遇胰液素不起變化;與強鹼 (NaOH 10%) 作用,分解為鹼性蛋白質與擬似核酸 (acide paranucleique)。擬似核酸亦含有磷質,惟含量二——三%,而核酸所含常超過8%。擬似核酸分解時之主要產物為磷酸與氨基酸,故擬似核酸可視為含有磷質之多縮氨基酸 (polypeptides phospharés)。核酸於同樣狀況下所給之分解產物為磷酸與核鹼,故與擬似核酸不同。

第三節 擬似蛋白質

既非單純蛋白質又非複合蛋白質而具蛋白普通性質者屬擬似蛋白質(albumoïdes 或 proteoïdes)。在生理上比較重要者有白明膠、彈力纖維素與角質三種。

(一)白明膠 硬骨組織、軟骨組織與結締組織均含一種生膠質(substance collagène);生膠質與水共熱變為白明膠。白明膠為碳、氫、氧、氮、硫等元素組成;與鹼共熱,分解為氨、水、二氧化碳與氨基酸等。白明膠不具 tyrosine 與 tryptophane 但有 glycocolle 甚多(一六%) (血球素僅含 glycocolle 三——六%)。

白明膠呈縮脛反應與薑黃反應,但無米龍反應。遇冷水膨脹而不溶解;可溶於熱水。其水溶液膠黏而有牽着性,可用酒精,苦味酸,氯化鈉或硫酸鎂沉澱之。醋酸或亞鐵氰化鉀則否。

(二)彈力纖維素(elastines) 為彈力纖維之主要成分;不溶於水或酒精;濃酸可溶解微量。不含 acide aspartique 與 acide glutamique。

(三)角質(kératine) 為毛髮、表皮、指甲等之主要物質;富有彈性;具薑黃反應米龍反應與縮脛反應,含 tyrosine (四·五%)與 cystine 甚多,故含硫之豐,非尋常蛋白質可及。遇胃液、胰液均不生變化;酒精與醚亦均不能溶解之。

第七章 酵素(Euzyms, Ferments)

第一節 酵素之性質

酵素的作用和接觸劑(catalyseur)相似,可以促進物質的分解或化合。關於牠的構造現在還不甚清楚,因為完全純粹的酵素還不容易提取。酵素的效力隨溫度而變,在 0° 左右不發生效力;在四十度左右效力最強。超過四十度則效力減弱;至一百度以上便完全失效,雖再降至四十度,亦無作用,因為一百度以上之高熱已將酵素之構造破壞。反之,低溫度只暫時停止其效用,並不破壞牠,故雖冷至 -190°C .後,若恢復至平常溫度仍可有效。

酵素之作用力甚強,一分酵素可以促成一〇〇〇或一〇〇〇〇〇〇分化合物之分解。酵素雖促成他種物質之分解,但其本身並不變化;所應注意者即分解產物可以阻止其作用,當分解產物達一定量時,酵素之作用便停止而不能再進。

酵素除可引起物質之分解外,又可引起物質之化合。設於麥芽糖內加麥芽糖酵素,則麥芽糖加水分解產生葡萄糖;但於

葡萄糖內加麥芽糖酵素亦可引起麥芽糖之化合作用（二分子葡萄糖化合爲一分子麥芽糖）。

酵素溶於水與甘油而不溶於酒精。將分泌酵素之腺體浸入水或甘油，所得浸漬液便可促成一定物質之分解或化合。酵素溶液可由酒精沉澱，所得沉澱除大部份爲酵素外，尚有少量蛋白質。欲得比較純粹之酵素，可將沉澱溶入水或甘油，再以酒精沉澱之，如此反復多次，所得酵素當比較純粹。

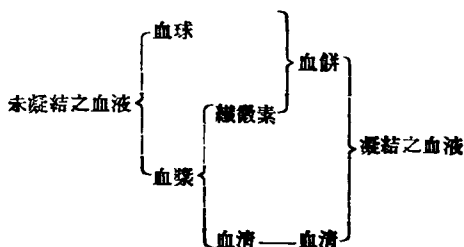
第二節 酵素元 (proferments)

取飢餓動物之胰腺浸入水中，所得浸漬液與蛋白質相加，不見任何變化。若於事前加水楊酸 (acide salicylique 1⁰/₁₀₀) 少許，則蛋白質分解。此因胰腺內有一種酵素元曰胰液素元 (protrypsin)，胰液素元爲不活動之酵素母體，但經水楊酸影響之後，變爲活動之胰液素，故蛋白質得以分解。又如胃腺細胞內所存在非爲凝乳酵素而爲凝乳酵素元，經鹽酸影響，變爲凝乳酵素。其他類似之例尙多。總之酵素元乃酵素之母體，經一定之影響後變爲酵素。

第八章 血液

血液包含血漿與血球。血球分紅血球、白血球與血小板 (globulins) 三種；血漿為黃色之液體，約佔血液總量百分之六十。

試將從血管內剛流出之血液靜置皿內，約數分鐘後，盆底有膠狀之餅塊，是為血餅 (caillot)；血餅上層為黃色之液體是為血清 (sérum)。血餅為纖維素 (fibrine) 與血球構成。纖維素為無色之細絲，在血餅內結成絲網；血球便填於網目之間遂成血餅。血清與血漿大體相似，所不同者，唯血漿有纖維素而血清則否。



第一節 血漿之取法

提取血漿有兩個基本條件；(一)禁止血液之凝結；(二)去除血球。下列六法便合乎這兩個基本條件的血漿提取法。

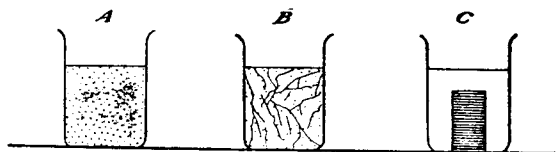
1. 頸靜脈法
2. 石蠟塗皿法
3. 冷置法
4. 卵生動物血液法
5. 中性鹽法
6. 去鈣法

(一)頸靜脈法(*procédé de la jugulaire*) 本法多行之於馬，蓋馬之靜脈長而粗，可得多量血漿；馬之血球密度甚大，故去除便利。

切開皮層，使頸靜脈曝露，結紮兩端，於結紮點外割斷之，取出後，垂直懸掛，約數分鐘，血球下墜，析出黃色血漿。本法所得血漿純淨而不穩定，離開血管後仍可凝結。(見圖五)



第五圖
頸靜脈法

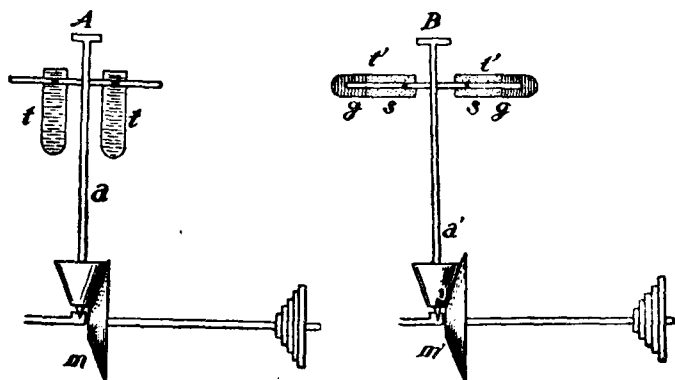


第六圖
血液凝結圖說
A: 未凝之血液
B: 正凝之血液
C: 已凝之血液
(Waller)

(二)石蠟塗皿法 取內壁塗佈石蠟之橡皮管插入動脈，導出血液亦貯於塗佈石蠟之皿內。血液於石蠟皿內不能凝結，

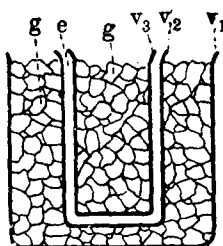
故靜置之，血球下降；或用離心器除去血球。本法所得血漿不能離開石蠟一步，否則凝結現象便隨時發生。

(三)冷置法 於 0° 左右，血液概不凝結；本法即利用此理，以阻止血液之凝結。



第 七 圖 離 心 器

V_1, V_2, V_3 爲金屬筒三只。 V_1 之口徑最大， V_2 次之， V_3 最小。 V_1 與 V_3 均盛冰塊（見圖八）， V_2 與 V_3 間之空隙（不能太大）容受血液。將血液靜置 \ominus 處，待血球下降，便得血漿。但據此所得之血漿純淨而不穩定，熱至十度或十二度時仍可凝結。改良之法，惟於血漿析出



第 八 圖
冷 置 法 用 器

後用濾紙過濾之（濾器四週亦圍以冰塊）。經濾後之血漿多純淨而穩定。

（四）卵生動物血液法 割破卵生動物之動脈管，插入導管一枝，使血液不與四週組織接觸。流出血液雖在常溫下可經八日而不凝結，故靜置或用離心器除去血球，便得純淨而穩定之血漿。

（五）中性鹽法 置血液於一定濃度之中性鹽（ NaCl , Na_2SO_4 , MgSO_4 , ……）內可防止其凝結。故血液一分與一〇%之氯化鈉一分或三〇%之硫酸鎂半分相加，雖在常溫下，亦無血餅生成。若血球密度較大，則下沉而析出血漿。本法所得血漿穩定而不純粹（含中性鹽）。

（六）去鈣法 鈣質之存在為血液凝結之最要條件，本法即據此原理，以醋酸鹼金屬鹽與血液相加，使鈣質沉澱，借以防止血液之凝結。

取血液九分與一%之醋酸鈉或醋酸鉀一分相加，便得不凝結之血液。他若檸檬酸之鹼金屬亦有同樣功能，故含有檸檬酸鹼金屬鹽之血液亦被列為去鈣血（sang décalcifiant）實際上檸檬酸鹽並未使血液之鈣質沉澱，惟加注檸檬酸鹽之血液與加注醋酸鹽者性質相同（加入鈣鹽可使凝結重行成功），

故同列一類。

將去鈣血靜置或用離心器除去血球，得穩定而不純淨之血漿。

第二節 血漿之組成與性質

血漿佔血液總量百分之六十有餘，其主要成分爲水，除水外有九〇——九五%之蛋白質、尿素、氨基酸、糖、無機鹽……等等物質。其組成之大概可由下表見之。

水	9120/100
糖	1.5
中性脂肪	1.5
蛋白質	72.5
NaCl	7.0
K ₂ PO ₄	0.4
CaO	0.1
NaOH	0.8
MgSO ₄	0.1
鈉皂	3.0
尿素	0.2
氨	0.005
甘油	0.005
乳酸	0.005
脂肪酸	0.005
膽金	0.03

血漿之凝固點普通均在 0.55 度至 0.56 度之間，與 0.95% 氯化鈉之凝固點相同。血漿之反應恆為鹼性，約與 0.3% 氫氧化鈉之鹼度(alkalinité)相同。血漿鹼度之增減對於新陳代謝之盛衰殊有關係；鹼度增高，新陳代謝旺盛；鹼度降低，新陳代謝緩退。

第三節 血漿之蛋白質

蛋白質約佔血漿 70% ，其中大部份均為單純蛋白質，複合蛋白質僅存微量(核素蛋白質)。血漿之單純蛋白質共分三種：

- a. 血漿蛋白素(亦稱血清蛋白素 serumalbumine) 43%
- b. 血漿球素(亦稱血清球素 serumglobuline) 30%
- c. 纖維素元(fibrinogène) 4%

(一)血漿蛋白素 構造及性質皆與普通蛋白質相似。遇七五度之熱度便起膠凝。為左旋性，旋光角 $[\alpha]_D = -63^\circ$ 屬蛋白素類。

(二)血漿球素 屬球素類。性質與普通球素相似。膠凝

熱度(temperature de coagulation)爲六八度——七五度。
 在平常溫度,其溶液若爲氯化鈉飽和可生部份沉澱。

(三)纖維素元 屬球素類。但有二點足與血漿球素區別:

(1)膠凝熱度爲五六度

(2)在平常溫度其溶液若爲氯化鈉飽和生全部沉澱,不若血漿球素之溶液僅一部份沉澱。

第四節 血液之碳水化合物

葡萄糖爲血液之主要碳水化合物。正常血液每升(litre)約含一克至一克半。所謂一克至一克半乃血液流出血管後立刻檢查之結果也。若流出後略待片刻而檢查之,必有顯著之減少。茲將犬血檢查一例記錄如下:

流出血管立刻檢查結果	1.07 ‰(葡萄糖)
十分鐘後	1.01
三十分鐘後	0.88
五小時後	0.44
二十四小時後	0.00

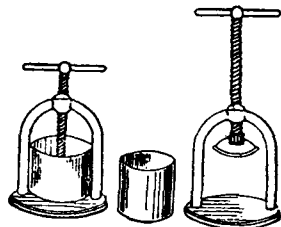
此種減少現象生理學者謂之曰葡萄糖破壞作用 (glycolyse)。此種作用究竟怎樣發生,據勒比奈氏(Lepine)主張,

葡萄糖因葡萄糖破壞酵素(ferment glycolytique)之響影，發生氧化作用，致使存量大減。然氧化產物為酒精乎？乳酸乎？抑二氧化碳與水？則尙未有確實說明。且所謂葡萄糖破壞酵素，究竟產自何處，亦未有精切之報告；據多數學者意見，似產自白血球。總之葡萄糖破壞作用之精切說明尙有待於研究。

避免葡萄糖破壞之方法有二：(1)溫度之低降；(2)中性鹽之加注（八——一〇% 硫酸鈉、硫酸鎂或氯化鈉）。

血液所含醣量之檢定法 血液所含既為葡萄糖，故可用費林試液檢定之（見葡萄糖定量法第五章）唯血液為有色液體，且含蛋白質甚多（蛋白質與費林試液之苛性鈉作用，可以放出氨氣，妨礙分析之結果）。故於未用費林試液檢定之前，應使去色，並除去其蛋白質，關於此二項手續所應用之方法甚多，茲將最簡便者述之如次。

取血液一分與結晶硫酸鈉一分共熱(蛋白質沉澱)，至無色為止。但因加熱結果，一部份水分已經蒸發，故須加蒸餾水少許以使恢復原有之體積。次用伯爾納手壓機(presse à mando Cl. Bernard)



第九圖

伯爾納手壓機

壓榨沉澱，使液體析出。析出之液體四十立方厘米。約合血液二十五立方厘米。用此去色而無蛋白質之液體，按照費林試液之方法而測定其糖量。

第五節 血液之酵素

血液含酵素兩種：澱粉酵素(*diastase amylolytique*)與一酪酸甘油酯酵素(*monobutyrynase*)。

(一)澱粉酵素 可以使澱粉或肝臟粉分解為糊精，麥芽糖或葡萄糖。唾液與胰液亦有澱粉酵素，但僅能使澱粉或肝臟粉分解為麥芽糖為止，由麥芽糖至葡萄糖一段工作由麥芽酵素擔任之。故生理學者均認為血液除真正之澱粉酵素外，尚有麥芽糖酵素。

(二)一酪酸甘油酯酵素 可以使血液內之一酪酸甘油酯(*monobutyryne de glycerine*)化為甘油與酪酸。對於棕櫚脂、油脂、脂蠟脂均無作用。

第六節 血液之凝結

血液流出血管後，如不施以相當保藏手續，則產生一種纖維素。纖維素結為絲網，網目間填充着血球，如此便構成了血

餅。血餅以外是黃色的血清。纖維素可以說是促成血液凝結的主要原因，故不得不稍加敘述。

(一)纖維素之性質 纖維素為無色之絲狀物。富有彈性。不溶於水而溶於氯化鈉(1%)或氯化鈉(五——一〇%)。其性質隨所屬動物之種類而異，此地所述者姑以馬血之纖維素為代表。纖維素之氯化鈉溶液易為熱度膠凝；為硫酸鎂飽和時起全部沉澱。簡單言之，其性質與普通球素相近，故可列入球素類。

(二)纖維素之生成 流動之血液內無纖維素而有纖維素元(fibrinogène)。纖維素元如何變為纖維素？據最普通而最近乎事實之說明為：白血球或血小板(paquette sanguine, globulin)流出血管後，破壞而產生一種酵素元曰凝結酵素元(profibrineferment, prothrombine)，凝結酵素元為核素與蛋白質之化合物，核素取自白血球與血小板之細胞核，蛋白質取自血漿。凝結酵素元與血漿之鈣質化合形成凝結酵素(fibrin-ferment on thrombine)。纖維素元因凝結酵素之影響，分解為纖維素與纖維球素(fibrinoglobuline)。纖維素沉澱而為細絲，纖維球素則溶入血清。凝結酵素以接觸作用以促成纖維素元之分解抑與化合而促成其變化，則尙未有實驗可以確定

之。

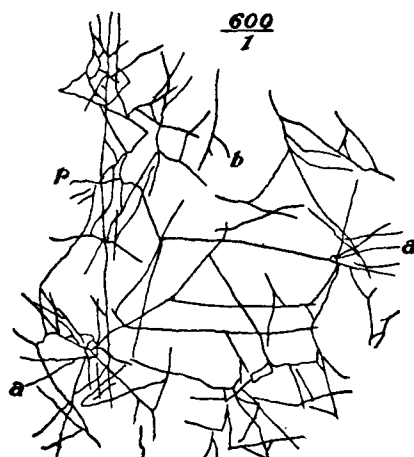
(三)纖維素之定量法 取玻璃瓶一只，內放金屬粒數顆(如鉛粒)，秤其重量而後注入血液，緊蓋瓶塞，並努力振盪，使纖維結為團塊，秤血液與玻璃瓶及鉛粒之總量，減去玻璃瓶與鉛粒之重，所得便為血液之重。重量秤妥後，用鹽水(1%)洗滌血液，至完全去色時，放之於濾紙上，用清水洗滌，次用醚洗滌，洗滌完全，乾燥之(一〇五度——一〇〇度)；乾燥完全，秤其重量。所得便為纖維素。

第七節 血液之色素

血液因含有紅血球故為紅色，紅血球為富於色素之細胞，密度常在一·一以上，水份約佔其總量六〇%，色素約佔三二%，此外核素蛋白質亦為主要成分之一。

紅血球之色素主要者有血色素(hemoglobine)與氧化血色素(oxyhémoglobine)兩種。

(一)氧化血色素 為鮮紅色之色素，由血色素與氧氣結合而產生。其性質隨動物之種類異。相異之處約有四點：a. 結晶形之不同(見圖十)，b. 結晶水之多寡不一，c. 溶解度之不同，d. 含鐵之多少不一，(見表)



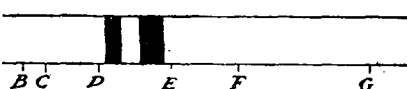
第十圖 纖維素網

犬	N 16.38	S 0.57	Fe 0.34	$\frac{Fe}{S}$ 0.60	$\frac{Fe}{N}$ 0.021
貓	16.52	0.62	0.35	0.56	0.021
馬	17.31	0.65	0.47	0.72	0.027
牛	17.70	0.45	0.40	0.88	0.022
豕	17.43	0.48	0.40	0.83	0.023
鷄	16.45	0.86	0.34	0.38	0.020
鵝	16.21	0.54	0.43	0.79	0.026

氧化血色素雖各有其特性，然其構造似無多大區異。因其分解產物均為血紅素(hématine)與蛋白質，且氧化血色素雖隨動物而異，但分解而產生之血紅素則均相同；此外各動物之氧化血色素均具相同之吸收光譜(圖十一)

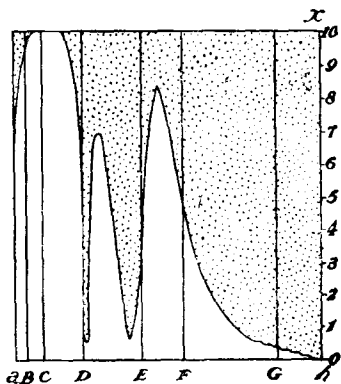
置一厘米厚之 $10/100$

之氧化血色素於分光器
上檢查之，可見紫色光



第十一圖 氧化血色素之吸收光譜

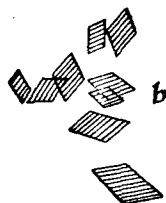
完全吸收，D E 間有黑線兩條。設增加氧化血色素之濃度則青色光與藍色光亦漸被吸收，D E 之黑線亦同時增闊，關於濃度與吸收光譜之關係可參見第十三圖。



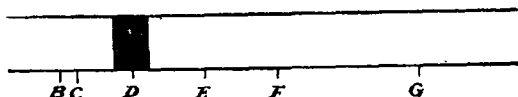
第十三圖

BCDEFG: 發氏黑線 (lignes de Fraunhofer) h x: 氧化血色素之濃度。

欲 $n/100$ 氧化血色素之吸收光譜可將 h x 分為一千格，由第 n 格引一直線與 a h 平行，黑點部代表被吸收之光綫。(檢查時之厚度為一厘米)

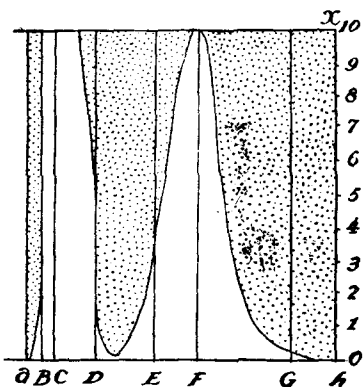


第十二圖 氧化血色素之結晶體
b: 人 f: 松鼠



第十四圖 血色素之吸收光譜

(二) 血色素 氧化血色素經 $(\text{NH}_4)\text{HS}$ 或 NaHSO_2 還原，得血色素。溶於水而不溶於酒精。置血色素 1% 之溶液一厘米厚於分光器檢查之，見紫青藍紅等均被吸收，D E 間黑線一條 (Stokes 氏線)。其濃度與吸收光譜之關係可參見第十五圖。



第十五圖 說明見第十一圖

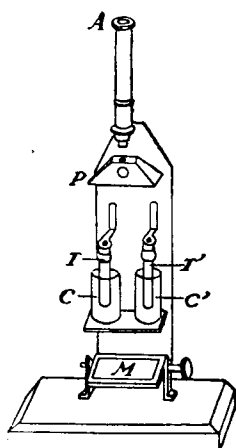
(三) 色素之定量法 普通多使血液為氧氣溫和，將血色素完全氧化為氧化血色素而後測定之。測定之方法頗多，茲舉三種如下：

A. 檢鐵法 氧化血色素為含鐵之化合物，故可用分析化學上之方法檢定其所含鐵量而後推算血色素之多少。人之氧化血色素每一〇〇克約含鐵量〇·四二克。

B. 比色法 (méthode calorimétrique) 本法的原理很簡：濃度相同之溶液必具相同之色度，故比較色度之同異可以推知溶液之濃度。

本法所用儀器為比色器 (calorimètre 圖十六) 將濃度已知之氧化血色素溶液甲注入 C 筒，將玻璃 T 下降，使 T 之末端與 C

之管底達一定距離，假設爲一厘米；次注有待檢查之X血液於C'管內，並將T'下降，同時由A鏡觀察，至所見C與C'之色度相等時，立刻停止T'之移動，設T'末端與C'管底之距離爲一·五厘米則X之濃度爲 $X=0.66\%$ （假設甲溶液之濃度爲1%）。

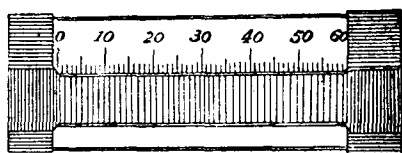


第十六圖 比色器

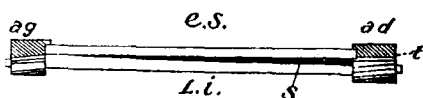
C. 吸收光帶法(méthode spectro photonétrique) 設二厘米厚之氧化血色素A溶液與一厘米厚氧化血色素B溶液具相同之吸收光帶，則B溶液之濃度必較A溶液大二倍，統言之：濃度不同之甲乙二溶液以不同之厚度置於分光器上檢查時，若得相同之光帶則甲乙二溶液之濃度與厚度恆成反比。本法即根據此理以行氧化血色素之檢查。

本法用器之種類甚多，最普通者爲赫勞克氏器(hematoscope de Hénocque) 赫勞克氏器爲長約六十厘米之玻璃兩片(圖十七)，一端相接，他端間以三〇〇 μ (千分之一毫米)之間隙。將欲待檢查之X血液注於間隙內，置入分光器檢查之。移動赫氏器之位置，至吸收光譜與一厘米A(已知濃度之氧化

血色素溶液)之吸收光譜相同為止。知 X 之厚度(赫氏器有刻度表明)



則可按照 $EC = E'C'$ 公式以求之 X 濃度(E: X 之厚度, C: X 之濃度;



第十七圖 赫勞克氏器

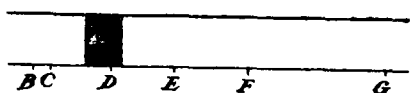
E' : A 之厚度, C' : A 之濃度)。

(三)一氧化碳血色素與二氧化碳血色素 一氧化碳血色素為血色素與一氧化碳化合而成，為極穩定之化合物，不受 NH_4HS 分解，其結晶形狀與氧化血色素同。

二氧化碳血色素與氧化血色素同為不穩定之化合物。

第八節 血紅素與氯化血紅素

氧化血色素經胃液或胰液作用後，常分解為血球素(globine 一種



第十八圖 血紅素鹼性水溶液之吸收光譜

蛋白質)與血紅素。血紅素($C_{22}H_{32}N_4FeO_4$)不溶於水亦不溶於酒精，



第十九圖 血紅素鹼性酒精溶液之吸收光譜

但鹼性水溶液或酸性酒精溶液可溶解之。

氯化血紅素 (hémine, chlorhydrate d' hématine) $C_{32}H_{32}N_4FeO_3$, HCl 不溶於水亦不溶於酒精, 但溶於氫氧化鉀之水溶液。取陳舊之血塊, 溶解於微量之氯化鈉溶液內, 加以冰醋酸 (acide acétique glacial) ; 徐徐熱之 (不能超過醋酸之沸點) 至血塊溶化為止。放冷後, 若以顯微鏡檢查, 可見氯化血紅素之結晶體 (圖二十) 氯化血紅素熱至二百度以上, 則分解為氰酸 (HCN) 與氧化鐵



第二十圖 Teichmann 結晶體

等等。

血紅素或氯化血紅素經濃硫酸作用, 失去鐵元素, 變為一種無鐵的色素曰血金 (hématorporphyrine) 。血金溶於鹼性溶液或酸性溶液, 其鹼性溶液為鮮紅色液體, 酸性溶液呈緋紅色。其分子式 $C_{32}H_{36}N_4O_8$ 或 $C_{16}H_{18}N_2O_3$ 與膽金 (膽汁內的一種色素) 相同, 但性質稍異故與膽金為同分異性體。

陳舊之血跡內常有一種物質曰 hématoïdine, 與膽金性質相同。故謂膽金為血色素之分解物並非無因。

第九章 組織

第一節 結締組織

結締組織(tissu conjonctif)成自細胞纖維(fibres)與細胞間質(substance intercellulaire)。細胞因與細胞間質混雜一起,故其化學成分難於測定。

結締纖維之主要成分爲生膠質(collagène)。生膠質不溶於水,遇稀鹼則膨脹;與稀酸共熱產生白明膠。

彈力纖維之主要成分爲彈力素(見擬似蛋白質)。

細胞間質主要成分爲黏液素所構成。浸結締組織於石灰水內,黏液素溶解;經酸液中和後,得其沉澱。

第二節 軟骨組織

軟骨組織(玻璃狀軟骨)成自軟骨細胞與細胞間質。軟骨組織之細胞間質主由軟骨素元(chondriogène)構成。軟骨素元經高熱之水蒸氣變爲軟骨素,所謂軟骨素並非單獨之化合物,實多種化合物之混合體也。其中以黏液素與白明膠佔

量最著，故軟骨素具有黏液素與白明膠之中間性質。不溶於冷水，溶於熱水。其溶液可用稀酸沉澱之，所得沉澱不溶於醋酸但溶於鹽酸。

第三節 硬骨組織

硬骨組織含無機鹽甚多(50—80%)，故質甚堅茲將股骨所含之各種鹽量列表如下。

磷酸鈣	87.45% (百分無機鹽)
磷酸鎂	1.57
氟化鈣	0.35
氯化鈣	0.23
碳酸鈣	10.18
氧化鐵	0.10

硬骨之主要有機物有彈力纖維素與骨素(oseine)二種。骨素為碳、氫、氮、硫等元素構成(C50% H7% N18% S0.7%)，與生膠質之性質相似，亦能產生白明膠，惟骨素所給白明膠與普通白明膠性質稍異。

第四節 神經組織

神經組織之化學成分非常複雜，有脂肪，有蛋白質有無機鹽，還有一些膽汁精……。蛋白質包含單純蛋白質複合蛋白質

與擬似蛋白質。複合蛋白質以核素蛋白質存量較多，擬似蛋白質則以神經角質較著。神經角質(neurokératine)與毛髮及皮膚之角質具相似之成分與性質。此點初視似屬奇特，何以構造與生理完全不同之器官具有相似之特種物質(角質)? 要知神經組織與皮膚在胚胎學上為同源器官，二者具由外胚層分化而來，同源器官具有相同物質為理所必然，故無足奇也。

神經組織之脂肪物質有甘油酯，卵磷脂與神經磷脂(proto-*gon*)等多種。神經磷脂為神經組織特有，首次發現者為Liebreich氏，據氏分析結果，神經磷脂之組成為 $C_{116}H_{241}N_4PO_{22}$ 。然今日學者多謂神經磷脂乃卵磷脂與神經素(cérébrine)之混合體。神經素第一次係Gobley氏於鯉魚卵內發現，其構造與性質頗與神經酸(acide cérébrique)近似。溶於熱酒精，遇水則膨脹，可與鹽基化合，形成神經鹽(cérébrates)。

第五節 肌肉組織

水份約佔肌肉百分之六十五至七十五，蛋白質約佔百分之十五至二十，無機約佔百分之三。

蛋白質 肌肉一經離開動物體便發生很大的變化，所以要研究肌肉的化學成分非用特別方法不可。

由蛙之大動脈輸以 6⁰/₁₀₀ 之食鹽溶液以驅除其全身血液，尤以肌肉之血管更當注意，不能存有少許血液。血液完全驅除後，取其肌肉放入 0 下十度之冷器內細碎之，更用壓榨機壓榨，得黃色液體，是為肌漿 (myoplasma)。肌漿於平常溫度時凝結成餅曰肌餅，肌餅以外之液體曰肌清 (myosérum)。

肌清內有蛋白質兩種。一屬球素類曰肌球素 (myoglobuline)。一屬蛋白素類曰肌蛋白素 (myoalbumine)。肌球素之膠凝溫度為六十三度，其溶液若為硫酸鎂飽和則起沉澱；肌蛋白素之膠凝溫度為七十三度可溶於水，其溶液不受硫酸鎂沉澱。

肌餅之主要成分為肌素 (myosine)。肌素不溶於水，溶於氯化鈉或氯化鈣 (五——一〇%)；其溶液設為硫酸鎂飽和，則起全部沉澱，故屬球素類。其膠凝溫度為五十六度。

除肌素外，收縮素 (musculine) 亦為肌餅主要蛋白質之一。與肌素同屬球素類，但其膠凝溫度為四十七度，故與肌素有別。

前述肌餅與肌漿之成分均為肌肉經相當手續後所測定者，未經手續之肌肉是否與之具同樣組成，是為必須研究之問題。

經實驗證明，已知二者所含蛋白質並無相異之處。要知上

述之測定方法，所給與肌肉之最大影響，惟溫度之降低。溫度之降低乃欲保存肌肉之本性，決無促其變化之理。試將冷至 -10° 以下之肌肉恢復其原來溫度，而觀察其性質，乃與溫度未降低以前完全相同，足證肌肉並未受低溫之變化也。

肌漿之凝結現象於動物之屍體內亦可見之，當動物死後，常於數分鐘內，其肌肉起僵硬現象，是曰屍僵(rigidité cadavérique)。屍僵之成因即肌漿之凝結，故屍僵與肌漿凝結實為同一現象，屍僵不過是肌漿凝結之表現耳。

肌肉之反應隨時變異。倦怠與僵硬之肌肉均呈酸性，靜止而未勞動者呈中性。

其他物質 a. 無機物 約佔肌肉總量百分之二——三，其中以磷鉀較多。下列一表便示肌肉之無機物的大概組成。

K_2O 0.45% Na_2O 0.08% CaO 0.008% MgO 0.04%
 Fe_2O_3 0.005% P_2O_5 0.46% Cl 0.067% SO_3 0.01%

b. 色素 橫紋肌之所以為紅色皆因其含有血色素故也。不但血液內有血色素存在，肌肉細胞本身亦含有少量。

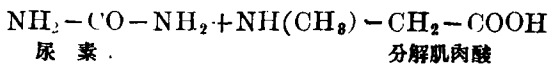
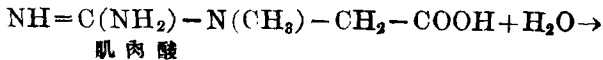
c. 肝臟粉 肌肉約含肝臟粉 0.15% 與苛性鈉共熱（肌肉二十克水九十立方厘米， 1.5% 氫氧化鈉一〇立方厘米），蛋白質與肝臟粉俱受溶解。於所得溶液加苦味

酸，則蛋白質沉澱，所餘爲肝臟粉可用酒精沉澱之。

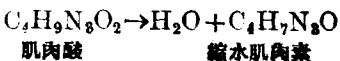
d. 纖維糖(inosite) 心肌含量較多，其分子式與葡萄糖同 $C_6H_{12}O_6$ ，但非碳水化合物，乃屬芳香族之化合物 ($C_6H_4(OH)_6$) 爲無色結晶 (圖十九) 味甜，可溶於水，不溶於酒精或醚，無旋光性，遇麥酒酵母不能發酵，亦不還原費林試液。普通肌肉約含 0.1 — 0.3% 。

e. 乳酸(acide lactique) 倦怠之肌肉含乳酸甚多，故呈酸性反應。唯肌肉之乳酸與平常醱酵乳酸略有不同，故特稱曰肌乳酸(acide sarcolactique)。肌乳酸爲右旋性，而醱酵乳酸對於極光則無影響；且二者之鈣鹽與鋅鹽之溶解度與結晶水均不相同。

f. 肌肉酸(creatine) 爲氮、氫、氧、磷等元素構成。可溶於醚。與氫氧化鉍共熱則分解爲尿素與分解肌肉酸 (sarcocine)



肌肉酸與稀酸共熱，化爲縮水肌肉素(creatinine)



縮水肌肉素於尿內存量較多，肌肉內較少。據學者之推測，肌肉酸似為蛋白質之分解產物，由肌肉酸變為尿素與縮水肌肉素以排出體外。

肌肉內尚有尿酸與核鹼少許。

第六節 肝臟

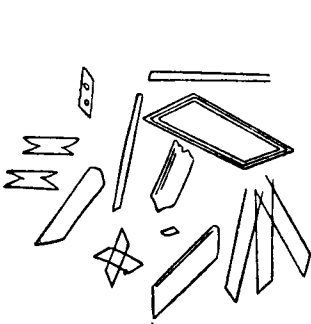
新鮮之肝臟概呈鹼性反應，離動物體後不久便變為酸性。

一千肝臟平均約含：

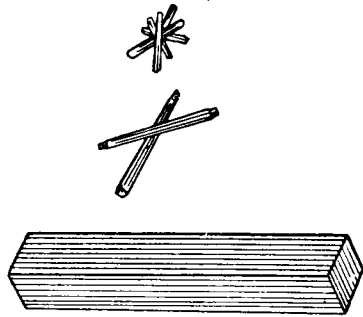
水	760克
蛋白質	60
脂肪	2
卵黃磷脂	20
鹽	10
肝臟粉及其他碳水化合物	148

肝臟之蛋白質有屬球素類亦有屬蛋白素類者，核素蛋白質亦有微量。碳水化合物以肝臟粉為大宗。無機物以鐵質比較主要，但與其他物質化合而存在，故不易顯明其性質。此外肝素(jecorine)為肝臟特有之有機物質，其分子式為 $C_{105}H_{188}N_8S P_8O_{16}$ ，據生理學者之意見，似係脂蠟酸之變化物，可使費林試液還原，並可由氫氧化鋇之作用分解為糖。

動物死後，其肝臟不數小時即變僵硬，與肌肉之僵硬相似
故有謂肝臟僵硬與肌肉僵硬出於相同之原因者。



第二十一圖 纖維糖之結晶



第二十二圖 肌肉酸之結晶

第十章 膽汁

膽汁(bile)爲膠黏之青黃色(人)液體，密度約在一·〇一至一·〇二之間。化學成分隨所屬動物而異，茲將人類及其他動物之膽汁成分列表如後：

人之膽汁一千分含：

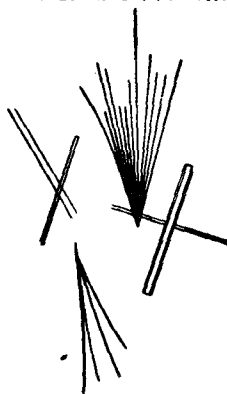
水	974.80	或964.71	或974.60
黏液素	5.29	4.29	5.15
膽汁鹽	9.31	18.24	9.04
脂肪卵磷脂膽汁糖	2.25	5.48	3.75
鹽	8.32	7.25	7.46

動物名 物質	水	膽汁鹽	黏液素與 色素	無機鹽	脂肪
牛	904	80	8	11	11
豕	988	83.8	5.7	11	22.3
魚	904.8	83.8	14.8	36.3	2.3
鷄	80.2	170.6	25.6	36.3	3.6

第一節 膽汁鹽

關於膽汁有兩種極重要的有機酸，一稱甘膽酸(acide glycocholique)一稱牛膽酸(acide taurocholique)。甘膽酸、牛膽酸均形成甘膽酸鈉與牛膽酸鈉存於哺乳動物之膽汁內。形成甘膽酸鉀與牛膽酸鉀存於海魚膽汁內。甘膽酸鈉、甘膽酸鉀、牛膽酸鈉與牛膽酸鉀等統稱曰膽汁鹽(sels biliaires)膽汁之有苦味即因膽汁鹽存在故也。人之膽汁約含甘膽酸鹽七%牛膽酸鹽二%。膽汁鹽均溶於水或酒精，不溶於醚，故其酒精溶液可為醚沉澱。

膽汁鹽之取法 取膽汁二百立方厘米，與二十克骨炭(charbon d'os)相加，蒸發之；得固體成分，溶之於酒精。溶於酒精之物質頗多，有膽汁鹽，卵磷脂，膽汁精……等等，但溶於酒精而不溶於醚者惟膽汁鹽能之，故加醚於酒精溶液得膽汁鹽之沉澱。初得之沉澱為白色粉末，



第二十三圖
plattner 結晶體

若浸於醚與酒精之混合液數日，得第二十三圖所示之結晶體。

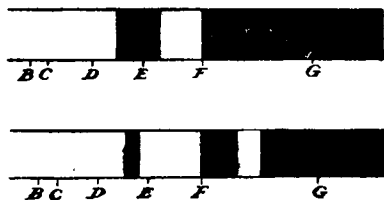
膽汁鹽與甘膽酸及牛膽酸之性質。於膽汁鹽或甘膽酸與

牛膽酸之溶液內加濃硫酸約三分之二（徐徐注入，不能使溫度超過七十度），蔗糖式左旋糖（一〇%）數滴，則得美麗之紫紅色，是謂貝當格夫氏反應（*réaction de Pettenkofer*）

貝氏反應乃由於硫酸與蔗糖或左旋糖作用，生成呋喃甲醛（*furfurol*），由呋喃甲醛作用於膽汁鹽，故得紫紅色。設不加蔗糖或左旋糖，於一立方厘米之溶液加呋喃甲醛（1⁰/₁₀₀）一立方厘米，濃硫酸一立方厘米（溫度不能超過七十度），亦得同樣結果。是謂俞德郎齊氏反應（*réaction d' Udranzky*）。

俞氏反應與貝氏反應均非膽汁鹽或甘膽酸與牛膽酸所獨有者。其他如白明膠亦有相似之反應，故欲證明一種溶液是否為膽汁鹽，除俞氏與貝氏反應外，尚須求助於其他方法。最簡單之補助方法為吸收光帶之鑑別。經貝氏或俞氏所得之紫色溶液均具吸收紫色光之能力，濃度低時只吸收一部份，濃度愈強，吸收部份亦愈擴大。若

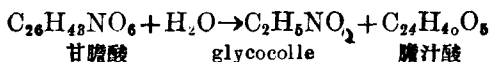
將濃度增減至相當界域，俾紫色光線完全吸收，此時之光譜有黑線兩條，一與日光譜之F線接近，另一界於DE之間。（見圖二四）



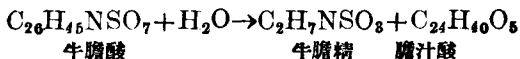
第二十四圖 貝當格夫氏反應，吸收光譜。

I: 濃液
II: 稀液

甘膽酸 $C_{26}H_{42}NO_6$ 與鹼或稀酸共熱，分解為 glycocolle 與膽汁酸(acide cholalique)

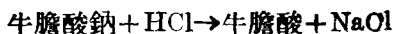


牛膽酸 $C_{26}H_{46}NSO_7$ 與鹼或稀酸共熱產牛膽精 (taurine 第一次為 Gmelin 於牛膽內發現) 與膽汁酸



glycocolle 為氨基酸之一，可由蛋白質分解產生。牛膽精雖非蛋白質之分解產物，但 cystine(氨基酸之一)可由錫與鹽酸之作用分解為 cysteine $CH_2(SH) - CH(NH_2) - COOH$ ；cysteine 可氧化而為 acide cysteique $CH_2(SO_2OH) - CH(NH_2) - COOH$ ；acide cysteique 被減去 CO_2 則為牛膽精。

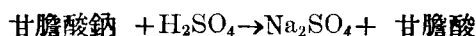
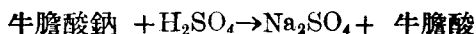
牛膽酸與甘膽酸之分別取法 犬之膽汁只含牛膽酸鈉而無甘膽酸鈉，故取牛膽酸時可以用作材料。首先用膽汁鹽之提取法（見膽汁鹽取法），得牛膽酸鈉沉澱。次將牛膽酸鈉沉澱溶入酒精，加鹽酸少許則起下列反應：



NaCl 不溶於酒精，故可過濾除之。NaCl 除去之後，加醚則牛膽酸沉澱。所得沉澱尚含氯化鈉少許，如欲除去，可將沉澱溶入酒精，將不溶解之氯化鈉過濾除去，加醚則得比較純

淨之牛膽酸沉澱。

只含甘膽酸鈉而不含牛膽酸鈉之膽汁尙未曾見，故甘膽酸之取法較牛膽酸略有不同。首先用膽汁鹽之提取方法，使甘膽酸鈉與牛膽酸鈉共同沉澱（通用之材料多爲牛膽汁），次將沉澱溶入水內，加硫酸得下列反應。

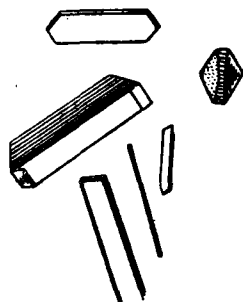


Na_2SO_4 與牛膽酸均溶於水，只甘膽不能溶解（三〇〇分水只溶一分甘膽酸）故得其沉澱。

第二節 膽汁色素

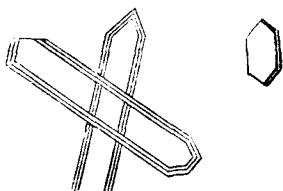
平常講到膽汁色素都說有兩種，一叫膽金 (biliruline)，一叫膽綠 (bilivertine)。其實這是錯誤的，膽汁裏面並沒有膽金和膽綠，膽汁裏面所有的是膽金和膽綠的銨金屬鹽。

膽金 $\text{C}_{52}\text{H}_{86}\text{N}_4\text{O}_6$ 或爲無定形之黃色粉末或爲斜方形結晶（見圖二五）不溶於水，微溶於

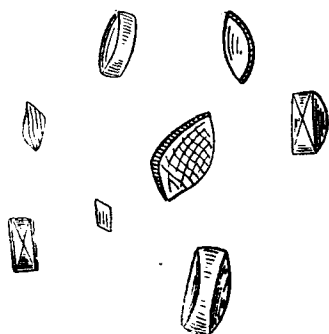


第二十五圖 甘膽酸之結晶體

醚，或酒精，易溶於哥羅仿 (chloroforme)，易氧化而為膽綠，與鹼化合，形成鹼金屬鹽（即存於膽汁內之色素）。此等鹼金屬鹽易溶於鹼溶液，微溶於水，但不溶於哥羅仿。膽金又可與鹼土金屬化合，形成鹼土金屬鹽。膽金之鹼土金屬鹽不溶於水亦不溶於哥羅仿。茲將膽金、膽金鹼金屬鹽與鹼土金屬鹽之溶解性列表於後，以作比較。



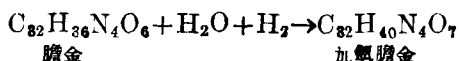
第二十六圖 牛膽精之結晶體



第二十七圖 膽金

溶 媒 \ 物 質	膽金	膽金鹼金屬鹽	膽金鹼土金屬鹽
水	不溶	溶	不溶
哥羅仿	溶	不溶	不溶

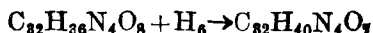
膽金鹼金屬鹽之水溶液與汞鈉合金 (amalgame de sodium) 作用，產生加氫膽金 (hydrobilirubine)。



加氫膽金頗似尿金 (urobilin 見尿之色素)。

膽金因還原劑 (碘化氫) 之作用, 化爲血素吡咯 (hemo-pyroll) $\text{C}_8\text{H}_{18}\text{N}_0$ 。血素吡咯又可由血紅素或血金變化而來, 與氧氣結合產生尿金。

膽綠爲膽金之氧化物, 其分子式僅較膽多 O_2 ($\text{C}_{82}\text{H}_{36}\text{N}_4\text{O}_8$)。不溶於水, 亦不溶於哥羅仿, 但溶於酒精或冰醋酸哥羅仿內若加冰醋酸亦可用爲膽綠之溶媒。膽綠之鹼金屬鹽可溶於水, 其鹼土金屬鹽則否。膽綠之鹼金屬鹽與鹼土金屬鹽均可因無機酸之作用分解爲游離之膽綠。膽綠與氫氣結合形成加氫膽金。



欲得固體之膽綠, 可取膽金鹼金屬鹽之水溶液用力振盪, 使與空氣接觸; 膽金鹼金屬鹽吸收空氣中之氧氣, 形成膽綠鹼金屬鹽; 加稀鹽酸則膽綠鹽分解, 產生膽綠與氯化鹼金屬; 氯化鹼金屬可溶於水而膽綠則否, 故可過濾得之。

膽汁色素之試驗 注濃硝酸 (須含二氧化氮少許。置硝酸於強光下, 至染爲淡黃色時便可應用) 十立方厘米於試驗管內, 由試驗管口徐徐加入膽汁色素溶液約二十立方厘米。膽

汁色素溶液較硝酸略輕，故浮於硝酸之上。於硝酸與色素接觸處呈現種種不同之顏色：與硝酸最近的一層為黃色，黃色層以上為紅色，紅色以上為紫色，紫色以上為藍色，藍色以上為綠色。此種反應曰 Gmelin 氏反應或膽汁色素反應。因其顏色層之難於分明，故常以漢馬斯德反應代之 (réaction d' Hammarsten 見後)。

硝酸 (二五%) 一分加鹽酸 (二五%) 十九分，靜置數日後加酒精四倍 (硝酸與鹽酸之混合液一分加酒精四分，宜於臨用時加之) 所得曰漢氏試液 (réactif d' Hammarsten) 取漢氏試液二立方厘米加肝汁色素溶液數滴，得綠色液體；若多加漢氏試液少許，則得藍色，再多加則得紫色……。統言之凡 Gmelin 氏反應中之顏色均隨所加試液之多寡而次第呈現。是謂漢馬斯德反應。

膽汁色素之來源 膽汁色素產自血色素，此點可由下列諸事實證之。

a. 凡有血色素之脊椎動物均有膽汁色素；蛙蟻魚無血色素，亦無膽汁色素。普通無脊椎動物多無血色素，故亦無膽汁色素。

b. hématoïdine 出自血色素，性質與膽金頗多相同。

c. 血色素與膽金均可產生血素吡咯。

根據上述事實，膽汁色素與血色素之關係可以明瞭矣。

第三節 膽汁核素蛋白質

膽汁膠黏而牽連，似若含有黏液素甚多，但據牛膽汁研究結果，已知膽汁之膠黏性並非起因於黏液素，實在起因於一種核素蛋白質。此種核素蛋白質與黏液素之性質頗相近似，但有下列二點可以區別之。

a. 黏液素可由醋酸沉澱，所得沉澱不溶於過量醋酸。膽汁之核素蛋白質亦可由醋酸沉澱；但所得沉澱溶於過量之醋酸。

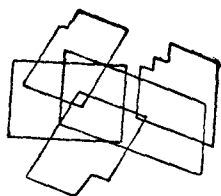
b. 黏液素由氫、氧、氮、碳、硫等元素構成，而核素蛋白質除碳、氫、氧、氮、硫外尚有磷元素。

普通膽汁約含核素蛋白質千分之一。人膽汁除核素蛋白質外尚有黏液素微量。

第四節 膽汁精(cholestrine)

膽汁精並非膽汁獨有之物質，其他如中樞神經組織，卵黃等內亦可見之。其分子式為 $C_{27}H_{46}O$ 。不溶於水，溶於熱酒精

或醚，哥羅仿內亦可溶解。將其酒精溶液放冷，得片狀之晶體（圖二八）結晶水為一分子。若蒸發其醚或哥羅仿溶液，得針狀結晶，不含結晶水（此地假設醚與哥羅仿俱為無水者。若含有水分則所得結晶體與第二八圖同）。



第二十八圖 膽汁精

膽汁精試驗 a. 沙古史其氏反應 (réaction de Salkowski) 取膽汁精數厘克溶入哥羅仿二立方厘米，與同體積之濃硫酸相加；哥羅仿液初呈鮮紅色繼呈紫紅色；硫酸呈暗紅色並有綠色螢光。

b. 結晶染色反應 注硫酸五分與水一分之混合液於膽汁精之結晶體上，結晶之邊緣染成鮮紅色，中心染成紫色。本反應多用於顯微染色術上。

第十一章 唾液

平常所謂之唾液乃頰下腺 (glandes sous-maxillaires) 舌下腺 (glandes sublinguales) 耳下腺 (glandes parotidiennes), 與口腔黏膜小腺之混合分泌液也, 爲無色無味之透明液體。密度約 1.005 。

第一節 唾液之化學成分

唾液爲含水最多之分泌液, 約九九四——九九五 $\%$ 爲水, 三——四 $\%$ 爲有機物質, 約二 $\%$ 爲無機物。主要之無機物有氯化鈉、硫酸鈉、氯化鉀、硫酸鉀、碳酸鈣、磷酸鈣、磷酸鎂、碳酸鎂等多種, 有機物之主要者有蛋白質, 黏液素與硫氰酸鉀 (KCNS) 等三種。蛋白質爲屬於球素類之單純蛋白質, 存量甚少; 黏液素存量較多; 硫氰酸鉀存量亦微, 間或僅有 0.008% , 且難於分析, 故少數學者間有否認唾液之含有硫氰酸鉀; 然此說不足可信。唾液之含有硫氰酸鉀可由下列二點證明:

- a. 於含有鹽酸之唾液內加三氯化鐵, 得血紅色液體。

b. 於唾液之水溶液或酒精抽液加氯酸鉀與鹽酸之混合液（氧化劑），得硫酸鹽。由此推知唾液必含一種硫化物，溶於水與酒精，並可氧化而為硫酸，凡此皆與硫氰酸鹼金鹽之性質相同。

據上述兩點可知唾液之含有硫氰酸鹼金鹽為無可疑議之事實。平常吸煙者之唾液含量較多，（ $0.01-0.02\%$ ）故檢定比較便利。

第二節 唾液之酵素

唾液裏面有一種酵素叫做澱粉酵素 (amylase) 又稱唾液素 (ptyaline)。熟的澱粉可以經過牠的作用化為糊精或麥芽糖，生的澱粉受其作用較慢。

於澱粉糊內加唾液少許，澱粉與唾液具非還原劑，對於費林試液不生作用；然靜置片刻後，檢查之，可見其有還原費林試液之性質，遇碘不染成藍色而染成紅色，此因澱粉因唾液作用已分解為糊精與麥芽糖故也。此時糊精共分染色糊精與非染色糊精（見碳水化合物）二種，若時刻較久則染色糊精次第化為非染色糊精，致使遇碘質染為紅色之反應完全消失。此時麥芽糖亦大量增加（由非染色糊精分解產生），然無論如何總有

一部份非染色糊精存留着，這存留着的一部份糊精雖與唾液合置數日亦不起變化。所以非染色糊精又分 α 、 β 、 γ 三種， α 、 β 可由唾液素作用而分解為麥芽糖， γ 則否。

第十二章 胃液

據多數測驗胃液的成分大概如下：

水	94.40
有機物	3.19
無機物	2.41

胃液有三種性質是值得注意的，第一、胃液呈酸性反應；第二、胃液有消化蛋白質的力量；第三、胃液有凝結乾酪素的力量。茲將這三種性質分別述之如次。

第一節 胃液之酸性

胃液的酸度平均和一·八——一·五%的鹽酸相似。這酸度是從何而來的呢？有說是因為胃液裏面有乳酸存在；有說是因為有鹽酸存在。經多方證明，乳酸一說已經完全推翻了。碳水化合物在胃裏面發酵而產生乳酸，並非胃液原來就有乳酸。

鹽酸在胃液內與其他物質化合而存在呢，還是單獨底為遊離鹽酸而存在？對於這個問題，可分兩方面回答：純粹的胃液纔有遊離鹽酸；不純粹的胃液只有鹽酸與有機物質的化合

物。下列的實驗便證明一樣的回答是正確的。

a. 將純粹的胃液(用 Pavlov 小胃法所取得之胃液)置入真空,可見氣體的氯化氫從胃液裏逸出(溫度 $20^{\circ}-30^{\circ}$)。

b. 純粹的胃液與蔗糖共熱,所得轉化糖量與同酸度之鹽酸於同樣條件下所給之轉化糖量相同。

c. 純粹胃液之滲透狀況與同酸度之鹽酸相同。

凡上述三點均可證明純粹胃液內有游離鹽酸之存在。

不純粹之胃液其鹽酸與有機物化合,故性質亦與純粹之胃液不同。

a. 不純粹之胃液置入真空,無氣體之氯化氫放出。

b. 不純粹之胃液與蔗糖共熱,所得轉化糖,常少於同酸度之鹽酸於同樣條件下所給之轉化糖。

c. 滲透狀況與游離鹽酸不同。

上述三點俱可證明不純粹胃液之鹽酸實已與其他物質化合。至於此等化合物之組成與結構至今尚無確切之說明。

除鹽酸或鹽酸之化合物,胃液尚含酸性磷酸鹽少許,存量雖微,但對於胃液之酸度不能說毫無關係。

第二節 胃液素

胃液之能消化蛋白質即因含有胃液素(pepsine)故也。首次發現胃液素者爲希璜氏(Schwann)，其化學結構至今尚未能確定，然爲含氮化合物已無疑矣。熱至一百度起膠凝現象，其溶液可用酒精或鞣質沉澱之。

單獨胃液素亦不能使蛋白質分解，必需酸性液體與之合作。故於胃液加鹼性溶液，使酸性中和；雖有胃液素存在，但無消化力量。反之，將胃液加熱至一百度，使胃液素破壞，酸性雖然存在，但對蛋白質毫無作用。由此可見胃液素與酸性非互相合作不能成其消化作用。

據曼施奈(Meissner)之分法，蛋白質經胃液消化後，產生三種消化蛋白質：曰難消化蛋白質(dyspeptone)、副消化蛋白質(parapeptene)、與真正消化蛋白質(peptone)。

難消化蛋白質不溶於胃液，爲含磷之核素，不受胃液素之消化。副消化蛋白質溶於胃液，若用碳酸鈉將胃液之酸性中和後，得其沉澱。副消化蛋白質屬酸性蛋白質，爲蛋白質與酸性溶液作用之產物。真正消化蛋白質亦溶於胃液，但不爲碳酸鈉沉澱。曼氏又將真正消化蛋白質分爲 α 、 β 、 γ 三種。 α 可用醋酸亞鐵氰化鉀或硝酸沉澱； β 只能爲醋酸亞鐵氰化鉀沉澱； γ 既不能由醋酸亞鐵氰化鉀沉澱又不能由硝酸沉澱。

白明膠與彈力纖維素均受胃液之消化，而角質則否。

血色素與核素蛋白質經胃液之消化後，產生蛋白質與核素或血紅素；蛋白質可繼續分解至蛋白醣；核素與血色素則均不受胃液之消化。

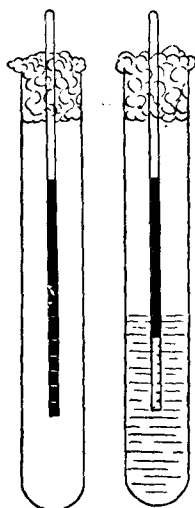
胃液消化力量之比較法 方法頗多，簡單者有下列數種。

a. 以同量之纖維素投入同量之甲乙二胃液（溫度四十四度）。假設甲液之纖維素須一小時便完全溶解，而乙液之纖維素共須二小時方能完全溶解，則甲液之消化力較乙液強一倍。

b. 比色法 將纖維素投入洋紅，待若干時後，取出洗滌之至洗滌液不紅為止。將此已洗滌之纖維素（染為紅色而不脫色）放入胃液。胃液之消化力愈強，則溶解之纖維素愈多，放出洋紅亦愈多，胃液之染色亦愈深，故比較色度之深淺可推知其消化力之強弱。

c. 邁特氏法 (méthode de Mette) 取同長度同直徑之玻璃管兩條，各注流動之蛋白少許，加熱使流動之蛋白膠凝，玻璃管外劃成刻度，投入同量之甲乙兩種胃液，待一定時間後，比較管內已經溶解蛋白之長度以定消化力之強弱。
(見圖二九)

d. 亞爾蒂氏法 (methode d' Art-
hus) 玻璃管二十根，每根注以同濃度
之白明膠十立方厘米。將玻璃管分爲甲
乙兩組，每組十枝，每枝給以一定之號
碼。屬於甲組之玻璃管各加甲種胃液一，
二，四，六，八，十，……滴不等；屬於乙組
者則加乙種胃液；用力振盪使白明膠與
胃液充分混和。放入三十度至四十度之
暖爐內，十二小時或二十四小時後取出
視之，觀甲組何號玻璃管與乙組何號玻
璃管之白明膠的變化程度相同，以定甲
乙二液之強弱。



第二十九圖 邁特氏管

第三節 凝乳酵素 (labferment, présure)

胃液可以引起乳汁內乾酪素的凝結，這種凝結現象叫做
乳凝現象 (caseification)。嚴格的講，乳凝現象並不是平常的
普通凝結現象；乳凝現象實在是一種分解現象 (décompositi-
on) 乾酪素在乳凝現象裏面實實在在已經分成兩種物質了，一
叫乾酪素元 (caseogène) 一叫卵清蛋白質 (substance album-

inoïde du lactosérum)。乾酪素元遇到乳汁裏面的鈣鹽遂發生沉澱。沉澱以外的乳汁叫做乳清(lactosérum)，乳清蛋白質便溶解在乳清裏面。

胃液之所以能夠引起乳凝現象完全因為有凝乳酵素存在的關係。在幼小動物的胃液裏面凝乳酵素較多，壯年的胃液內較少。凝乳酵素的效力在四十度最強，二十度以下完全無效，六十度以上便完全破壞。少量的稀酸或鹼土金屬鹽可以增進牠的效力，所以若在壯年的胃液內加稀酸萬分之一或氯化鈣少許，則其凝乳力量必定增強很多。

第四節 脂肪酵素(lipase)

存量甚少，且只能作用於已乳化之脂肪（分解為脂酸與甘油），故在消化上之位置不及前述二種酵素重要。（未乳化之脂肪僅極少量可受胃液脂肪之作用）。

第十三章 胰液

胰液爲略帶黃色之液體，易於腐壞，呈鹼性反應，其鹼度約與四一五‰之碳酸鈉相等。無機鹽約佔其總量千分之十，其中主要者有氯化物，磷酸鹽，碳酸鹽等多種。蛋白質之存量亦甚顯著。胰液之因熱而膠凝，遇酒精而沉澱，即因含有蛋白質故耳。他若米龍氏反應。薑黃反應，與縮脲反應胰液亦皆具之。

胰液在生理上較有價值之特性有三，即澱粉、蛋白質與脂肪之消化是也。茲將管理此三項消化之酵素分別論之如後。

第一節 澱粉酵素

胰液之能消化澱粉實因澱粉酵素存在故也。胰液澱粉酵素之性質大致均與唾液澱粉酵素相同，所相異者惟消化力之強弱耳。胰液澱粉酵素之消化力較唾液澱粉酵素強，但消化之步驟則大致相似。（見唾液）

第二節 脂肪酵素

胰液可以促成脂肪發生兩種變化：一曰鹼化(saponifica-

tion):—曰乳化(émulsion)。

鹼化就是中性脂肪分解爲甘油和脂酸的意思。主持鹼化作用的主要分子便是脂肪酵素。由鹼化而產生的脂酸和胰液腸液或膽汁的鹼金屬鹽作用，產生肥皂。

卵磷脂經胰液鹼化後產生甘油、脂酸、磷酸和膽汁鹼(choline)。

鹼化之試驗 取新鮮胰腺十克，搗碎後，投入三十立方厘米重碳酸鈉（1⁰/₀₀，爲哥羅仿所飽和之重碳酸鈉溶液，以防胰腺腐敗，）放置二十四小時，加水二十立方厘米，過濾之使固形成分分離。於十立方厘米之濾液內，加脂肪二立方厘米，攪拌後，放置稍久；溶液之鹼度漸漸低減，終至鹼度完全消失，轉爲酸性溶液。此因脂肪鹼化而產生脂酸故也。

前於脂肪章已經提及，凡遊離脂酸，鹼性溶液或肥皂等均爲促進脂肪乳化之要因。今胰液既呈鹼性反應，脂肪遇之又可起鹼化而產生游離脂酸，一部份脂酸與鹼金屬鹽作用，產生肥皂，凡此種種俱爲促進脂肪乳化之因子，故胰液之爲乳化劑，實理所必然。

第三節 胰液素(Arypsine)

從魏爾遜氏管 (canal de Wirsung 輸送胰液至腸腔之導管) 直接收集之胰液, 無消化蛋白質能力; 必與腸液或腸壁之抽液混合後, 方能消化蛋白質。蓋純粹胰液只有胰液素元 (trypsinogène) 而無胰液素; 胰液素元經腸液之腸液激動素 (entérokinase) 作用後 (空氣中之氧氣與稀水楊酸 acide salicylique 等亦有同樣功用), 變為活動之胰液素。蛋白質經胰液素消化, 後分解為蛋白醣, 百布頓 氨基酸等等。故胰液之蛋白質消化作用較胃液更進一程 (胃液只能使蛋白質分解至百布頓為止)。但非全部百布頓均可化為氨基酸也, 所能化為氨基酸者僅一部份百布頓而已, 其他不能由胰液素作用而分解為氨基酸之百布頓特稱曰抗化百布頓 (antipeptone)。抗化百布頓經胰液消化產生氨基酸。

氨基酸之試驗 要證明一種消化液所含的是胃液素或是胰液素, 可以看牠消化蛋白質的程度如何, 如果蛋白質經牠消化後有氨基酸產生, 便是胰液素; 否則便是胃液素。要知道氨基酸存在與否, 可以用陳乾酪酸酵素 (tyrosinase) 來證明。陳乾酪酸 (tyrosine 氨基酸之一) 遇到陳乾酪酸酵素使發生黑色。所以檢查消化產物與陳乾酪酸酵素相加之後, 有無黑色發生, 便可證明有無氨基酸之存在。

russula 是一種含陳乾酪酸酵較多的黴菌，所以平常多用牠製造陳乾酪酸酵素。將 russula 二百五十克粉碎之後，放入甘油七百五十克，數小時後，用麻布過濾，使甘油分離。

陳乾酪酸遇陳乾酪酸酵素，先染成紅色，繼由紅而棕；此時若加硫酸鎂，則由棕而黑。黑色物質慢慢下沉，析出無色的液體。

從前都以爲胰液素是單獨的一種酵素，但是現在已經證實胰液素這名詞實在包含兩種蛋白質酵素。一種叫做真正胰液素，牠的性質和功能同剛纔所述的胰液素相仿；另一種叫做擬似腸液素，牠的性質和腸液素(érep sine)差不多。

從魏爾遜氏管直接收到的胰液不能作用於普通蛋白質已如前述，但是可以作用於纖維素(fibrine)、鹼性蛋白質，酸性蛋白質、蛋白醣、白明膠和乾酪素等等，這就是因爲有擬似腸液素存在的緣故。擬似腸液素和胰液素是絕對兩種不同的酵素，關於這點可以用滲透(dialyse)方法來證明。將由魏氏管直接收到的胰液放在蒸餾水旁邊滲透很久之後，胰液素元便完全除去了，因爲雖加腸液激動素亦並不能使膠凝的卵白發生變化（如果胰液素元仍舊存在的話，應該在加過腸液激動素之後——胰液素元變爲胰液素——可以消化膠凝的蛋白）；

但是可以消化纖維素、乾酪素和蛋白醣等等，足證擬似腸液素和胰液素是兩種可分離的酵素。

擬似腸液素西文叫 érepsine 和腸液素 (êrepsine) 寫讀俱同，但是這不能說牠們是同樣的一種酵素，牠們的性質雖然有很多地方相似，但是也有很多地方絕對相反的，比如：腸液素可以消化抗化百布頓而擬似腸液素則否。

第十四章 腸液

腸液爲略帶鹼性之液體，密度約 1.010 — 1.015

一七。據 Hamburger 氏測驗結果，其大概組成如下：

水	98.13
Na_2CO_3	0.21
NaCl	0.58
固體殘滓	1.04

腸液共有主要酵素三種：

(一)轉化酵素(invertine) 爲伯爾納首次發現。可使蔗糖分解爲葡萄糖與左旋糖。

(二)麥芽糖酵素(maltase) 使一分子麥芽糖分解爲二分子葡萄糖。

(三)腸液素 除乾酪素外，其他蛋白質均不受腸液素作用。蛋白醣與百布頓可因腸液素而消化爲氨基酸。核酸與精鹼(protamines)亦受腸液素之消化。

除上述三酵素外，腸液尚含 arginase 與乳糖酵素。

arginase 爲 Dakin 與 Kossel 二氏發現。arginine 遇

之，分解爲尿素與 ornithine。

乳糖酵素 (lactase) 幼小動物之腸液含乳糖酵素微量，但成年之腸液多不含之。乳糖遇之，分解爲葡萄糖與分解乳糖。

腸液激動素 爲柏夫羅夫(Pavlov)首先發現。其作用在使不活動之胰液素元變爲活動之胰液素，與普通酵素之性質頗多近似。其破壞熱度爲六十七度。

白血球與淋巴腺亦有與腸液激動素作用相同之物質，但其構造和性質是否與之完全相同，尙未有確切之報告。

分泌精 (sécrétine) 腸壁細胞含有一種物質曰分泌精元 (pro-sécrétine)，因酸液之作用，變爲分泌精。分泌精由血液運輸至胰腺，促起胰腺之分泌工作。

分泌精之性質與酵素頗多不同。最顯著之區別爲熱之破壞作用，分泌精雖熱沸騰，亦不破壞，此爲酵素所不可能者。

第十五章 尿

尿的反應、密度、成分以及每日的排泄量都隨着健康狀態、食物成分、身材大小等等而變化。體格健康，身材適中，食量中等的成年者每廿四小時平均排尿一五〇〇立方厘米，尿的密度平均在一·〇一五——一·〇二〇之間。葷素混食者，尿之反應均為酸性，完全素食者為鹼性。尿之正常酸度應與一·四〇‰之鹽酸相同。每千克尿約含：

水	954
尿素	22
尿酸	0.5
馬尿酸	0.6
縮水肌肉素	0.9
氯化鈉	10.0
硫酸鹼金屬鹽	3.0
磷酸鹼金屬鹽	1.5
磷酸鹼土金屬鹽	0.8
鉍鹽	0.7

尿內無游離之無機酸亦無游離之有機酸（尿酸、馬尿酸

均與其他物質化爲中性鹽而在尿內)，但有酸性磷酸鹽，故爲酸性。

尿內無游離之無機酸與有機酸可由下列實驗證明之：

a. 設有游離之無機酸，加次亞硫酸鈉，應發生硫之沉澱。但試驗結果，並無沉澱，足證無游離之無機酸存在。

b. 設有如尿酸、馬尿酸等游離有機酸，加入剛果紅(rouge de congo)應得藍色；加入二氧化碳應得紫色。試驗結果並不若是，故證明無游離之有機酸。

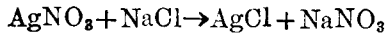
第一節 尿之無機鹽

尿之無機鹽有氯化物、硫酸鹽、磷酸鹽、碳酸鹽、重碳酸鹽等。關於此等無機鹽之性質及定量分析於第二章已經述及；茲將尿之檢驗上所最常用之氯化物與磷酸鹽的容量分析法略加說明。

(一)氯化物之容量分析法 通常用者共有二法，一爲菲爾氏法(méthode de Mohr)，一爲福拉特氏法(méthode de Volhard)。

a. 菲氏法 凡氯化物溶液均可用硝酸銀沉澱之，故於氯化物之中性溶液內，若加酪酸鉀(用作指示藥)少

許，再加硝酸銀，得氯化銀沉澱，待全部氯化物完全沉澱為氯化銀後，酪酸鉀與硝酸銀作用，產生酪酸銀，酪酸銀有極顯明之紅色，當紅色呈現時即為氯化物完全沉澱之指示，此刻便立即停止硝酸銀之加增。知所加硝酸銀之多寡則氯化物之重量可由下式推算之。



一百七十克 AgNO_3 可沉澱五十八·五克 NaCl 。今設所加 AgNO_3 溶液·Vc.c. 共含 AgNO_3 A 克，則受 A 克 AgNO_3 所沉澱之 NaCl 當為：

$$\text{NaCl} = \frac{A \times 58.5}{170}$$

本法原理雖然如此，但試驗時並不如是簡單。蓋尿內除氯化物外，尚有數種有機物亦可與硝酸銀作用，故應設法除去。

取尿十立方厘米加純粹碳酸鈉一克（防止氯化物與磷酸鹽作用）硝酸鉀一克或二克（助有機物之燃燒），置入鎳製或瓷製坩堝，蒸發而灼熱之（溫度不可過高以免氯化物揮發）。灼熱完全後，放冷而溶之於水，加硝酸少許，再加純淨碳酸鈣之粉末，使過剩之硝酸中和（欲得準確結果，此項手續不可避免，碳酸鈣雖稍有多剩，亦無妨礙）。各項手續均已完畢後，加

酪酸鉀數滴，然後再加硝酸銀。

b. 福氏法 氯化物溶液加硝酸少許，再加過量硝酸銀，得氯化銀沉澱。除去沉澱，測定溶液內多剩之硝酸銀。知總共所加之硝酸銀與多剩之硝酸銀，則與氯化物作用之硝酸銀亦可推知。

欲知過剩之硝酸銀可用硫氰酸鉀測定之。於含有過剩硝酸銀之溶液內加鐵鹽溶液少許，再加硫氰酸鉀。硫氰酸鉀首與硝酸銀作用，產生硫氰酸銀沉澱。待全部硝酸銀完全被沉澱之後，硫氰酸鉀乃與鐵鹽作用，產生紅色之硫氰酸鐵，故發現紅色時，應立即停止硫氰酸鉀之增加。知所加之硫氰酸鉀，則與其作用之過剩硝酸銀當可推知。

尿一〇 c.c.，硝酸五 c.c.（密度一·二〇之硝酸）：水五〇 c.c. 硝酸銀二〇 c.c.（二九·〇七五克⁰/₁₀₀），互相混合，振盪之，加水使成一〇〇 c.c.。過濾後，除去氯化銀沉澱。取濾液之半（即五〇 c.c.），加硫酸鐵（ $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ）之飽和溶液三 c.c.，再用滴管注入硫氰酸鉀（八·三〇克⁰/₁₀₀）至得紅色為止。

硝酸銀二九·〇七五⁰/₁₀₀ 每 c.c. 可沉澱氯化鈉一厘克（centigramme）（或氯〇·〇〇六〇克）。硫氰酸鉀八·三

○⁰/₁₀₀ 每二c.c.可沉澱硝酸銀二九·〇七五⁰/₁₀₀ 一c.c.。故假設所用硫氰酸鉀爲五·二c.c.則全部濾液，(全部濾液爲一〇〇c.c.，而前述試驗只取其半)當須一〇·四c.c.。一〇·四c.c.可沉澱硝酸銀二九·〇七五⁰/₁₀₀ 五·二c.c.。前述試驗共用硝酸銀二〇c.c.減去五·二，得一四·八c.c.，是爲與氯化物作用之硝酸銀也。一四·八c.c.可以沉澱氯化鈉一四·八厘克。今設尿內所含完全爲氯化鈉，則一〇c.c.含氯化鈉一四·八厘克，一立升(litre)當含一四八〇克。

(二)磷酸鹽之容量分析法 含有醋酸之磷酸鹽溶液與鈾鹽溶液共熱，得淡黃色之磷酸鈾沉澱。磷酸鈾不溶於醋酸。

於鈾鹽溶液內加亞鐵氰化鉀，隨試驗情形之不同得紅色沉澱或紅色液體。

若溶液內有磷酸鹽，有亞鐵氰化鉀，亦有醋酸，加鈾鹽溶液則磷酸鹽最先沉澱，待磷酸鹽完全被沉澱後，亞鐵氰化鉀方開始與鈾鹽作用，故見紅色即爲磷酸鹽完全沉澱之指示。

取過濾尿五〇c.c.，醋酸鹽與醋酸之混合液五c.c. (溶結晶醋酸鈉一〇〇克於微量之蒸餾水內，加冰醋酸一〇〇c.c.，再加蒸餾水使成一立升。如此配製之混合液比較適用) 共熱

之；加醋酸鈾（將三五克醋酸鈾溶解於含有微量醋酸之水內，加水使成一立升。如此配製之溶液每二〇c.c. 所沉澱之磷酸鹽合 $P_2O_5 \cdot O \cdot$ 一克），見有沉澱產生，至沉澱不再加增時，取分析液數滴，放入亞鐵氰化鉀，如為紅色，則所加醋酸鈾過多，如無紅色，為醋酸鈾不足之證，應加至見紅色為止。

設所用醋酸鈾共二四c.c.，受其沉澱之磷酸鹽合 P_2O_5 一二〇毫克(miligramme)。五〇c.c. 尿含一二〇毫克，一立升當含二·四克。

(三)無機鹽之來源 氯化物多出自食物。磷酸鹽一部分出自食物，另一部份為組織中卵黃磷脂、核素、蛋白質等含磷化合物之氧化產物。卵黃磷脂等氧化而產磷酸，磷酸與組織中之碳酸鹽作用，產生磷酸鹽。

碳酸鹽多出自食物，但果蔬內之蘋果酸鹽酒石酸鹽等於組織內氧化時亦可產生之。

普通食物含硫酸鹽者甚少。尿內大部分硫酸鹽均為蛋白質生膠質等氧化而產生硫酸，硫酸與組織中之碳酸鹽作用，產生二氧化碳與硫酸鹽。下表為食量中等、體格健全者每二十四小時由尿內排出之無機物量。

硫酸	2.00克
磷酸	3.15
氯	7.00
氮	0.75
鉀	2.50
鈉	11.50
鈣	0.25
鎂	0.20

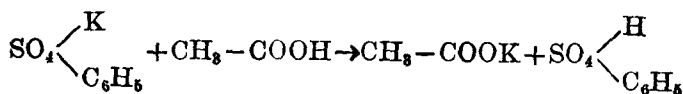
第二節 尿之硫酸苯鉀

硫酸的一個氫原子為苯基所代，得硫酸一苯 (sulfate

monophénylique) $\text{SO}_4 \begin{matrix} \text{H} \\ \diagup \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{matrix}$ ，另一氫原子由鹼金屬原子代

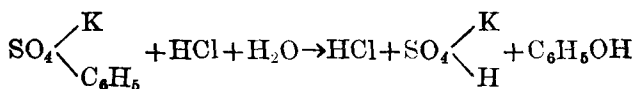
之，得硫酸苯鉀，硫酸苯鈉等等 $\text{SO}_4 \begin{matrix} \text{K} \\ \diagup \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{matrix}$ ， $\text{SO}_4 \begin{matrix} \text{Na} \\ \diagup \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{matrix}$ 。尿

內所存在者以硫酸苯鉀較多。硫酸苯鉀可溶於水，遇醋酸起下列反應：



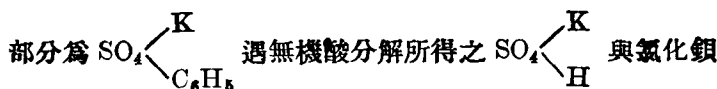
硫酸一苯與醋酸沸熱，不起分解。但若遇無機酸沸熱則得下列

反應。

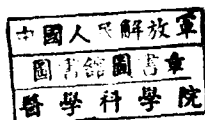
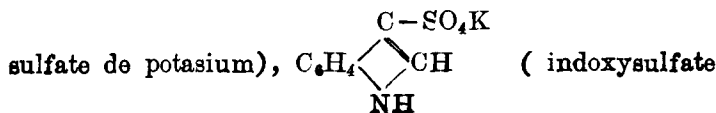
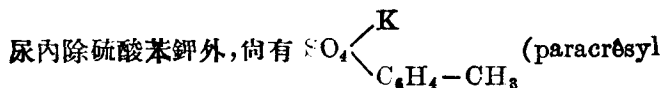


硫酸苯鉍可溶於水而硫酸鉍則否。故於尿內若加醋酸少許（冰醋酸一立方厘米，尿五〇立方厘米）沸熱之，加氯化鉍，得硫酸鉍（尿內無機硫酸鹽與氯化鉍作用，產生硫酸鉍）與硫酸苯鉍。硫酸鉍沉澱，而硫酸苯鉍則否。

設不加醋酸而加鹽酸（濃鹽酸二立方厘米，尿五〇立方厘米），沸熱之，加氯化鉍，則得硫酸鉍沉澱。所得硫酸鉍實包含兩部份，一部分為無機硫酸鹽與氯化鉍作用而產生者，另一



作用而產生者。由總共之沉澱內減去第一部分，則得第二部分。知第二部分沉澱可以求得硫酸苯鉍。



de potassium)等微量

第三節 尿之含氮化合物

氮銨鹽、尿酸鹽、馬尿酸鹽、尿素、縮水肌肉素等均為尿之含氮化合物。含氮化合物之增減變化，對於生理及病理上均極重要。所謂尿氮係數 (coefficient azoturique) 即尿素之氮量與尿之總氮量之比也。常人之尿氮係數約等於 0.85。

欲知尿氮係數，當先求尿之總氮量與尿素氮量。將尿素重量乘以 $\frac{28}{60}$ 或 0.4666 所得便為尿素之氮量。至於尿之總氮量可用蔡達氏法 (méthode de Kjeldahl) 求之。

蔡達氏法 本法原理根源於下列二則：

a. 有機物與濃硫酸共熱，分解而放出氮氣，氮氣與硫酸化合形成硫酸銨。

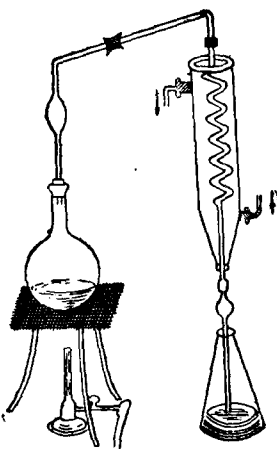
b. 硫酸銨與多量苛性鈉共熱，放出氮氣。

尿 5 c.c. 硫酸與氧化磷之混合液一五 c.c. (硫酸一立升，二百克氧化磷) 汞一·五克共熱 (氧化磷用作吸收水分，汞之作用在促進有機物之破壞)，待無色方止。放冷後加蒸餾水約五〇〇 c.c.，次亞磷酸鈉一克 (使汞沉澱)，再熱十數分鐘 (溫度須在八十度以下)。放冷後加苛性鈉，並蒸餾之，將蒸

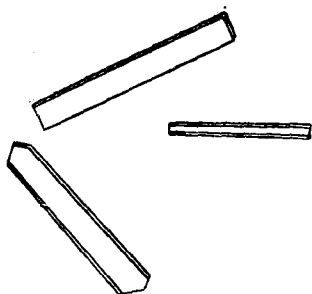
餾所得之氨氣導入已知濃度之酸液內。一部分酸液受氨中和，知中和之酸量，則氮量可以推得。(圖三〇)。

(一) 尿素(urée) $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$

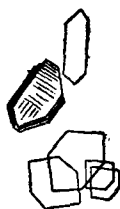
溫度二十五度時溶於同量之水或五倍其量之酒精。放冷其水溶液或酒精溶液得無色之針狀結晶(見圖三一)。不溶於純醚。與濃硝酸或草酸共熱，得硝酸尿素或草酸尿素。硝酸尿素與草酸尿素均溶於沸水，冷置之，得第三二圖所示之晶體。



第三〇圖 氨之蒸餾器
B 苛性鈉與硫酸鈹
R 冷凝器
F 已知濃度之酸液



第三十一圖 尿素



第三十二圖
硝酸尿素與草酸尿素

於呋喃甲醛與鹽酸之混合液內(二 c.c. 濃呋喃甲醛, 五滴濃鹽酸), 放尿素結晶, 得紫紅色。是謂希夫氏反應(*réaction de Schiff*)。

尿素與氧化劑(譬如次亞溴酸鈉)作用, 產生氮與二氧化碳等等。



因微生物作用, 一分子尿素與二分子水結合, 產生碳酸銨。

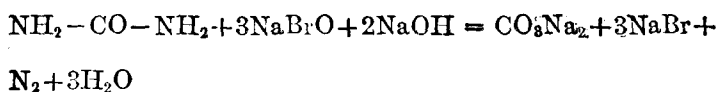


尿素之溶液可用硝酸汞沉澱。在一定環境之下, 所得沉澱之組成爲: $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 2\text{HgO}$ 。

尿素若與氯化鋇之鹼性溶液共熱, 得碳酸銨。與溶化並沸騰之氯化鎂或氯化鋰作用, 亦得同樣碳酸銨。

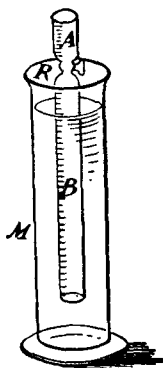
尿素之取法 將尿液蒸發至糖漿狀態, 加硝酸多量, 得硝酸尿素之沉澱(難溶於硝酸)。將沉澱夾入吸水紙, 使之乾燥。乾燥後, 溶之於水。因有硝酸混在, 故加碳酸鋇以中和之。中和後之水溶液經蒸發而乾燥, 得固體成分, 溶入純酒精, 並過濾之。將濾液少加蒸發以增高其濃度, 放冷後, 得尿素之結晶。

尿素定量法 a. 次溴酸鈉法 加次溴酸鈉與氫氧化鈉 (水六〇 c.c. 與氫氧化鈉三〇%十二 c.c. 相加。放冷後, 加溴一〇 c.c., 加注須慢, 並時時攪拌, 否則所得非爲次溴酸鈉而爲溴酸鈉) 於尿, 尿素分解, 放出氮氣, 知氮氣多少, 則尿素量可推求之。



依照理論每一〇〇克尿素可以產生四六·六六克氮, 一〇〇克氮合尿素二一四·二八克。但尿素能否完全分解? 除尿素外, 尿內尚有其他含氮化合物亦能分解否? 凡此均爲使本法不能十分準確之最大原因。

本法用器可參見第三三圖, AB爲一刻度管 (依馮氏管 tube d' Yvon) 分A與B兩部, AB之間有活栓 R 爲隔。M 爲貯汞之玻璃筒。將 A B 插入 M, B 部充滿水銀, 關閉 R, 將尿液注入 A 部。將 A B 稍稍提起, 開放 R, 使 A 部尿液流入 B 部, 關閉 R。液入 B 部之尿液可於刻度



第三三圖
依馮氏管

上見其容積。將 A 部剩餘之尿液用吸水紙除去; 注入次溴酸鈉與氫氧化鈉之混合液。開放 R, 使流入 B 部。流完後, 立刻關閉

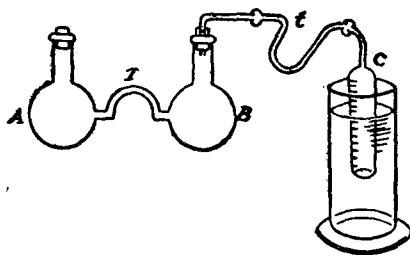
R。放出之氮氣亦存於B部，觀B部之刻度可知其體積。設V為氮之體積，T為溫度，H為大氣壓力，F為水蒸氣於T度時之最大張力， α 為氣體之膨脹係數。（每立升氮於標準狀態下重一·二五六克）則氮之重量應為：

$$p = V \times \frac{1}{1 + \alpha T} \times \frac{H - F}{760} \times 1.256$$

尿素之重量為：

$$P = p \times \frac{214.28}{100} \quad \text{或} \quad P = 2.1428p.$$

第三四圖所示亦為本法用器之一。AB為二玻璃瓶，以T管相接。B瓶與C刻度管以T橡皮管相通。注尿（約一〇c.c.）



第三十四圖 Regnard 氏器

於A瓶，次溴酸鈉與氫氧化鈉於B瓶。嚴封兩瓶，將C刻度管插入D水筒，並使C管內之水面與管外水面相平。注意與水面相平之刻度為幾何。如法安置後，傾邊AB兩瓶，使A瓶之尿與B瓶之次溴酸鈉作用。因氮氣增加，C管內之水面降低。將C管提高使管內與管外之水面仍復相平。視C管之刻

度加增幾何，遂知氮之體積。知氮氣之體積，尿素之重量可求矣。

據實驗結果，尿素於本法內只百分之九十二可以分解，故應將所得結果乘以一·〇八七或 $\frac{100}{92}$ 。又據實驗報告所得氮氣有〇·〇四五出自其他銨鹽；故所得結果除乘以一·〇八七外，須再乘〇·九五五，所得方較正確。

關於缺點之補救，除乘以相當數目外，還可用他種手續促進尿素之完全分解與阻止其他銨鹽之參與作用。關於第一點可用葡萄糖補救之；每一 c.c. 尿約加二〇%之葡萄糖一 c.c.，則尿素之分解自可完全。關於第二點可用錳磷酸(acide phosphotengstique) 補救；因縮水肌肉素、尿酸、銨鹽等含氮化合物多可由錳磷酸沉澱。(尿一〇 c.c. 約加蒸餾水一〇 c.c. 濃鹽酸一 c.c.，市售錳磷酸五 c.c.。放置二十四小時，過濾之，將所得沉澱用清水洗滌，洗滌液亦加入濾液內。未用苛性鈉中和，並加水使成一〇〇 c.c.，然後再按照前述方法用次溴酸鈉進行試驗)。

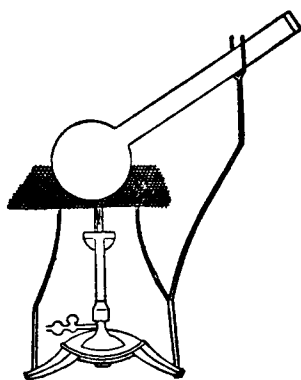
b. 硝酸汞法 硝酸汞與尿素結合，產生白色沉澱。知所用硝酸汞多少，則與之結合之尿素亦可推求。欲知沉澱之是否完全可用氫氧化鈉或酸性碳酸鈉顯明之。當尿素完全沉

澱後，過剩之硝酸汞與氫氧化鈉或酸性碳酸鈉作用，產生深黃色之化合物，故黃色之生成即為沉澱完全之表示。

本法原理雖簡，但因磷酸鹽與氯化物亦可與硝酸汞作用，故應除去之，以其手續加煩，姑從略。

c. 氯化鎂法或稱福林氏法 (méthode de Folin) 本法通用較廣 茲詳述之如後：

本法所用器皿如第三五圖所示，為容量約一五〇——二〇〇 c.c. 之玻璃瓶一只。於玻璃瓶內置尿五 c.c.，結晶氯化鎂三五克，濃鹽酸五 c.c. 共熱。火焰不可過強。不能使蒸氣散發，平均以一六〇——一六五度最宜。約熱一小時，



第三五圖

除去火焰，放冷後，加水少許，並加微量苛性鈉使過剩之鹽酸中和。中和後，再加苛性鈉二五%五 c.c. 然後徐徐蒸餾之。(圖三〇) 尿素前與氯化鎂共熱，化為碳酸銨，再與苛性鈉蒸餾，遂放出氨氣。氨氣經冷凝後，導入二十 c.c. 之 $\frac{N}{5}$ 硫酸 (九·八‰) 內。一部分硫酸受氨氣中和。按照容量分析法之規定，用 $\frac{N}{10}$ 之氨溶液 (一·七‰) 測定未中和之硫酸以推定與已中

和之硫酸並與之結合之氮氣。但所得氮量非全為尿素所產生者，其中一部分為尿內銨鹽所產，故於所得氮量內應減去此項非屬尿素所產生之氮量（見後：氮與銨鹽節）而後以之推定尿素，

例：設二〇 c.c. $\frac{N}{5}$ 之硫酸經蒸餾之氮氣中和後，尚須 $\frac{N}{10}$ 氮溶液六 c.c. 方得完全中和，又知二〇 c.c. $\frac{N}{5}$ 硫酸，在未與蒸餾氮氣作用前，須四〇 c.c. $\frac{N}{10}$ 氮溶液方纔完全中和，今只須六 c.c.，足證一部分已為蒸餾之氮氣所中和矣，而中和此一部分硫酸之氮氣量與 $40-6=34$ c.c. $\frac{N}{10}$ 氮溶液所含之氮量相等。一 c.c. $\frac{N}{10}$ 氮溶液含氮 0.0017 克，三四 c.c. 當含 $34 \times 0.0017 = 0.0578$ 克。〇・〇五七八克非全屬尿素產生者；假設有 0.0035 克產自其他銨鹽，則 $0.0578 - 0.0035 = 0.0543$ 克出自尿素。氮一克合尿素 1.765 克， 0.0543 克合尿素 $0.0543 \times 1.765 = 0.0958$ 克。五 c.c.（設所取尿液為五 c.c.）含 0.00958 克，一立升當含 1.958 克，

葷素混食之成人每二四小時約排泄尿素三〇克。

據生理學者之意見，銨鹽似有化為尿素之可能，此種變化似在肝臟內進行。關於此點可用下列事實證明。

a. 血液之含有銨已爲事實。

b. 除去肝臟則尿素之排泄減少，銨鹽加增。

此外 glycocolle, arginine 等亦均爲尿素之主要源流。

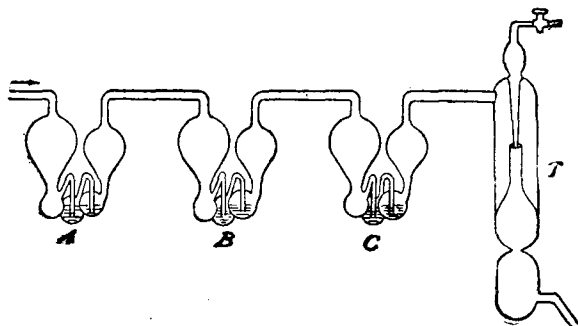
(二) 氨與銨鹽 氨爲具有特殊臭氣之氣體，易溶於水，其水溶液呈鹼性反應，沸熱之，則放出氣體氨。氨之水溶液與酸之溶液作用形成銨鹽。銨鹽與苛性鈉或苛性鉀作用，放出氨氣，並產生鉀鹽或鈉鹽。

欲知溶液內有無氨或銨鹽之存在，可加苛性鈉與之微熱，視其蒸氣有無氨之特殊臭氣，遇鹽酸蒸氣是否形成白煙，浸濕之紅色石蕊試紙過之轉爲藍色否，設此諸條件俱可圓滿，則溶液內氨或銨鹽之存在可以定矣。

但有時因氨之存量過少非前述試驗可以顯示者。故必賴乎納士賴氏試驗(réactif de Nessler)以辨別之。

納士賴氏試液 碘化鉀二克溶入蒸餾水六〇 c.c.，微熱之，加紅色碘化汞，至飽和爲止，加水二〇 c.c.。所得溶液與苛性鉀(溶液一分，苛性鉀一分半)相加。若生沉澱，應過濾去之。沉澱除去後之濾液便爲納氏試液。納氏試液遇氨溶液得黑色沉澱。

用納氏試液檢查時之用器，可參見第三六圖。A 部貯藏

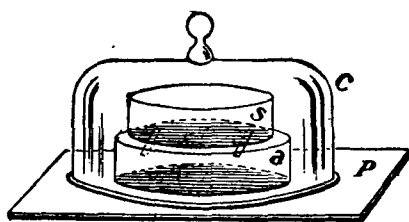


第三十六圖

濃硫酸，B 部貯藏欲待檢查之液體與苛性鈉，C 部貯藏納氏試液，T 為唧筒。當 T 開始活動時，空氣經過 A 部，所含氨氣為硫酸吸收，經過 B 部時，B 部放出之氨混入空氣，至 C 部，氨氣與納氏試液作用，得黑色液體或黑色沉澱。

氨之定量 生理學者最常用之方法為希賴與氏法 (méthode de Schloesing) 茲略述之如後：

尿二五 c.c. 與石灰水 (一〇%) 六 c.c. 同貯 a 盆內。s 盆貯 (見圖三七) $\frac{N}{4}$ 硫酸一〇 c.c.。用 c 蓋將 a、s 嚴密封



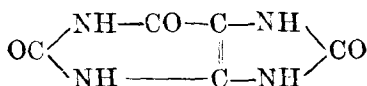
第三十七圖

閉。尿內放出之氨氣由硫酸吸收。靜待三日，啓視之，按容量分析法之規定，用氫氧化鈉分析過剩之硫酸。知過剩之硫則與氨氣結合之硫酸，即尿內放出之氨氣可以推求矣。

例：—○ c.c. $\frac{N}{4}$ 硫酸應為二五 c.c. $\frac{N}{10}$ 氫氧化鈉中和，今設—○ c.c. $\frac{N}{4}$ 硫酸自吸收氨氣後只須二○c.c. $\frac{N}{10}$ 氫氧化鈉便可中和，足證一部分硫酸已為氨氣中和；而中和此一部分硫酸之氨氣適與五 c.c. $\frac{N}{10}$ 氫氧化鈉相當 ($\frac{N}{10} \text{NaOH} = 4\text{‰}$; $5\text{c.c.} \times 0.004 = 0.02$ 克 NaOH)。此外 NaOH 之分子量為四○，NH₃ 為一七。一七克 NH₃ 與四○之 NaOH 具同等度之化學作用。故一克 NaOH 所中和之硫酸量與 $\frac{17}{40} = 0.425$ 克之 NH₃ 所中和者同。○·○二克 NaOH 遂與 $0.02 \times 0.425 = 0.0085$ 克氨氣相當。二五 c.c. 尿放出○·○○八五克氨，一立升當放出○·三四克。

本法最大缺憾為時間過久，於此常久之時間內，難免尿素不起變化，故於尿內宜加哥羅仿數滴，以免細菌發生。

(三) 脲酸與脲酸鹽 (acide urique et urates) 脲酸 C₂H₄N₄O₃ 與鈉鉀等元素結合，形成脲酸鈉與脲酸鉀存在人尿內。脲酸難溶於水，沸水二○○○分溶脲酸一分；冷水一五○○分溶脲酸一分。脲酸之構造式為：



行爲與二鹽基酸相似可以形成兩種鈉鹽：



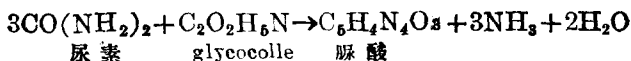
脲酸鈉與脲酸鉀均較脲酸易溶於水，七五分可溶脲酸鈉一分，四〇分水可溶脲酸鉀一分。人尿含脲酸鈉較多，脲酸鉀僅存微量。

脲酸鈉與脲酸鉀均可爲無機酸分解，而產生脲酸。

脲酸鈉與脲酸鉀均可使費林試液還元，但不能使鉍鹽還元，故得與葡萄糖區別。

成人每廿四小時約排泄脲酸〇·七克。若所取食物含核素蛋白質甚多，則脲酸之排泄亦增，故有謂脲酸爲核素蛋白質之分解產物者。

glycocolle 與尿素共熱，產生脲酸：



飼鳥雀以尿素，則其脲酸之排泄增加，故證明脲酸又可由尿素產生。脲酸經氧化劑（硝酸、高錳酸鉀等）作用後亦可產生尿素。

脲酸與脲酸鹽之試驗 a. 紫紅脲反應 (réaction de la murexide) 置固體脲酸或脲酸鹽於瓷皿內，加硝酸數滴；熱之至脲酸或脲酸鹽溶化。蒸發之至乾，得黃色殘滓，放冷後，加氨溶液，得紫紅色。若所加非為氨溶液而為苛性鉀，則得藍色。本反應非脲酸獨有，他若黃花色精亦有同樣反應。

b. 德尼舍氏反應 (réaction de Denigès) 置脲酸或脲酸鹽於瓷皿內，加水與硝酸少許，沸熱之。用低溫度蒸發，加硫酸與市售低汽油 (benzine commerciale) 各二、三滴，得藍色。待低汽油蒸發完了，則由藍而棕。若再加低汽油，則又由棕而藍。

脲酸之定量法 於二〇〇 c.c. 尿內，加密度一·一二之鹽酸一〇 c.c. 脲酸鹽與鹽酸作用，產生不溶解之脲酸。靜置四十八小時，(平常數小時即可) 待反應完全，過濾之，得脲酸之沉澱，秤之可也。本法簡便易行，但不能十分準確，欲得精確結果，可按下法行之。

於三〇〇 c.c. 尿內。加醋酸、硫酸鈉與醋酸鈉之混合液 (水六五〇 c.c.，醋酸一%六〇 c.c.、硫酸銨五〇〇克、醋酸鈉五克合製之混合液) 七五 c.c.，使擬似黏液素沉澱。約待五分鐘，過濾之，除去沉澱。於一二五 c.c. 濾液內加濃氨溶液五 c.c.，攪拌後，靜置二四小時，得脲酸銨沉澱。過濾之，將所得

沉澱用一〇%之硫酸銨洗滌。洗滌完全後，用微帶鹼性（含微量碳酸鈉）之沸水將沉澱由濾紙上洗入玻璃皿內，加微量沸水使成一百 c.c. 左右。放冷後，徐徐加入濃硫酸一五 c.c. 最後加 $\frac{N}{10}$ 之高錳酸鉀（一·五八二⁰/₁₀₀）（溫度約在六十度）至現紅色爲止。每 c.c. $\frac{N}{20}$ 高錳酸鉀含脲酸三·七五毫克。視所加高錳酸鉀幾何以推定脲酸之存量。

（四）馬尿酸與馬尿酸鹽（*acide hippurique et hippurates*）人尿與其他草食哺乳動物尿均含馬尿酸鹽。馬尿酸之鹼金屬鹽與鹼土金屬鹽均溶於水或酒精。

馬尿酸 $C_6H_5CONHCH_2COOH$ 難溶於水（六〇〇分冷水溶馬尿酸一分）醚與哥羅仿僅能溶解極少量，熱酒精可溶解較多。與無機酸或鹼溶液共熱，吸收一分子水，產生苯甲酸與 glycocolle。反之苯甲酸與 glycocolle 共熱，失去一分子水，產生馬尿酸。

$$C_6H_5COOH + NH_2CH_2COOH \rightarrow C_6H_5CONHCH_2COOH$$

苯 甲 酸
glycocolle
馬 尿 酸

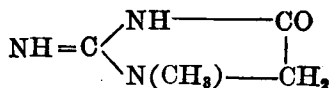
glycocolle 氨基酸之一，故馬尿酸之 glycocolle 似取自分解之蛋白質。但苯甲酸取自何處？至今尚未有確實說明。據多數學者意見，苯甲酸似出自植物性之芳香族化合物。關於此說可由下列事實說明：

a. 草食性動物之馬尿酸之排泄量較混合食性動物多。

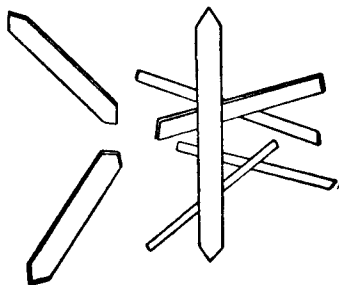
b. 完全以乳汁為營養之小牛無馬尿酸之排泄；一經開始食草，馬尿酸之排泄亦隨時開始。

成人每廿四小時約排泄馬尿酸〇·七克。

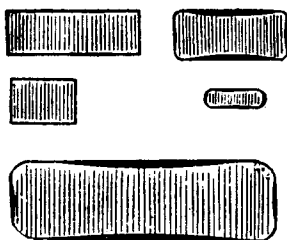
(五)縮水肌肉素 $C_4H_7N_3O$ 前於肌肉組織內已經提及縮水肌肉素與肌肉酸之關係，此處從略。縮水肌肉素（見圖三九）微溶於酒精，一〇〇分酒精可溶縮水肌肉素一分；易溶於熱水，冷水亦可溶解少量，一〇〇分冷水約溶縮水肌肉素八分至九分。其構造式為：



成人每二十四小時約排泄縮水肌肉素一克。



第三十八圖 馬尿酸



第三十九圖 縮水肌肉素

第四節 尿之色素

尿內有黃色色素曰尿金(urobiline)，熱症病者之尿內存量特多。其分子式與加氫膽金相同 $C_{32}H_{40}N_4O_7$ 。

除尿金外，尚有尿金元(urobilinogène)，為無色物質，由鹽酸、硫酸或醋酸等作用後，變為有色之尿金。有時尿內只有尿金元而無尿金，故於尿色素試驗前，應將尿金元變為尿金而後試驗之。

尿金之試驗 試驗前應備下列兩種試液。

a. 甲種試液：濃硫酸二〇 c.c.，水一〇〇 c.c. 黃色氧化汞五克。

b. 乙種試液：醋酸鋅一〇厘克，九五%酒精一〇〇

c.c. 醋酸數滴。

於三〇 c.c. 尿內，加甲種試液二〇〇 c.c.，靜置五分鐘，過濾之。於濾液內加哥羅仿五 c.c.，用力振盪。除去水液，將哥羅仿過濾；用滴管將乙種試液加入，直至不生混濁時方始停止。如有尿金存在，則發生綠色螢光。

第五節 尿之酵素與未知物質

澱粉酵素、胃液素、凝乳酵素均有微量存在尿內。

將尿之總量減去其所含之水分及分析所得之尿素、尿酸、馬尿酸、縮水肌肉素、氨、鹽……種種物質後，尚餘相當重量此所餘之重量為今日尚未能分析之物質，故名之曰未知物質。壯年者每二十四小時所排泄之尿內約有五克至二十克未知物質。

參 考 書

ARTHUS, PRECIS DE CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. 1925. (MASSON)

E. BARRAL. PRECIS D'ANALYSE CHIMIQUE. 1925. J-B. BAILLIERE ET FILS.

E. BARRAL. LE SUCRE DU SANG.

E. BARRAL. LE FERMENT GLYCOLYTIQUE.

CH. RICHTER. TRAITE DE PHYSIOLOGIE

A. TIAN. J. ROCHE. PRECIS DE CHIMIE. 1935 (MASSON).

NUEL ET. FREDERICQ. ELEMENTS DE

PHYSIOLOGIE.

MICHEL POLONOVSKI. ELEMENTS. DE
CHIMIE ORGANIQUE BIOLOGIQUE.

P. CRISTOL PRECIS DE CHIMIE BIOLOGI-
QUE MEDICALE.

ROGER ET BINET. TRAITE DE PHYSIOL-
OGIE.

TERROINE. METABOLISME DE L' AZOTE.
1935. .

這本生理化學不只是醫科學生須要，即是普通對於生理學感覺興趣的也可借此更增強他們的趣味。

生命是什麼？我們找不出一個正確的答案；我們只有從生命現象——同化現象，異化現象，吸收作用等——上去認識牠。不但醫科學生須要熟悉這許多現象，即是生物學者也不能忽視牠。要透切的明瞭這許多現象，生理化學是不可缺少的。

我們恭祝這本冊子能夠散佈到廣大的科學界裏，更希望醫科學生能夠從牠得到相當的幫助。

震旦大學醫學院教授赫爾福