

萬有文庫

第二集七種

王雲五主編

呼吸及醱酵

柴田桂太 宮田博著

魏岳壽譯

商務印書館發行

呼吸及醱酵

柴田桂太 宮田博 著
魏 岳 壽 譯

王雲五主編
萬有文庫
第二集七百種

呼吸及醱酵

版權有所翻印必究

中華民國二十五年九月初版

◆ D五二五二

鎮

原 著 者	柴 田 宮 桂 太 博
譯 述 者	魏 昂 壽
發 行 人	王 雲 五
印 刷 所	上 海 河 南 路
發 行 所	上 海 及 各 埠 商 務 印 書 館

(本書校對者喻飛生)

雙
十
四
二

萬有文庫

第二集七百種

總編纂者

王雲五

商務印書館發行

目次

緒言.....一

第一篇 氧呼吸.....五

第一章 氧呼吸之強度及其決定之諸因子.....五

第二章 氧呼吸之過程.....二一

第二篇 分解呼吸.....四三

第一章 緒論.....四三

第二章 糖類分解之第一階段.....四八

第三章 酒精發酵.....六一

第四章 乳酸發酵.....七九

第三篇	氧呼吸與分解呼吸之關係	八五
第四篇	依無機物之氧化所行之呼吸	一〇五
第五篇	能之轉變	一〇九
第六篇	諸種醱酵	一二五
第一章	好氣的醱酵	一二五
第二章	嫌氣的醱酵	一三三
第三章	醱酵之生理的意義	一四〇
參考文獻		一四二

呼吸及醱酵

緒言

生物之生活現象，自熱力學觀察之，其生體或其構成生體之單位所謂細胞者，可視作一個機械。而機械必需動力，方能運轉，以營其工作，故生物之生體，亦需動力，以營其生活現象。關於機械，吾人知其所營工作與不能利用於工作而所失卻之熱量，二者之總和，適等於外方所供給之能（Energy）之總量。此項原理，在生體細胞，亦為真實。近代生理學之研究方法，漸臻完備，依種種實驗之結果，凡生物所營生活現象之工作與其浪費量之總和，誠等於生體自外方所導入能之總量。是以生活現象雖極玄妙，不過為生體構造與生活過程極其複雜之結果，而細胞自身絕無創造能之力也。生物之生活現象，猶如其他自然現象，當同樣受熱力學法則之支配，欲超出其範疇，殊屬不

可能之事。

機械之工作所必要之動力源，概經人類之手，自外方供給之，然生活細胞，得由其自身固有之裝置，自外界取入其所必要之動力源。凡生體得自外界攝取之能，僅限於二種形態，一爲太陽之輻射能，他爲潛在於物質化學分子間之能。太陽之能，於葉綠素存在時，始得直接利用。此即綠色植物，於日光下，自碳酸氣及水，合成炭水化合物之作用也。其他，除植物體之水分蒸散與吸收，係利用熱之能外，凡生理上工作，概以物質之化學的能爲動力之源。如斯，生物自物質遊離其化學的能，以供自身生活現象之原動力，其作用吾人名之爲呼吸（*Atmung; respiration*）。

然則生物如何利用物質之化學的能耶？此概依生物之個性與乎生活條件之不同，而異其方法。然用作動力源之物質，以炭水化合物爲最普遍。此爲可注意之事，元來所謂炭水化合物者，皆由太陽熱之能所合成，而生物又利用之以作能源，則一切生活現象之能源，在於太陽，可以知矣。

生物之呼吸形式，大別之可分爲二種。一爲物質以空氣中氧完全燃燒之，使物質所有化學的能（以燃燒熱測定之）全部解離；他爲使物質分解而變爲燃燒熱較低之物質，以遊離一定量之

能。前者名爲氧呼吸（好氣呼吸、正常呼吸），後者名爲分解呼吸（無氣呼吸、嫌氣呼吸、分子間呼吸）。在前者氧呼吸時，必有氧之消費，即使其呼吸材料爲炭水化合物，其所生產物不外乎炭酸氣與水之二者。然在分解呼吸時，並不起氧之消費，其產物依分解程度不同，常生成多種。生物界中，最普通所行之分解呼吸有二。一爲僅行於植物界之酒精醱酵；他爲通行於動植物兩界之乳酸醱酵。大多數之動植物細胞，依條件如何，概可行氧呼吸或分解呼吸，然有強弱之別。至於極端的僅行氧呼吸，而不能行分解呼吸，或僅行分解呼吸而不能行氧呼吸者，爲例亦多。要之，所謂呼吸生理學云者，爲研究生物如何獲得其遊離能之學問，並闡明其間化學變化與能轉變之程序也。

依上所述，呼吸之現象有顯明之生理學的意義，而所謂醱酵（Gärung; fermentation）云者，並無統一之生理的意義，蓋醱酵之現象指生物體自某種有機化合物依氧化、還元、或分解之結果生成他種有機化合物時種種現象之一般的名稱也。醱酵之時，生成有機物之種類甚多，因之其生理的意義亦各不相同。大多數之醱酵，概爲發熱反應，然此不可謂有呼吸之意義。至於酒精醱酵與乳酸醱酵二者，確爲純粹之分解呼吸，而其他醱酵現象概爲伴隨呼吸所起之化學變化，或爲與呼

吸無直接關係之特殊生理之現象而已。

關於醱酵研究之第一問題，在於知悉某種有機化合物變成他種有機化合物之過程如何；然自生理學的立點而觀之，吾人之興味在於解釋各種醱酵現象對於生物體自身究有如何生理的意義耳。

第一篇 氧呼吸

第一章 氧呼吸之強度及其決定之諸因子

【測定】可作氧呼吸之材料，而通用於動植物兩界者，厥爲炭水化合物之糖類。當生物細胞攝取空氣中氧而燃燒糖類時，其間化學的過程非常複雜，究其所致，最後之生產物不過爲炭酸氣與水二者而已。其化學的變化，可用次式表示之，即一分子之六炭糖與六分子之氧相化合，而變爲六分子之炭酸氣與六分子之水。



是以氧呼吸之強度，可定量其所消費之氧或生成之炭酸氣而測知之。在糖類之呼吸時，氧之消費量與炭酸氣之生成量，二者容量相等，故測定兩者之一即可。但普通生成之炭酸氣，除來自氧

呼吸者，復混有其他來源，故此時須測定其氧之消費量。然同時測定氧之消費量及碳酸氣之生成量，最爲完全。現今通行之測定法如次：

(一) 容量或重量分析法

於一定容量之空間內，使生體行呼吸，其所減少之氧量或生成之碳酸氣量，用化學方法定量之（例如 Pettenkofer 法、Bonnier u. Mangin 法、Polowzow u. Richter 法、FERNANDES 法等）。

(二) 壓力計法

與壓力計連接之密閉器中，使生體行呼吸，其發生之碳酸氣則吸收於鹼液，以求出壓力之減少量，因之算出氧之消費量（例如 Bancroft 法、Warburg 法等）。

欲研究呼吸之強弱，除上述定量以外，尚須考慮營呼吸之細胞量。組織或細胞之構造中，營呼吸者，僅限於生活之原形質，且呼吸作用在細胞核部分尤爲顯著（依 O. Warburg）。巴拉廷氏 (Palladin) 云，生體之呼吸量須以生成之碳酸氣量與核蛋白質氮量（表示生體之細胞核量）

第 一 表

之比表示之，較爲妥當。然核蛋白質氮量之定量法，頗爲困難，普通僅以生體之乾燥量表示細胞量。細胞或組織一鈣，於一小時中所消費之氧量或其相當之炭酸氣量，以立方耗計算者，爲表示呼吸強度之最便利方法。此數以 Q_{O_2} 表示之。種種動植物組織及細胞之呼吸能，示之如第一表。此表

	Q_{O_2}
酵母(麵包用)	78-96
酵母(釀酒用)	11-49
黑麴菌	78
米麴菌(培養第五日)	44
米麴菌(培養第十二日)	21
米麴菌(培養第三十五日)	15
馬鈴薯菌	48.5
黑色氮固定菌	29.6
Papaver somniferum 之發芽種子	5.1
Lactuca sativa 之發芽種子	3.4
Phleum pratense 之葉	1.1
Lolium italicum 之葉	1.0
Ribes nigrum 之葉芽	2.0
Tilia europea 之葉芽	2.8
小麥之幼根	2.8
Lamium album 之根	2.6
Mentha aquatica 之根	1.5
Sphagnum cuspidatum	1.4
腎臟(大黑鼠)	21
脾臟(大黑鼠)	13
甲狀腺(大黑鼠)	13
肝臟(大黑鼠)	12
腦下垂體(大黑鼠)	12
睪丸(大黑鼠)	11
卵巢(白鼠)	9
副腎(大黑鼠)	10
水晶體(白鼠)	0
白血球(大黑鼠)	9
腦(灰色部)(大黑鼠)	10.7
胸腺(大黑鼠)	5.3
鷄之胚	10

所列動物組織之呼吸能，係用新鮮組織，由血清或林格爾氏 (Lingel) 液中之氧消費量所求得者。也是以於實際生體中，其呼吸能應較此爲大。自表中數字觀之，可知高等植物之氧呼吸能較高等動物爲弱，而下等植物之氧呼吸能極爲旺盛，有達高等植物之數十倍者。

【呼吸物質】得爲細胞及組織之呼吸材料，常有多量貯藏於細胞內者。大多數之動物組織及植物之種子、果實等，概有多量之呼吸物質貯藏於其細胞中。故其接觸之外界，雖缺乏呼吸物質時，亦能繼續其正常強度之呼吸。至於下等植物，其細胞內概少貯藏呼吸物質，故其呼吸能常受外界所存之呼吸物質之影響。酵母及絲狀菌即其著例，當其培養液中缺乏糖類時，較之糖類充分存在時，其呼吸能約減少至十分之一以下。是以就此種下等植物，自外界給與種種物質，作其呼吸材料，可以明悉其適合與否。例如，就絲狀菌實驗之，多數有機化合物中最良之呼吸物質爲 *Mannose*、葡萄糖及果糖之六氧糖，與 *Glucose* 之蔗糖，而 *Galactose*、麥芽糖等爲不適宜，至於五氧糖則更難利用。其他如多價醇類，比較的易爲利用，而有機酸類概難作呼吸物質，尤與其他良好呼吸物質同時存在時，幾不能利用之。惟規那酸爲絲狀菌類之良好呼吸物質，可謂例外。又如酒精，其

組成比較簡單。亦可作呼吸物質之用。依柯斯求夫氏(Kostytshew)之說，凡有機酸或醇類用作呼吸物質時，必先變爲葡萄糖或果糖，然後行正常之糖類呼吸，是以有機酸或醇類得爲呼吸物質之難易，有關於其變爲糖類之化學變化難易如何，可以知矣。

概言之，炭水化合物中以六炭糖類爲最重要之呼吸物質。此外如蛋白質及脂肪類，概難利用，尤以糖類存在之時，幾不能利用之。然細菌有於糖類存在時利用蛋白質作呼吸材料者。又如含有多量脂肪類之種子，於發芽之時，得利用脂肪作呼吸材料。在行氧呼吸時，蛋白質先分解爲胺基酸，次乃分離胺基，復受種種氧化及分解之作用，結局變爲氨、炭酸氣及種種複雜之分解產物。至於脂肪類，先受加水分解而變爲甘油與脂肪酸，然後變爲炭水化合物而起氧化，或以脂肪酸狀態，直接起氧化作用。總之，此等非糖類物質之呼吸，其意義並不統一，本書不詳述之。

又有進者，數種特殊細菌能利用無機物作呼吸物質。其現象之化學的過程，與有機物之呼吸，全異其趣，爰於第四篇論述之。

【呼吸率】 生體依氧呼吸所排出之炭酸氣量，與其自外圍所吸收之氧量，二者之比即

CO_2/O_2 ，稱爲呼吸率 (Respiratorischer Quotient) 以符號 RQ 表之。以糖類作呼吸物質而行完全燃燒時，依本篇前述之化學式所示，該呼吸率爲一，但用糖類以外物質而行呼吸時，該呼吸率之值，常不一定。例如，醇類、蛋白質、脂肪等化合物，其分子中所含氧原子之比，小於糖類，故其呼吸率小於一；反之，蓚酸、酒石酸等完全燃燒時，其呼吸率大於一。第二表所列數字，爲種種物質依絲狀菌呼吸時之呼吸率。

第二表

	濃 度	RQ
葡 萄 糖	1%	0.9
	5%	1.06
	10%	1.18
蔗 糖	1%	0.87
	5%	0.96
	10%	1.02
甘 油	1.5-2%	0.77
	5%	0.78
	10%	0.69
酒 石 酸	1.5-2%	1.59
	5%	1.78
	7%	1.6
乳 酸	1%	0.69
	4%	0.98
規 那 酸		1.0
酒 精		0.55
百 補 登		0.45

如第二表所示，呼吸率依物質之濃度稍有變化。惟燃燒完全時，其值概近於理論數。如燃燒不完全，則呼吸率之值小於理論數，此現象常於絲狀菌或多漿植物自糖類生成有機酸時見之。然呼吸率之值，又因其他種種條件，有所變化，例如氧量、醱酵及其他分解作用，皆有影響及於呼吸率也。

【氧呼吸能與細胞之生理的條件】 所謂氧呼吸者，係細胞之一種手段，藉以獲得其生理上必要之能也。故生理的機能之強弱，為決定氧呼吸強度之最重要因子，甚明顯也。例如，就植物言之，雄蕊雌蕊等之呼吸能，較普通葉為強；就動物言之，凡行重要生理的機能之器官或營旺盛運動之筋肉，較之機能微弱之器官或運動微弱之筋肉，其氧呼吸為強。

雖在同一細胞，依其新老之別，其氧呼吸能亦有差異，蓋所謂細胞之新老云者，其生理的機能有強有弱也。例如，絲狀菌、酵母菌等，其細胞愈新，其呼吸能愈強，及其細胞漸老，則呼吸能隨之減弱。又如小麥發芽之時，於發芽之初，呼吸能甚弱，及其發芽漸盛，則呼吸能增強而漸次到達極大值，然後再度降減（依 Rischari 氏之研究。）

細胞之氧呼吸，係細胞中最重要基本物質所謂原形質者之作用。究其所致，係原形質中特殊