

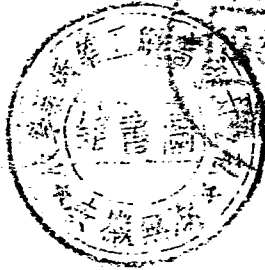
萬有文庫

第一集一千種

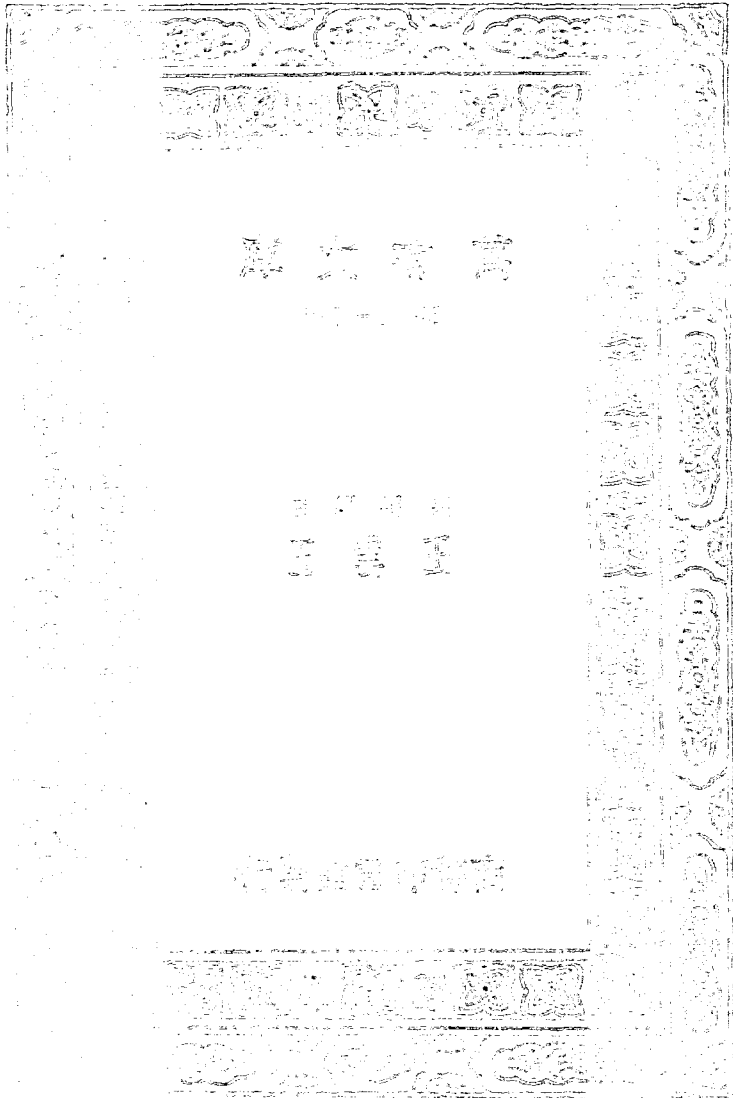
王雲五主編

醜的學生學

巴士特著 沈昭文譯



商務印書館發行



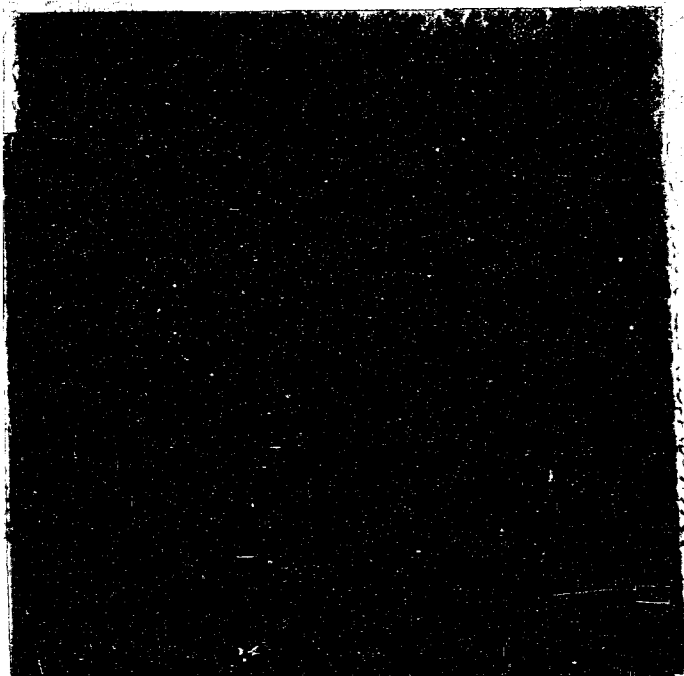
第六卷

目錄

目錄

目錄

040735



紀念我的父親

前第一帝國的兵士，榮譽軍 (Legion of Honor) 的騎士。

我活得愈久，我愈明瞭你的心的慈祥，和你的思想的高尚。

我對於這裏的，和以前的研究之努力，都是你的教訓和模範所產生的鮮果。

現在我拿這篇著作獻給你，作為永久的紀念，聊表我的感謝。

魯意巴士特

引言

距今六十年前，法德兩國，都捲入了戰爭的旋渦。當時有一個法國的學者，深痛德意志的蠻橫，就發了他那學者獨具的戇性，拿德國博恩大學（University of Bonn）賜給他的醫學博士證書，原璧退還。並附一函，請該大學立刻將其除名。後來又要求加入隊伍，爲國宣勞，終以身軀孱弱，未蒙錄用。至此，他那不可克服的精神，就引他到實驗室裏，去磨鍊科學的刀，準備和敵人相見於學術的戰場上。不到幾年，他已經完成了他的醱酵的研究。英國的著名學者赫胥黎曾經說過：『巴士特的醱酵研究，可以替法國償還賠款而有餘。』科學研究的價值，於此可見一斑。

巴士特於一八二二年生在法國巨辣（Jura）的多爾鎮。他的家裏，已經有三代是在多爾營製革業的。父親是拿破倫的兵士，曾經得過 Legion of Honor 十字勳章。巴氏的堅強的意志和奮發有爲的精神，都有不少是遺傳的。兩歲的時候，他的家庭一起遷移阿布爾（Arbois）。他的父親在那裏開了一個製革廠。巴士特稍長，就在那裏的 Communal College 上學。起先，他一天到晚

的釣魚和描圖，對於書本和學問毫無興趣。後來他明瞭了他家庭裏的經濟狀況，突然的用起功來，不久就養成了他那至死不懈的工作的慾。

阿布爾的學校，設備簡陋。巴士特因為要求高深點的學問，只得到白散松 (Besançon) 去。他對於化學一門有特別的興味，白散松的化學教授，屢次被他澈底的查問得莫可如何。有一次，那教授在窘急的時候，只得說：『先生可以問學生，學生不可以詢問先生。』

無何，巴士特在白散松的學校裏畢業了。母校聘他做教員，他擔任了不多時，到一八四二年，就去投考巴黎的師範學校。結果他被取第十四名。他認為不滿意，第二次再考，取得第四名。這回他大概多少有點滿足了，因為他立刻就開始上學。

在巴黎，他得着幾位著名的化學家的指導，專心一志的開始他那十六年繼續不斷的化學的研究。在這一方面的最主要的工作，當然要算結晶體的辨別。這可說是近代的立體化學 (stereo-chemistry) 的根源，沒有牠，就沒有現代的許多有價值的藥品，如著名的六〇六等。結晶的研究，引他到醱酵的問題。在一八五四年，巴士特被派為李爾 (Lille) 的科學院長。就職後，就立刻實行

他所主張的純粹科學的實業化，舉行公開的關於釀酵的演講。李爾是以釀酒事業爲主的，得着他的指導，釀酒方法上改良不少。一八五七年，調任師範學校的理科主任。在那裏，他又繼續釀酵的研究。好氣的和嫌氣的細菌之發現，可算是這個时期的主要成績。

巴士特的釀酵的研究，打破了一個根深蒂固的見解。講到這種見解的發源，要推到上古的時代。希臘名哲亞里斯多特（Aristotle）有過這麼一句話：『乾燥的物質變溼，和溼的物質變燥，都能產生動物。』羅馬的弗吉爾（Virgil）曾經說過：『蜜蜂的源，是小牛的屍。』范赫孟（Van Helmont）說：『在滿裝了麥的器皿裏，安放少許污損的蘇布。大約二十一天以後，麥即變成大鼠。』這種話，在當時是很有勢力的。在一七四五年以前，沒有人做過實驗來證明這話的虛實。到那一年，有個亞爾蘭的神父叫尼丹（Needham）的，密封着含有可腐爛的物質的器皿，然後加熱，結果仍有許多微細生物產生。因此他以爲已經證明了先哲的學說。在一七六三年，意大利的神父斯白蘭（Spallanzani），重做了尼丹的實驗，不過加熱的時間較長。他的結論，是自然生產（spontaneous generation）爲不可能的事情。此後，試驗的人頗多，但是終沒有可靠的結果。到一八六〇

年，法國學術研究會 (French Academy) 懸賞徵求這問題的答案。當時巴士特也參加競賽，永久的確定自然生產是不可能的。反對他的人說他們已經證明這是可能的。學術研究會就指定幾個委員，當面監督他們重做各人的實驗。那天巴士特帶了許多儀器到場，但是反對他的人只得空手前來，設辭說天氣不適宜，請求延期。不過委員會沒有答應。巴士特當場試驗，證明他的報告，不是虛謊的。

雖然，巴士特的最著名的工作是關於疾病的研究。他的醱酵的研究，引起了李斯德 (Lister) 的滅菌法和近代的外科手術。但是他自己，在一八六五年，受了法政府的委託，就開始蠶疾的研究。詳細的情形，我們不能在這裏多說，我們要曉得的，是他這一次又成功了。他探得了病源，替法國保留了他的主要實業，免除了幾百萬法郎的損失。

不幸，在從事蠶疾的研究的時候，忽然發生了局部癩瘡症。不過他的腦力，並未因之俱損，可算是不幸中的幸。到一八七七年，他又開始工作，研究脾脫疽 (anthrax)。以前已經有人疑心這症是細菌所致的。巴士特證明了這種見解，並且發明了一種預防的手術。此後他又繼續的研究禽獸的

疾病。差不多都有美滿的結果。

巴士特的最後的，同時也是最重要的工作，是人疾的研究。他個人不過解決了瘰咬病 (hydrophobia) 的問題；但是直接的或間接的得着他的鼓勵而發明的治療方法，在近代醫學史上，占很多的地位。巴士特所發明的瘰咬病治療法，是用曾患該症致死的兔子的風乾脊髓，種入患者或無病者的身上。在一八八五年，阿爾賽斯 (Alsace) 有一個小孩叫 Joseph Meister 的，被瘋狗咬傷，特由其母送到巴士特處，請求其醫治。當時巴士特的方法，只在狗身上施行過；他並沒有治過人類。這一次，他極細緻的替那小孩注入他預製的乾脊髓，繼續十天。一月以後，到應該發病的時候，小孩確是很康健的在遊玩，一點也沒有瘋病的表示。

巴士特的功績，到那個時候，已經得到全國——簡直是全世界的頌揚。在一八八八年，巴黎的巴士特研究院 (Pasteur Institute) 舉行開幕禮，各國都有代表到會。當時的巴士特，真是南面王不如呢！在一八九五年，七十三歲的時候，他與世長逝，就葬在研究院裏。

這篇論文是巴氏的初期工作——醱酵的研究——的結晶。也是近代關於醱酵的學說的基

礎。我們閱讀之餘，不得不稍爲明瞭作者的奮發的精神和偉大的功績，可惜譯者的一枝禿筆，不能形容什一。這是要向讀者道歉的一點。

末了，譯者還希望，我國的讀者，都發願做一個中國的巴士特，磨鍊出一把很銳利的科學的刀，和壓迫我們的人奮鬥一下。但是還應該注意的，是要具有（一）百折不撓的精神和（二）勇往直前，不顧一切的戀性。（巴士特在結婚的一天，已到行禮的時期，而巴氏確仍在實驗室裏工作。後來有個友人特爲去拖他出來，方纔行禮。這並不是賴婚，實在就是所謂勇往直前，不顧一切的戀性。）

十九年五月二十四日譯者記於杭州。

作者自序

我們的惡劣的命運，鼓動我去做這些研究。一八七〇年的戰爭結束後，我立刻開始工作，繼續不斷的直到現在。我有完成這些工作的決心，因為這些是有益而為我們不及德意志的一種實業。

我深信我對於自己出的這個難題目，已經得着了一個確實的實用的解法。這個題目是要使一種製造法，在任何時季和地點，能夠免除當時必須應用的花費很大的冷卻手術；同時又要能夠無定期的保存其產物。

這些新的研究所根據的原則，和我研究酒，醋，和蠶病時候所引用的，是一樣的。這個原理，實在可以無限制的應川傳染病的病源學，照我的意見，或者也可以從這些原理裏，找到些意料不到的資料。

我從事研究釀酒事業，得着了一種新法。不過應用我這個方法，和試驗這新法所引為根據的新奇事實，究竟能夠有什麼利益，我確不願冒險的發表些預告。科學的工作之價值，最好是讓「時

間」去估計。我也很明白實業上的新發明，難得能够在最初的發明家手裏，得着圓滿的效果。

我在克萊蒙費蘭 (Clermont-Ferrand) 的實驗室裏開始研究的工作。那時有該處理科學院的化學教授杜克勞 (Duclaux) 助我料理一切。後來我在巴黎，和坦通飛 (Tantonville) 的杜德 兄弟釀酒廠，繼續實驗。杜德 廠是公認為法國第一等的釀酒工場的。我熱誠的感謝這幾位極力幫忙的朋友。此外克萊蒙費蘭 附近的洽馬李 (Chamalières) 有一位技術很精的釀酒家孔恩 (Koenig) 氏，馬賽 的費爾登 (Valen) 氏，和萊母斯 (Rheims) 的塔息尼 (Tassinay) 氏，都很懇切的供給他們的工場和產物，給我任意的運用，我特地在這裏表示謝忱。

一八七九年六月一日巴士特序於巴黎。

醱酵的生理學目次

一 酵母和氧的關係	一
二 浸入碳酸氣的甜果之醱酵	三六
三 答覆德國博物學家白雷弗和德勞貝二氏的批評	五一
四 右旋酒石酸鈣的醱酵	五六
五 嫌氣的生活的又一例——乳酸鈣的醱酵	六五
六 答覆一八七〇年李貝發表的評語	九一
附圖	一一八

醱酵的生理學

一 酵母和氧的關係

科學的特性，在繼續不斷的減少未曾解釋的現象。譬如水果這樣東西，在外皮未經擦破的時候，很不容易醱酵。但我們若拿果子聚成一堆，浸在牠們自己的甜汁裏，同時多少露些在空氣中，不多幾時，就會起醱酵作用。眼兒那堆果子，漸漸的發熱，漸漸的澎漲。碳酸氣不斷的逸出。同時果汁裏面的糖，也變成酒精。這種自然的現象，是非常奇特的。對於我們人類也是非常有用的。至於這種現象的來源問題，據近代的學說，我們可以知道的共有兩點：（一）這種現象是因植物細胞的生長而發生的，不過果汁裏面並沒有這種細胞的胚胎；（二）這種單細胞植物，種類很多，每種細胞，只能引起一種醱酵作用。各種醱酵作用的主要產物，雖然在性質上頗多相似的地方，成分上就頗有差異。附帶的產物也各不相同。就這一點看來，我們已經可以明瞭，為什麼市上酒類的優劣和價值，有這

麼大的差別。

我們既然發現了醱酵劑，並且得悉牠們的性質和起源；那麼果汁裏的自然的醱酵作用，可以說被我們窺破了牠的神祕了。我們可以進一步的問，這些作用，是否仍不能用普通的化學定律來解釋？我們可以立刻看出醱酵作用在化學和生物學的現象中，佔了一個很特殊的地位。我們現在方纔曉得使醱酵作用具有某種特殊性質的，就是我們通常稱爲醱酵劑的那些細微植物的生活狀況。這種狀況和其他的植物完全不同；其所引起的現象（即醱酵作用），也和通常的現象兩樣，可以說是生物化學裏的例外。

稍微用點腦力，就可以明白這種酒精醱酵劑 (alcoholic ferments)，必定能够在沒有空氣的地方繁殖，同時也能發生效力。我們可以拿巨辣 (Jura) 的釀酒方法做個例：他們拿採集的葡萄，一束一束的放在樹下的大木桶裏。然後拿葡萄摘下來。有外皮擦傷了的，也有全沒有破裂的，連果帶汁的一起都混合在桶裏。這混合物，就叫做釀造葡萄 (vinasse)。裝滿了以後，各桶的葡萄，都併入琵琶桶，再運到深窖裏的大缸裏。常例裝入的果量，不得過缸的四分之三。不多幾時，就起醱酵

作用。碳酸氣從直徑不過四英寸的孔裏逸出。這樣的攔了二三個月，所造的酒，纔可以抽出來用。

照以上的情形看來，缸裏的酵母，大致是沒有和氧接觸而能够自然的生長和繁殖的。但在開始工作的時候，牠們不是絕對和氧隔絕。而且若沒有微量的氧預先滲入，以後的變化必不能發生。因為當葡萄自小枝摘下的時候，牠們就已經和空氣接觸。那外皮擦傷了的葡萄所放出的果汁，又吸收了微量的空氣。這些空氣，在釀酵作用開始的時候所發生的效力，非常重要。牠能使那佈滿在果皮和小枝上的釀酵劑芽胞（spores of ferment）得到生活的力量（註一）；但是這微量的空氣，成分實在極少，——已經摘去小枝的葡萄更少。至於和果漿接着的空氣，等到釀酵作用開始，立刻就要受碳酸氣的排擠。所以我們可以說，桶內大部分的酵母，是在沒有氧——無論是遊離的，或溶解的，——的環境中長成的。這是個重要的問題；將來我們還要詳細的說明。我們現在的目的，是要表明我們從通常釀酒法上得到的見解。這種見解，概括的說，就是酵母的芽胞長成細胞後，可以不需氧的存在，而自動的發育和繁殖。又酒精釀酵劑有特殊的生活，是在其餘的動植物中不常看見的。

關於釀酵劑，還有一個很特殊的性質：就是微量的酵母，可以分解很多的糖質。通常動植物界

的慣例，是吸收的營養素和消耗的食物，大致相等。即有差別，也不會很大。酵母就不同。定量的酵母，可以分解十倍，二十倍，甚至百倍，或百倍以上的糖質。這話我們等一刻就可以用實驗證明。在這裏我們可以概括的說，酵母和糖的比例，雖然是隨着各種情形而有一定的變更的（這種情形，以後就會講到），在重量上，被酵母分解的糖，確是太不均稱。

我們不憚煩勞，再說一遍。世上所有的動植物，在尋常生理學的狀況之下，決不會有和醱酵劑相同的行爲。所以我們可以說，酒精類醱酵劑，至少有兩個特性：（一）牠們可以在沒有空氣的——即沒有氧的——地方生長；（二）牠們可以分解重量和牠們本身大不相稱的物質。分解的多寡，雖然沒有一定，而產物的重量，和牠們本身的重量，太不相稱。這兩個事實，很爲重要。而且對於醱酵的理論，有很密切的關係。我們現在用精確的實驗，來證明牠們的虛實。

我們現在要解決的問題是：（一）酵母是否確爲嫌氣植物（anaerobian plant）？（二）在我們所供給牠的各種情形之下，究竟可以使幾多糖質醱酵？下述的實驗，就是爲這兩個問題而做的。我們用的是個容量三呎（五派脫）的雙頸燒瓶。一個頸上接着一個曲管，預備氣體逸出。還

有一個在右邊的（見第一圖），頸上裝着一個玻製的栓。我們用純粹的酵母液，加了百分之五的糖漿，裝滿着這個燒瓶，連玻栓上面曲管裏都絕對找不到微量的空氣。不過在未會裝入瓶的時候，這人工配製的麥芽汁（即加了糖的酵母液），已經先在空中放着多時了。我們再用磁皿裝滿了水銀，放在很穩固的架上，剛巧可以給燒瓶上的曲管插入。右邊玻栓上面，有容量一〇立方糶至一五立方糶的筒形漏斗。我們放入五或六立方糶的糖液，並且加入微量的酵母，使牠在攝氏二〇至二五度的溫度起釀酵作用。這微量的酵母，繁殖得很快。不多幾時，在漏斗的底上，就可以看見少許沉澱的酵母。到那個時候，我們打開了玻栓，漏斗裏一部份的液體帶着了沉澱的酵母，沿着頸口流下。這樣放下去的酵母，足以飽和燒瓶裏的糖液。我們用這個方法，可以隨意的增減滲入的酵母。我們因此可以放入極微量的酵母。酵母在瓶裏很迅速的繁殖起來；同時釀酵作用開始，產生的碳酸氣，也被擠到水銀槽裏。不到十二天，瓶中的糖都化爲烏有。釀酵作用也就此停止。那時在燒瓶的邊上，可以看見一層粘着了的酵母。我們拿牠刮在一處，設法使牠乾燥，然後用天秤一稱，結果共有二·二五克（二四克林 strain）。這個實驗中所產生的酵母，如果必需氧來維持生活，只得吸取糖液在

尙未裝入燒瓶時原有的氧。換句話說，這些酵母吸取的氧之體積，不得超過糖液露在空氣中原有的氧的體積。

勞林 (Raulin) 曾經在我們的實驗室裏，做了幾個很精確的實驗，確定糖液和水一個樣子，若在過量的空氣中着力振盪，不多幾時，就可以飽和。並且在同樣的溫度和壓力下，比純粹的水所含的空氣較少。我們應用本生 (Bunsen) 溶度表裏氧的水溶度之係數，就可以計算得出，在攝氏二五度（華氏七七度）一呎的水飽和了的時候，含五五立方呎的氧。這樣說來，做實驗的時候燒瓶裏的三呎，假如也是飽和的，含氧不到一六·五立方呎（一立方呎）講重量就在二三呎以下（〇·三五克林）。這就是一五〇克的〔四·八金衡兩 (Troy ounce)〕糖質之醱酵所需要的氧之最大量。——假如這些氧都被吸收的話，這個結果，究竟有什麼意義，以後還可以明瞭些。（上面的一五〇克是三呎糖水裏的糖量。）

我們在不同的情形之下，拿以上的實驗，再做了一次。照從前一樣，我們先將燒瓶裝滿了加糖的酵母液；不過在裝入以前，我們先拿該液煮沸。所有的空氣，盡被驅出。要做這部份的工作，我們就

照第二圖安置實驗用的器具。燒瓶 A 放在三腳架上；以前用的水銀槽，現在換了個磁製的皿，也放在三腳架上；瓶和皿中都裝了同樣的加糖酵母液。下面也都安放了煤氣燈。瓶和皿中的液，同時煮沸，也於同時停煮，使其漸冷。瓶中液體冷後，皿中的液，就有一部份吸入。我們預先做了個實驗，應用徐森寶 (Schützenburger) 的次亞硫酸鈉 (註三) 法確定了冷後的溶液中所含的氧量。我們得到的結果，是燒瓶中三呷的溶液，含氧不到一尅 (0.0015 克)。同時我們又做了個實驗，以作比較。我們用個容積較大的燒瓶 B (見第三圖)，一半裝了組成完全相同的糖液；這糖液已經煮過，可以斷定沒有什麼能發生影響的細菌。在燒瓶 A 上的漏斗裏，我們放入幾立方厘米正在醱酵的糖液。等到這液醱酵正旺，酵母已經成熟的時候，我們打開玻栓，立刻又關起來，這樣可以留點糖液和酵母在漏斗裏，不致完全流到瓶裏。A 瓶裏的液體，就開始醱酵了。我們又從 A 的漏斗裏取了一點酵母放入 B 中。最後再換了一個水銀槽，代替磁皿受着 A 瓶中伸出的曲管。以下的就是這兩個比較實驗的詳情和結果：

可醱酵的液，是酵母水和了百分之五的糖漿。用的酵母是 *saccharomyces pastorianus*。注

入醱酵劑的日子是一月二十。兩個燒瓶都放入常溫二五度（華氏七七度）的暖爐裏。

燒瓶A，不含空氣的。

一月二十一日——醱酵開始。有少許帶泡液體從逸氣管逸出，罩着水銀面上。

以後的幾天，醱酵作用頗盛。由碳酸氣帶出的泡沫中含有很細微的鮮嫩的正在發芽的酵母。

二月三日——醱酵作用還是繼續着，因為液底仍有氣泡不斷的上升。液體已經澄清，酵母沉降瓶底。

二月七日——還有醱酵作用，不過已經很衰頹了。

二月九日——瓶底時常有小氣泡上升，表示仍有很弱的醱酵繼續的發生。

燒瓶B，含有空氣的。

一月二十一日——酵母的繁殖，已經可以看得出了。

以後的幾天，作用很厲害，液體面上泡沫極多。

二月一日——醱酵的特徵，已經完全消滅。

我們預料 A 瓶中的作用還要繼續多天；但是 B 瓶裏的醱酵早已完畢。所以我們到二月九日就一起結束了。拿 A B 兩瓶裏的液體，分別的倒了出來，酵母就留在註明重量的濾紙上。這種濾過都很迅速；A 瓶的液更快。濾去了清液以後，我們立刻用顯微鏡考察酵母。兩瓶裏的都很純潔。A 瓶中的聚成小球，每球裏的小球體，雖然是堆在一起的，界限確還是很分明，只要能 and 空氣接觸，立刻就可以恢復原狀。

果然不出我們的預料，B 瓶裏的液體，連微量的糖質都沒有。A 瓶裏稍微有點——我們從那未完的作用就可看得出，——但是也不會過四·六克（七一克林）。每燒瓶原有三峴含有百分之五的糖質的溶液；依此計算，瓶中醱酵的糖質，有一五〇克（二三一〇克林），而 A 瓶中只有一四五·四克（二三三九·二克林）。經過了攝氏一〇〇度（華氏二一二度）的乾燥作用後，酵母的重量如左：

燒瓶 B，含空氣的：……………一·九七〇克（三〇·四克林）。

燒瓶 A，不含空氣的：……………一·三六八克（註四）。

酵母和已醱酵的糖質之比，是一與七六（前例）及一與八九（後例）。

從以上的事實，我們得到以下的結論：

（一）B瓶裏的液體，因為曾經和空氣接觸，必含溶解的空氣。又因為曾經過一次滅菌煮沸，所以包含的空氣，不致達到飽和的程度。不過無論如何，產生的酵母，總要比無空氣的A瓶裏的多。A瓶裏的空氣，可以說是極少極少的了。

（二）這個受過空氣的作用的液體，比沒有暴露在空氣裏的液體醱酵得快。只要八天或十天，牠就可完全沒有糖質。但是那一個，過了二十天，仍有可以稱得出的糖質剩下來。

這個事實，能否說是B瓶多產酵母所致？絕對的不能這樣說！起先在液體和空氣接觸的時候，酵母的產量大，糖質的消減少，這是我們等一刻就要證明的。不過和空氣接觸時所生的酵母，比較的有力。醱酵和小球體的繁殖，及小球體已成後的生命，有相互的關係。小球體在成長的時候，接觸的空氣愈多，長成後必愈活潑，愈透明，膨脹也愈厲害。牠們因為膨脹力愈大，分解力也隨之愈大。以後我們還要講到這種事實。

(三)在沒有空氣的燒瓶裏，酵母和糖的比：7比89。在起先有空氣的瓶裏，牠們的比：7比79。從這點我們可以看出，酵母和糖的比是不定的。這種不定的差異，和空氣的存在，酵母的吸取氧質與否，都很有關係。我們立刻就可以證明：(一)酵母和普通的黴菌相似，有吸取氧和放出碳酸氣的能力；(二)氧可認為這植物所吸取的食物之一種；(三)酵母的吸氧，和吸取後的氧化作用，都和牠的生活，牠的細胞的繁殖，和牠當時或以後在無氧的境地，引起糖質發酵的力量，有很大的影響。

關於以上無氧的實驗，有一點應當注意的，就是這實驗必須有強有力的酵母，方纔能够成功。——方纔能使酵母在無氧的環境裏繁殖。這句話的意義，我們已經講過了。但是現在我們要請諸位注意一件對於這層有關係的而且很明顯的事。我們拿發酵劑加入可發酵的液裏，酵母產生，發酵作用因以開始。繼續的發酵幾天，然後停止。當發酵開始時，稍見白沫，後來漸漸的增加，直到佈滿液面為止。我們假定每隔二十四小時，或較長的時間，從瓶底抽出少許沉降的酵母，用來引起新的發酵作用。用同樣的溫度和體積，我們繼續的做了許多性質相同的實驗，——即使原有的發酵完畢了，我們還不停止。我們不久可以看得出，以後的發酵愈來愈遲，可說是和第一次發酵相隔的時

間成比例的。換句話說，芽胞的發育，和產生足以引起初期的白沫之酵母，所需的時間，依着注入的細胞的情形爲標準。細胞的年齡愈大，發生效力的時候愈遲緩。在這種實驗裏，每次所用的酵母，應當極力求重量或體積的相等。因爲其他的情形雖然相等了，注入的酵母愈多，醱酵的作用也愈速。

假使我們用顯微鏡觀察每次所用的酵母，我們就可以看出牠們的細胞，有種漸次的變化。第一次取出酵母的時候，作用開始未久，細胞大致比後來的大；同時牠們帶着一種特殊的鮮嫩，牠們的胞膜特別的薄，原形質的堅度和柔軟同水差不多，裏面的顆粒幾乎不能看見。後來細胞的界限，比較的明顯了。這可以證明胞膜增加了厚度，牠們的原形質，也長得密些，顆粒較前分明，呈着不容易看見的小點。平常一個器官的細胞，在幼年 and 老年的兩個時期中間的差別，不會勝過現在所講的細胞的最大差別。細胞在既經長定後的遞進的變化，很明顯的表示，有很劇烈的化學作用存在。牠們的體積雖然沒有什麼變更，重量可是漸次的增加。這件事實我們常稱爲『已經長成的細胞之繼續的生命。』我們可以說，這是細胞的成熟的作用，和成年的動植物，可說是一個樣子的。牠們的體積早已固定，發育的能力失去了長久，但是牠們還可以繼續的活許多時候。

照上述的情形，酵母能在沒有氧的地方繁殖，定要有新生的，康健的，充滿生活力的細胞。牠們是氧幫着造成的。新鮮的時候，還有吸取的氧沒有用去。就是還沒有脫掉氧所給牠們的生活力。年齡大點的酵母，在沒有空氣的地方繁殖，頗不容易。即或稍微有些，也是奇形怪狀的。牠們漸漸的衰老，到後來，牠們在沒有空氣的媒介物裏，全失去了效力。這不是因為牠們已經死了，因為我們若用暴露於空氣中的液體來培養牠們，平常總可以恢復原狀。恐怕小心的讀者，已經能够運用原有的意見，來解釋這種生物的奇怪現象。這種現象，我們在未曾瞭解的時候，只得用『老』『幼』來說明；但是我們不能在這文裏討論這個問題。

講到這裏，我們應當要注意一樁很重要的事實。市上各種釀酒法都是要和空氣接觸的。酵母和液體總多少帶着了一部份的氧。所以在釀酒的全部工作裏，總有一個時期，酵母是和上述的一樣興盛而有力。在接着空氣的時候，酵母很容易吸取氧質，立刻呈着新鮮的，活潑的氣象。以後能在沒有空氣的地方營其醱酵工作，全靠這這吸氧的功夫。所以尋常釀酒的時候，醱酵作用尙未顯著，酵母到早已產生很多了。牠這種初期生活，和通常的黴菌相似。

嚴格的說，釀酒的發酵，也可以維持無限的時間。因為在釀酒的時候，他們不斷的加入新的麥芽汁（wort）。而且在加入的時候，時常可以帶入外界的空氣。這新鮮空氣，就維持着酵母的生活力，好像呼吸作用，可以保持生物細胞的生命和精力。若空氣無法更換，則細胞原有的生活力，就漸次的減少，直到發酵停頓了為止。

我們在這裏可以詳述還有幾次實驗的結果。這幾個實驗，和以前的相同。不過所用的酵母比燒瓶A（見第二圖）裏的還要陳舊。防止空氣的方法，也較為週密。我們用煮沸法除去了空氣後，並不使燒瓶和皿慢慢的冷下去。我們繼續的煮皿裏的液體，同時用人工使燒瓶速冷。此後我們從仍在沸騰的皿中，拔出逸氣管，很迅速的放入水銀槽裏。注入發酵劑的時候，不用正在發酵的酵母。我們直等到筒形漏斗裏的作用停止以後，再行注入。在這種情形之下，三個月以後，燒瓶裏仍有發酵作用。那時我們止着了作用，得到0·二五五克（三·九克林）的酵母。發酵了的糖質有四五克（六九三克林）。酵母和糖的重量之比是 0.255 : 45 = 1 : 176。在這實驗中，酵母因為受了很嚴格的處置，繁殖得很慢。細胞的形狀，有很大的區別，有些是大而狹長的，有些是老的，

顯然呈着顆粒狀的，還有比較的透明的；這些我們都可以稱為變態的細胞。

做實驗的時候，又遇到一種困難情形。不純粹的酵母，注入未經曝露空氣中的液體，——加糖的酵母液特甚，——簡直可以斷定酒精發酵立刻停止——或者連一點動靜都沒有；——同時附屬的發酵作用，就繼續的發生。譬如酪酸發酵裏的短螺菌 (*Vibrio*)，在這種情形之下，定能繁殖得很厲害。所以實驗要成功，有兩個條件：(一) 酵母於注入時必須純潔；和 (二) 漏斗裏的液體必須純潔。因為要實行第二個條件，我們用穿了兩孔的木塞，塞着第二圖裏所示的漏斗，一孔插入短玻璃管，管的另一頭，接着裝有玻璃的橡皮管；還有一孔裏，插入了一枝很細的曲管。這樣裝就了的漏斗，可以代替我們的雙頸燒瓶。我們就裝進了幾個立方厘米的甜酵母水，先行煮沸，可以確定粘在邊上的細菌全被蒸氣殺滅。等到一冷，就從玻璃塞着的橡皮管注入微量的純粹的酵母。這種預防的手術，稍有忽略，就不能得着滿意的發酵。因為注入的酵母，立刻被不靠空氣生長的短螺菌壓制了，使不能繁殖。如果要加倍的謹慎，我們可以加少許酒石酸到剛製好的液裏。因為酒石酸有防止酪酸短螺菌發育的功効。

酵母和氧的關係

現在應當特別注意的是，酵母和被分解的糖的重量比，不能一致。我們除上述的實驗外，還同時舉行了第三組的實驗。燒瓶C（見第四圖）能裝四·七呎（八·五派脫），牠的裝置和以前的雙頸瓶相同。可以先煮沸了醱酵液體，除去細菌。所以使後來的工作，都可以在純潔的環境裏做。這次用的酵母水（含糖百分之五）共二〇〇立方呎，放在這麼大的燒瓶裏，不過在瓶底上占了很薄的一層。注入的第二天，酵母的沉降已經可觀。四十八小時後，醱酵就告完畢。我們分析了瓶裏的氣體，然後又搜集酵母。氣體的分析很容易，只要拿燒瓶安置熱水鍋上，使曲管的一端插入滿裝水銀的圓筒裏，結果發現裏面有四一·四%碳酸氣。設法將這氣吸收後，餘下來的空氣，有以下的成分：

氧

一九·七

氮

八〇·三

總計

一〇〇·〇

我們從這個結果，連同燒瓶的體積一同計算，曉得酵母吸收的氧，至少有五〇立方呎（三·

○五立方吋) 液體裏的糖質完全消滅了。沉降的酵母，在攝氏一〇〇度的溫度蒸乾後，有〇・四四克。所以酵母和糖的重量比是 $0.44 : 10 = 1 : 22.7$ (註五)。這次我們增加了溶解的氧，是要酵母在醱酵的初期，可以盡量吸收。而得到的比是一與二三，和上述的一與七六就不同了。

後來又做了一個實驗。在這實驗中，我們不用燒瓶。因為燒瓶裏的氣體是不容易流動的。醱酵時放出的碳酸氣，立刻在液體的面上停滯着。因此上面的氧，就沒有機會和液面接觸。我們要使氣體的彌散較為容易，就用了個扁平的玻璃水槽。裝入的液體，深不過幾耗（不到一吋的四分之一，看第五圖）有一次實驗，詳情如下：

一八六〇年四月十六日，我們注了微量的啤酒酵母（「高」酵母，high yeast）到二〇〇立方吋的甜液中。這甜液含有一・七二〇克（二六・二克林）的糖質。從四月十八日起，我們的酵母，就已經發育很盛了。在收聚酵母以前，預先加了點濃硫酸，以阻止醱酵，便利濾過作用。濾過後的液裏，用弗林液 (Fehling's solution) 測驗，曉得減去了一・〇四克（一六克林）的糖質。酵母在

100度蒸乾後，有 0.117 克（二克林），所以酵母與醱酵的糖的重量比，是 $0.127 : 1.04 = 1 : 8.1$ 和以前的比相較，要高得多了。

但是這個比，還可以增加，只要我們在注入醱酵劑以後最短的時期以內，實行測驗。組成酵母的許多細胞，是行發芽生殖（budding）的。新細胞長成後，就和母胞分離，所以不多幾時，瓶底就被牠們蓋着。先沉降的細胞，被後來的壓着，不得和溶解的氧接觸。大部份的氧，只得被上層的細胞吸去。所以這種被壓的酵母，對糖質發生作用的時候，不能在同時得到氧所供給的生活力，結果就減少上述的比值。我們再做以上的實驗等到產生的酵母，我們認為已經可以在天秤上稱得出了，我們就立刻止着作用。（照我們的經驗，用微量的酵母注入，過二十四小時，已經足夠。）這一次酵母和糖質的比是 0.024 克林比 0.098 克林等于一比四。我們所得到的比值，這是最高的一個。

在這種情形之下，糖質的醱酵，是很遲緩的。所得比值，和通常的黴菌類植物相差無幾。放出的碳酸氣，大部份是吸取氧後發生的分解作用所造成的。這樣看來，酵母可說是和通常黴菌類植物

有一樣的生活和機能，——只要牠的醱酵作用已經停止。我們若用空氣包圍着每個酵母細胞，我們就可以確定牠們已經完全失去了醱酵作用的能力。這就是由前述的現象，所得着的一些經驗。以後我們講到乳糖對於酵母的影響，還有機會可以作個比較。

講到這裏，要請讀者注意另外一件事實。

徐森寶在他最近發表的，關於醱酵的論著裏，批評我們自上述的實驗上得到的結論，並且反對我們對於醱酵作用的解釋（註六）。要指出徐氏的理論之弱點，是很容易的事。我們測定醱酵劑的力量，就是要看被分解的糖之重量和產生的酵母之重量，所成的比。徐氏說，我們這個做法，是根據一個可以懷疑的假定。他說這個力量，——他稱做醱酵能，——應當用單位重量的酵母，在單位時間所分解的糖之重量來測定。他又說，我們的實驗，明白的表示酵母在充分的氧中，比較的有力，而且可以在較短的時間分解多量的糖。所以在這情形之下，酵母的發酵力，比沒有空氣的時候要大。因為沒有空氣的時候，糖的分解是很慢的。總而言之，他的意思是要從我們實驗的結果，得着和我們剛正相反的結論。

徐氏沒有注意到一點，就是醱酵劑的能力和作用的時間，毫無關係。我們不過放了點酵母在一坩的甜液裏，後來酵母就繁殖，同時糖質也漸次的被分解，直到完畢為止。這裏面的化學作用，並不因為所需的時間是一天，一月，或一年而有所不同；好譬重一噸的物質，從地上擡到屋頂，費去一小時還是十二小時，對於工作的性質並沒有多大的關係。所以『時間』的觀念，和『工作』的定義，全無關係。徐氏也沒有想到，假如醱酵劑的力量，和『時間』有關，那就還要想到醱酵劑細胞的生活力。——這是和醱酵作用毫無關係的。其實，除了被分解的可醱酵的物質的重量，和產生的醱酵劑的重量，能發生關係而外，其餘就沒有什麼，可以講到醱酵劑和醱酵作用的話了。醱酵劑和醱酵作用的現象，所以要特別提出來說，就是因為上述的比，在有幾種化學作用裏，太不均稱。不過完成這些現象所需的時間，和醱酵作用的存在與力量，是毫無關係的。醱酵劑的細胞，在某種情形之下，必需八天可以完成牠們的工作。在另一種情形之下，或者只要幾小時就够了。這樣說，我們若加入『時間』的觀念，去測量牠們的力量，那麼，講在前的實驗就要說牠幾乎全無力量；講在後的實驗，就要說是力量很大。但是我們前後所研究的，都不過是這一樣的生物——某種醱酵劑——

罷了。

徐氏又說，照我們的見解，糖的分解，是糖內化合的氧，給酵母適當的營養所致的。不過他曾經看見有氧的地方，醱酵作用也能維持，因此他覺得很驚奇地說，無論如何，有遊離的氧存在的時候，醱酵應當要慢點。但是，究竟爲什麼要慢呢？我們以前已經證明了，有了遊離的氧，各細胞的生活力，就能增加。所以單看作用的速度，牠們的力量，自然是增加了；但是，講到醱酵的力量，或者可以因此減少。實際上的確是這樣。遊離的氧能給酵母生活力，同時能減少牠的醱酵力。因爲牠受了這種氧的影響，就有漸次的改變生活使和通常黴菌類相同的趨勢。就是說被分解的糖和新生的細胞的重量比，與非醱酵劑的生物間所發生的比同。換句話說，我們從各種由觀察得來的事實上，得着一個結論：就是接觸着氧的酵母，盡量的吸收了牠們營養上必需的氧，就完全失去做醱酵劑的能力。雖然，在氧中生長的酵母，在沒有空氣的地方接觸着了糖質，能够在相等的時間，比在他種情形之下長成的酵母，分解較多的糖量。這是因爲在空氣裏長成的酵母，盡量的吸收了遊離的氧，比無氧的或氧量不足的環境裏長成的酵母來得新鮮，並且含有較大的生活力。徐氏拿這種較大的生活

力，和「時間」的觀念，呵成一氣。但是他未曾注意到，要酵母表現這最大的「能」，必需徹底的改變牠的生活狀況。——就是要在作用的時候，隔絕空氣，絕對的不使吸取遊離的氧。換句話說，牠的呼吸等於零的時候，牠的發酵力，就達到最高的地位。徐氏的意見，剛正和我們的相反（一八七五年他在巴黎出版的著作第一五一頁）（註七）。他毫無根據的，和事實立於對敵的地位。

酵母在空氣充足的地方，發育得特別的劇烈。我們測定數小時裏產生的新酵母的重量，就可以看出這點。用顯微鏡觀察生芽的速度和那些細胞的鮮嫩活潑的境況，更可以明顯的表示牠們的活動狀態。第六圖所示的，是我們在最近的實驗中，剛正把發酵作用止着時的酵母。圖中的小堆，全是照原來的形狀畫出來的，決沒有一些做作和幻想（註八）。

在繼續講正題目以前，我們不妨提到另一件事情。上述的結果，不多時，就有人應用了。現今辦理完善的釀酒場，已經有很多拿未發酵的麥芽汁等液體，先行在空氣中曝露，使以後的作用較為容易。混和了水的糖漿，在加入酵母的時候，使散成細絲，經過空氣。還有許多製造場，專為製造酵母而設。未發酵的甜液，裝在大而淺的缸裏，加入了酵母後，就任意的放在有空氣的地方。這簡直就是

我們在一八六一年做的實驗，不過規模大點而已。（這實驗，在我們講到如何測定酵母在空氣裏繁殖的時候，已經詳述過了。）

以後的一個問題，就是若使酵母和空氣有充分的接觸，使牠可以盡量的吸取氧，我們怎樣能測定定量的酵母所吸取的氧之容積。爲了這個題目，我們就再做過以前用大底燒瓶（見第四圖）做的實驗。這一次用的器皿，形似第七圖B。其實就是燒瓶A，用火燄拉長了瓶頸，然後再密封頸口。不過在封口以前，先加入了含微量純酵母的糖液。實驗的情形和結果如左：

我們用的是酵母水六〇立方糵。另外我們又加了百分之二的糖和微量的酵母。我們拿燒瓶放在常溫二五度（華氏七七度）的爐中，十五小時後，始行取出。再把拉長了的尖頭，安置在倒立水銀槽中的瓶的口下。放妥後，拿尖頭擊碎，氣的一部份從尖口逸出，集在瓶中。我們分析這氣，結果每二五立方糵，經碳酸鉀吸收後，剩下二〇・六立方糵。經焦性沒食子酸的吸收，剩下一七・三立方糵。我們算得留在瓶中的氣（瓶的容量爲三・一五立方糵），纔曉得被吸收的氧有一四・五立方糵（〇・八八立方吋）（註九）。酵母在蒸乾後的重量是〇・〇三五克。

所以產生了三五尅(〇·五二四克林)的酵母,就表示吸取了一四至一五立方吋的氧——假定酵母的生長完全靠着氧的話。這就是說,酵母一克,吸取四一四立方吋的氧(也可說每二〇克林吸取三三立方吋)。這就是酵母依照黴菌類同樣的生活,每克所需的氧(註十)。

到這裏,我們可以回頭看前述第一次的實驗(第五頁)。那一次,我們用二容量三呎的燒瓶,裝滿了可釀酵的液體。作用後所產生的酵母有二·二五克。不過根據當時的實情計算,這二·二五克的酵母,至多只能得着一六·五立方吋遊離的氧(約一立方吋)。如果照以上所述,酵母不能在沒有氧的環境裏生長,換句話說,如果酵母細胞必須吸氧後方能繁殖,那麼這二·二五克(三四克林)的酵母,至少吸取了二·二五乘四一四立方吋,即九三一·五立方吋(五六·八五立方吋)的遊離氧。這樣看來,這二·二五克的一大部分,一定是可以不需氧而生長的。

通常的黴菌類,也需要多量的氧,方纔可以生長。我們可以在裝滿空氣的器皿裏,培植一點黴菌,然後再測定該菌的重量,和被吸收的氧之體積。我們用的燒瓶,可容三〇〇立方吋,狀如第八圖。我們預先放入適合黴菌生活的液體,再將該液煮沸。等到瓶內的空氣,被水蒸氣完全(或一部份)

驅出後，立刻用火焰密封了那拉長的尖頭。我們在室內或花園中將燒瓶打開，如果有黴菌的芽胞闖入瓶中，——實驗時有許多這樣的燒瓶，除非有什麼特殊情形不在此例外，總有幾個瓶可以得那些芽胞，——這芽胞就會發育，漸漸的拿瓶裏的空氣盡行吸收去。第二步，就是測定被吸收的空氣之體積和乾後的新生菌絲 (*mycelium*) ——或為菌絲連同牠的結果器官 (*organs of fructification*) ——之重量。有一個實驗裏的菌絲，我們在發育後一年再稱，結果是每 0.000 八克的菌絲（在一〇〇度蒸乾）在攝氏二五度的溫度，吸取了四三立方吋（二·五立方吋）的氧。這種數目，當然是隨着黴菌的性質和發育的程度而異，因為這種變化時常有附帶的氧化作用。譬如 *Mycoderma vini* 和 *Mycoderma aceti* 就是如此。上述所吸取的氧，比較的說，體積確是很大，這可以斷定也是爲了這個緣故（十一）。

從以上的事實而得到的結論，決不致再引起懷疑。我們做過這些實驗的人，自然毫不猶豫的認定這事實上發酵的原理之基礎。從以上的實驗，我們深信通稱爲酵母的這類醱酵劑所引起的作用，確是一種絕氧的營養，同化，和生活之直接的結果。這些作用所需要的熱，必爲醱酵的物質在

分解的時候所發生的。(糖和其餘的不穩固的物質，在分解的時候，總要放熱。)這樣說來，酵母的醱酵作用，大致是靠着牠的呼吸作用。這種單細胞植物，有一種神祕的能力，可以從糖質裏吸取已經化合的氧。牠的醱酵力 (fermentative power)——這裏所謂醱酵力和醱酵的活動力 (fermentative activity)，或在指定時間以內之分解的強度，絕對不同——有很大的出入；不過也有兩個界限。這界限就是該植物在得着營養時所吸取的氧之最大量和最小量。我能給牠足夠的遊離氧，使牠可以維持牠的生命，得着適當的營養和呼吸作用，就是說，使牠能夠有通常黴菌類一樣的生活，那麼牠就失去了做醱酵劑的能力。牠那時所產生的植物和分解的糖質之重量比，都和黴菌類的比相彷彿（註十二）。假使我們完全隔絕了氧，將酵母放在完全沒有遊離氧的糖液裏，牠也能繁殖，和有空氣的時候一樣；所差的就是活動力較小。在這種情形之下，牠的醱酵性最強盛，同時我們所得着的重量比——所產生的酵母和分解的糖質之比——最不均稱。最後要注意這一點：若遊離的氧量每次不同，酵母的醱酵力，就在上述的兩個極端界限裏增加或減少。我們覺得，除了這事以外，找不出再適當點的事實，來證明醱酵作用對於生命的直接關係。——自然是指沒有氧的或

氧量不足的醱酵作用而言。

可以證明這個原理是確實的，還有在前已經證明過的一件事實。通常黴菌在缺乏空氣的地方，或在空氣的量不足供給適當的營養的地方，都能够表現醱酵劑的性質。所以醱酵劑有一種特性，是和通常黴菌類相同，甚或可以說是有生命的細胞都有的，不過在醱酵劑比較的強盛而已。這個共有的性質，簡括的說，就是跟着身受的環境的變遷，可以隨時營一種好氣的或嫌氣的生活之能力。

酒精醱酵劑，在氧中的生活，爲什麼不會引起衆人的注意，並不是件難以明瞭的事。這種醱酵劑，在培植的時候，總是隔絕了空氣，安放在飽和了碳酸氣的液體中的，空氣不過在牠們的芽胞發育的初期存在；並且後來在缺乏空氣的環境中生長，生命和作用的日期都很長，因此就未曾引起實驗者的注意。要明瞭酒精醱酵劑受了遊離氧的支配，呈着怎樣的現象，生活情況若何，必需特製的儀器。但是能够引起我們的注意的，就是牠們離開了氧，在液體底下的生活。雖然，牠們的作用之結果（指在氧中的作用）很可驚人。我們只要看拿牠們做中心的重要實業所得到的產物，就可

以感着牠們的偉大的力量。講到通常的黴菌，話就要翻轉來說了。我們研究這種植物，也要用特別的儀器，是因為我們想證明牠們在缺乏空氣的環境裏，可以在短時間裏繼續的生存。我們對於牠們所注意的，是關於牠們在氧中發育的速度。糖質的分解，本為菌類無氧生活的結果，這裏差不多看不見，所以實際無大關係。但是牠們在氧充足的地方，受着遊離氧的作用，營牠們的呼吸和氧化的作用，是個很尋常的現象，而且很可以持久；所以最粗心的觀察者，也不容易忽略過去。我們深信，將來總有一天，能够在實業上利用黴菌的毀滅有機物質的力量。酒精能變成醋，黴菌作用於溼的五倍子，能造成五倍子酸（gallic acid 沒食子酸），都和上述的現象有關（註十三）。關於這個問題，讀者可以參考范第（Van Tieghem）的著作 *師範學校的科學記事*（*Annales Scientifiques de l'École Normale*, Vol. 6）。

通常的黴菌，能在絕氧的環境裏生長，是因為構造上有某種變態的緣故。絕氧生長的能力愈大，這類的變態也愈顯著。 *Penicillium vini* 和 *Mycoderma vini*，並不現出什麼看得出的變化； *Aspergillus* 就很顯著。牠的內層菌絲，有增加直徑的趨勢，並且在很短的一段上，生很多的橫

隔膜。有時候看上去，頗似鏈形的 *conidia Mucor*。也有很顯著的變化。牠的膨漲的菌絲，交錯的織在一起，呈着一行一行的細胞。這些細胞能互相分離和發育，漸次的長成一大堆。詳細的研究一下，我們可以證明酵母有相同的特點。

有了理論，然後我們根據這種理論去做許多實驗。如果這些實驗的結果，有較為新穎的科學上的事實，可以作證，那麼，這種理論，就得着了很確實的證據。我們上述的理想，就處於這種地位。我們在一八六一年首次發表這理論，到現在非但從沒有動搖，還可以用來引出新的事實，所以現在為這理論辯護，比在十五年前要容易。我們初次提出這理論，是在巴黎化學會（一八六一年四月十二日和六月二十八日的兩次會議最為重要）宣讀的要錄裏面，也有是在科學院的報告裏。在這裏我們轉錄在一八六一年六月二十八日發表的論文。題目是『氧對於酵母的發育和酒精釀的影響。』這文原來載在巴黎化學會的定期報告裏。（*Influences of Oxygen on the Development of Yeast and on Alcoholic Fermentation, Bulletin of the Chemical*

Society of Paris.）

巴士特發表了他研究糖質醱酵和酵母細胞的生長之結果。他的報告分爲兩部：(一)無遊離氧的醱酵作用之結果；(二)接觸着氧的醱酵作用之結果。他的實驗和蓋魯薩 (Gay-Lussac) 氏的，迥然不同。因爲蓋氏先在絕氧的環境裏壓碎葡萄，然後使牠的汁和空氣接觸。

發育完成了的酵母，可以在無空氣或無氧的甜液，或蛋白質液中，發芽和生長。在這種情形之下，作用遲緩，產生的酵母，爲量極小；消滅的糖質，爲量較大。——通常總有酵母的六十至八十倍。

假使這種實驗，是在空氣中做的，同時液體的面積也很大，那麼醱酵作用，就很迅速。如分解的糖量和以前的相等，新生的酵母，就要增加許多。和液面接觸着的空氣，被酵母吸取，酵母就發育很快。但是牠的醱酵力，也同時遞減。實際上，產生了一份酵母，分解的糖，不過四至十倍罷了。雖然，酵母的醱酵力，還可以恢復，而且可以較前加大，只要立刻革除氧，使牠（酵母）和糖質接觸。

所以，我們很自然的承認，酵母不受空氣的影響，營牠的醱酵職務的時候，必須從糖質中提取氧質。我們也應當承認，這吸取作用，就是牠的醱酵力的根源。

巴士特以爲醱酵開始時的活動力，是液體裏溶解的氧所致的。他又發現，啤酒的酵母，加入蛋

白質的液（譬如酵母水），雖毫無糖質，仍可以繁殖——只須有過量的遊離氧存在。若在這種情形之下除去氧，酵母決不會發芽。用不能釀酵的糖，如結晶的乳糖，滲和了蛋白質液，再做同樣的實驗，得着的結果，完全一樣。

在無糖的環境裏生長的酵母，並沒有什麼性質上的差異。在隔着空氣的地方，使牠和糖接觸，仍能釀酵。不過要注意的，就是酵母，若無可釀酵的物質，供給牠食物，牠就不容易生長。總之，啤酒酵母的和通常的植物的作用相同。假如通常的植物能夠從不穩固的化合物裏提取氧質，那麼，我們就簡直可以認為這種相似是完全的。巴士特還說，若真的如此，這種植物，就可以做該化合物的釀劑。

巴士特繼續的說，他希望將來能夠達到這種目的，他的意思，就是希望將來可以發現一種特殊的情形，可以使這種下級的植物，在有糖無氧的環境裏生存，而且可以像啤酒酵母一樣生釀作用。

以上的結論和預測，現在非但未會失去效力，反而隨時增強。以上兩節裏的揣測，已經有勒俠

蒂 (Lechartier) 和貝拉密 (Bellamy) 兩氏最近的研究，和我們自己的實驗，可以證明。不過在敘述這種關於醱酵的奇特的現象以前，我們要請讀者留意以前的結論裏的一句，是如何的準確。那句話是：『酵母可以在蛋白質液中繁殖，——只要有一種不能醱酵的物質（如乳糖）存在。』以下的就是爲這事做的實驗：

一八七五年八月十五日，我們注了微量的酵母，在一五〇立方釐的酵母水裏，這水裏預先溶解了百分之二·五的乳糖。這溶液是在前述的那種雙頸瓶裏製備的。注入的酵母，絕對的純粹。各種必需的防菌手術也都施行過。三個月後，在一八七五年十一月十五日那天，我們測驗那液只發現極微量的醇。產生的酵母（可以看得出），搜集起來，在濾紙上蒸乾後，秤得〇·〇五六克（〇·七六克林）。這酵母的生長，一些也沒有引起什麼醱酵作用。牠們很像黴菌類植物，吸氧和放碳酸氣。後來繁殖的停止，可以無疑的斷定，是因氧氣漸漸的減少的緣故。燒瓶中充滿着碳酸氣和氮以後，酵母的生活力，全靠着因溫度的增減而進去的空氣，而且和這空氣的量成正比例。現在有個問題起來了：這種完全像黴菌類生長的酵母，是否還有醱酵力？因爲要解決這問題，我們在一八七

五年八月十五那天裝置了另一個燒瓶，和第一個完全相似，所以後來的結果，也是完全一樣的。到十一月十五日，我們就拿這燒瓶裏的液體倒出，在剩下的酵母上加了點未釀酵的麥芽汁。我們拿牠們放到爐裏，不到五小時，麥芽汁就受了這酵母的力而生釀酵作用。我們可以看到升向液面的氣泡。我們還應當聲明，在上述的煤液裏，酵母若不和空氣接觸，絕對不會生長。

任何人都要以爲這個結果是很重要的。牠們很明顯的證明，酵母的釀酵性，並不是酵母的生活中必有的現象。牠們表明酵母和通常植物沒有什麼差異。酵母的釀酵性，不過在不得已的時候，處在某種特殊的環境裏，方纔發現。牠可以有釀酵的，或無釀酵的，繼續牠的生命。以前絕對沒有釀酵的徵兆的，只要給牠適當的環境，立刻就可以表現這種作用。所以釀酵性，並不是幾種特殊的細胞之特性，也不是一種特別的結構之永久性質，——如酸性，鹽基性等。這種釀酵性，實在是一種依賴着環境和那生物的营养的特性。

(註一)據有經驗的說，拿葡萄果留在藤上，可以增進釀酵作用。這件事的原因還未發現；但是我們可以說，主要的原因，是各果間的和各束間的空隙，增加了釀酵劑芽胞範圍以內的空氣之容積。

(註二)能在沒有游離的氧的環境裏生長的——巴士特創造的新名辭。

(註三) NaHSO_2

(註四)此數恐係一·六三八之誤，因一·六三八克等與二五·三克林。——譯者識。

(註五)這次用的液，共二〇〇立方糵。含糖百分之五，共計有一〇克。——譯者識。

(註六)參閱 *International Science Series, vol. XX, pp. 179-182. London, 1876*

(註七)英文版第一八二頁。

(註八)此圖照原物放大三百倍，書中各圖，大半是放大四百倍的。

(註九)不明白科學的讀者，請看以下的解釋：由瓶中放出來的二五立方糵，成分當然和全體的氣相同。據正文裏所載的數目，我們可以曉得：(一)二五減去二〇·六爲四·四立方糵，被碳酸鉀吸收，自然是碳酸氣。(二)二〇·六減去一七·三爲三·三立方糵；被焦性沒食子酸吸收，自然是氧。最後剩下來的一七·三立方糵是氣。燒瓶的容積是三一二立方糵。這三一二立方糵的氣體所含的氧的成分，自然是和那二五立方糵裏的相同。我們曉得瓶內氣體的總量，(在未開的時候)，就可以計算瓶中的氧量。我們也曉得空氣平常含氧，約占容積的五分之一，其餘(五分之四)是氧。所以，只要確定瓶內實際上氧量減少幾多，就可以計算被酵母吸收的氧的立方糵數。原著者沒有供給計算必須的資料，不能代他演算一遍。

(註十) 這個數目，恐怕太小。酵母的重量之增加，即在上述實驗的特殊情形之下，亦不致於完全沒有非遊離氧的氧化作用。因為一部份的細胞，是被另一部份的細胞蓋着的。酵母的重量之增加，總不過有兩種活動力，有空氣的，和無空氣的活動力。我們還可以縮短這實驗的期限，這樣就更進一步的，使酵母的生活同化於通常黴菌類的生活。

(註十一) 做這幾個實驗的時候，黴菌和甜麥芽汁，在沒有氧的地方——因為原有的氧，早被那菌所吸收——住了好久。據我們的觀察，那菌並不在氧吸完後立刻失去牠的活動力，這是因為有少量的醇，同時產生（參看 Menoire sur les Générations dites Spontanées, p. 54, note) 在一八七三年八月十五那天，我們拿一〇〇立方厘米未釀的葡萄汁，裝在容積三〇〇立方厘米的燒瓶裏，用煮沸法除去了空氣。我們打開了那瓶，但是立刻又閉着。不久，有種特殊的，綠灰色的菌，自然的生長，液體原有的棕黃色，也被牠化去。有幾粒金鋼鑽似的，中性酒石酸鈣的結晶體，在瓶底沉澱出來。一年以後，——那菌早已死去，——我們方纔檢驗那液體，結果裏面有醇〇・三克和植物〇・〇五三克（在一〇〇度蒸乾）。我們也斷定開瓶時，黴菌確實已死，因為我們拿牠種植以後，一點也沒有生氣。

(註十二) 勞林的要錄裏有這麼一句：「糖的重量和有機物的重量——即糖所幫着造成為黴菌的重量——之最小比 (minimum ratio) 為 $10 : 8 \cdot 2 = 3 \cdot 1$ 」(Jules Raulin, Études chimiques sur la végétation.

Recherches sur le développement d'une maladie dans un milieu artificiel, p. 192, Paris, 1870.) 關於酵母，我們已經曉得，最小比是四比一。

一 酵母和氧的關係

(註十三)將來我們可以證明，黴菌於生長時所發生的氧化作用，在某些分解，能產生巨量的酒精。我們也可以設法調節這種作用，利用牠從有機的廢物堆裏提取氮質。人造的含氮物，因此也可以增加硝酸鹽的成分。我們曾經在溼的麵包上，培植各種黴菌，繼續的用空氣通過，得着很多的酒精。這酒精是黴菌分解蛋白質時發生的。天門冬 (asparagins) 和另外的幾種動植物的分解，也發生同樣的結果。

二 浸入碳酸氣的甜果之醱酵

醱酵的化學現象，原因何在，我們已經逐步的發現了。我們對於這種現象所設的理論，既簡單而又普遍。醱酵已經不是從前那種孤立的，神祕的，不可解釋的現象。牠是在某種情形下發生的營養作用的結果。這種特殊情形，和通常動植物中所見的不同。不過各動植物處於這種情形下，多少也能受些影響，多少表現些醱酵性。我們還可以想像，任何有機的生物，任何動植物細胞，都有醱酵性。只須牠們的細胞的同化和排泄作用，可以在沒有遊離氧的地方，維持一個短的時期。換句話說，這些細胞，必須能夠利用某種物質的放熱分解，供給本身的需要。

既然有了以上的結論，我們覺得，要證明大部份的生物，都能表現醱酵作用，並不是件爲難的事。我們確實曉得，差不多沒有一樣生物，在生命忽然斷絕的時候，化學作用也同時停止的。有一天，我們在實驗室中，發表這種意見，不期有位杜馬（Dumas）先生在座，他很有和我們表示同意的趨勢，所以我們就當着他說：

『我們預備賭個咒：假如我們現在拿一束葡萄，擲入碳酸氣中，我們預料，立刻就有醇（酒精）和碳酸氣產生。這是因爲葡萄內部的細胞裏，發生了一種新的作用，使牠們有和酵母一樣的效力。我們現在就做這實驗。明天你來的時候（當時杜馬氏正在我們的實驗室裏工作），我們告訴你實驗的結果。』

我們的預言，的確實現了。後來我們就想在杜馬氏面前（他也幫我們做實驗），找着葡萄裏的酵母；但是我們並沒有得到什麼（註一）！

因爲上述的實驗，得着了很好的結果，我們就在師範學校（Ecole Normale）的園裏，搜集了許多葡萄，橘子，梅子，一個西瓜，和大黃的葉，分別的做了實驗。每個實驗，都得着一樣的結果。放入

碳酸氣以後，一樣的有醇和碳酸氣產生。我們又用幾個梅子 (*prunes de Monsieur*) 做了個實驗，得着以下的可驚的結果 (註二)：在一八七二年七月二十一日，我們放入二十四個梅子在玻罩的底下 (梅子是前一天摘下的)；並即刻以多量的碳酸氣充滿玻罩。又放廿四個梅子在玻罩的旁邊。露在外邊。到第八天拿梅子取出，和露在外面的幾個比較，發現很大的差異——幾乎不能相信的差異。露在空中的梅子，已經變軟了，水分和糖質也都加多。我們從倍拉德 (*Bérard*) 的實驗，曉得露在空中的水果，吸取的氧和放出的碳酸氣，容量差不多相等。但是放在罩裏的梅子，還是很堅硬的，水分也沒增加，不過糖質到減了許多。最後我們拿牠們壓碎了，用蒸餾法得着酒精六·五克 (九九·七克林)。比梅子的總重量要多約百分之一。我們在那裏還可以找到再充足點的證據，表示果內有化學作用？這種作用，不是從果內被分解的糖質得到需要的熱麼？還有應當特別注意的，每次實驗，在果子放進碳酸氣的時候，我們立刻發現牠們放熱。這熱的量很大，因為我們若拿果物，靠着玻罩的一邊，用手先後摸罩的兩邊，可以辨別兩邊的溫度之差。還有一點，也可以表示發熱的存在，就是在罩上離開發熱點較遠的地方，時常可以看見小的水滴 (註三)。

概括的說一句，醱酵是個很普遍的現象。醱酵就是不需空氣的生活，也就是沒有氧的生活；或者再概括點說，醱酵就是于分解時能生熱的醱酵物質，完成其化學變化時所得到的結果。不過分解時放熱的物質，同時又能在隔絕空氣的地方，供給下級生物的營養，是不常見的。這一層也可以從我們的理論裏推想出來。

在特殊情形之下，已成熟的果子，沒有經過醱酵劑的作用，能夠造成酒精和碳酸氣。這些事實，我們已在上面講過。不過科學界已經早就發現了。發現牠們的人是勒俠蒂 (Jecartier)，——前高級師範學生——和他的合作者貝拉密 (Bellamy)。時間是一八六九年（註四）。但貝拉密在一八二一年發表的一篇很有價值的論文裏，曾經提出關於果子成熟的要件：

(一) 各種果子——皮色尚青的，和晒過太陽的，都在內，——能吸取氧；同時也能放出體積約等的碳酸氣。這是牠們成熟時的情形。

(二) 已成熟的果子，放在氧分不足的空氣裏，照舊的吸氧，以及放出體積約等的碳酸氣。所有的氧，都被吸取後，牠還繼續放碳酸氣。就是外皮毫無擦壞的，也是如此。『看上去這作用似乎是一

種醱酵。』——這是貝拉氏的話。同時果子因為失去了糖質，較前味酸；但是實際上，牠們的酸量，並未增減。

貝拉氏在這一篇有精彩的著作，和其餘關於果實成熟問題的幾篇論文裏，未曾提起兩樁很重要的事實。這兩樁事實，就是勒俠蒂和貝拉密兩氏所發現的，酒精的產生，和醱酵細胞的缺乏。但我們在一八六一年首倡的理論裏，已經有關於這兩樁事實的預言。勒貝二氏當時為謹慎起見，沒有理論上的結論。不過現在他們完全贊同我們的理論了（註五）。他們的理解方法，和學院裏幾位學者，迥然不同。我們在一八七二年十月間在學院裏演講，談到了勒貝二氏的觀察（註六）。弗雷密（Fremy）氏以為這種觀察，正可以證明他的半生機說（hemi-organism）。不過上述的解釋和上節轉載的短文（一八六一年）很明顯的證明了我們的意見。在一八六一年，我們已經說明，如果找到了什麼植物，能够在有糖無氧的環境裏生長，那植物一定能够和酵母一個樣子，使糖醱酵。上述的黴菌類的研究，就是如此。勒貝二氏和我們自己試驗的果子，也是如此。我們不但證明了二氏的結果，還發現了新的事實，就是浸入碳酸氣的果子，立刻產生酒精。有空氣包圍着的時候，牠們

照常過牠們的好氣的生活 (aerobian life)，絕對沒有醱酵。把牠們放入碳酸氣裏，牠們立刻開始嫌氣的生活 (anaerobian life)，引起糖質的醱酵，而同時放熱。弗雷密氏想從這些事實裏得着半生機的證據真是謊謬極了。以下是弗雷密氏關於釀酒醱酵的理論（註七）：

「單說酒精醱酵（註八）。我以為釀酒的時候，果中的蛋白質，受了接觸着空氣的果汁之作用，就變成醱酵劑。巴士特氏卻以為醱酵，是葡萄果外的細菌所致的。」

但是整個的果子，浸入碳酸氣中，立刻發生醇（酒精）和碳酸氣，照上述的完全沒有根據的理論，又怎樣解釋呢？上面節錄弗雷密氏的論著裏有兩個必要的條件：（一）葡萄果必須壓碎；和（二）果汁必須和空氣接觸。這兩點是改變蛋白質的必要情形。不過我們的實驗裏，是用的未曾損壞的果子，完全和碳酸氣接觸。我們的理論，倡於一八六一年。牠的大意，我們現在重復的說一遍：所有的細胞，在絕氧的環境裏，繼續生活，即成醱酵劑。果子浸入碳酸氣的情形，就是如此。在隔絕氧的時候，細胞裏的生活力，還沒有完全消滅。惟一的結果，自然是醱酵。進一層的說，在未會浸入碳酸氣時，若先將果子壓碎，這碎果不會產生酒精，或發生另外的醱酵。因為被壓毀了的果子，已經失去了

牠們的生活力。但是果子的壓破與否，對於半生機說有什麼影響呢？照這學說，已碎的果子，應該和未碎的果子，一樣的有效，或者還可以勝過未破的果子。果實能在碳酸氣中醱酵的事實，和所謂半生機說的，立於對敵的地位。同時我們的理論，證明醱酵作用，為無氧的環境裏生活力遷延的結果，卻從這些事實上得着了確實的證據。原來不過是預測的，現在到已經可以安穩的存着了。

我們不應該再多費時間，討論沒有實驗做根據的理論。蛋白質能變成有機的醱酵劑的理論，早就有在國內（法國）和國外的人提出過，並不是弗雷密氏的創見。現在這個理論，已經失掉了信用。著名的實驗家，都早已拿牠拋棄了。我們簡直可以說牠已經成為被衆人嘲笑的題目了。

有人想證明，我們前後的意見，有自相矛盾的地方。我們在一八六〇年，曾經發表一個意見，說酒精醱酵和細胞的有機化，發育，和生殖是相連的作用，也可說是已成的細胞之繼續的生活（註九）。這個見解，再確實也沒有了。我們自從發表該文以後，經過了十五年的專心研究，毫無遲疑的敢說一句，我們確定這見解是不错的。人家說我們自相矛盾，是關於酒精醱酵，——這種醱酵，除酒精外，還要產生碳酸氣，琥珀酸，甘油，揮發酸類，和其他物質。這種醱酵中的酵母，自然需要上述的情

形。反駁我們的人，誤認了果類的醱酵，爲通常酒精醱酵，即啤酒酵母所引起的作用。他們於是就按照我們的理論，無論什麼醱酵，都有啤酒酵母存在。這種假定，完全沒有根據。勒貝二氏供給我們很準確的數目。我們從這些數目裏，可以發現果類醱酵和酒精醱酵所產生的酒精和碳酸氣的量不同。這是自然的道理，因爲果類醱酵，是果內的細胞發生的。酒精醱酵，是通常的酒精醱酵劑所致的。我們深信每種果物，能够引起特殊的作用。這作用的化學方程式，和其他的果物所發生的作用之方程式不同。關於果類細胞引起醱酵而同時並不繁殖的情形，我們已經在前定過名稱，就是所謂長成的細胞之繼續的生活。

最後我們稍爲講點醱酵作用的方程式的問題。我們因爲要解釋果子浸入碳酸氣後的結果，連帶的想到這個題目。

以前醱酵作用是公認爲接觸分解的一種。這樣說來，每種醱酵，必有牠自己的，不變更的，方程式；不過現代的見解不同了。我們都認明醱酵的方程式，是隨着情形而變的。所以確定這些方程式和確定生物營養的方程式，是一樣的繁複。每一種醱酵，可以用一個方程式約略的代表。不過在許

多細微的地方，還是要跟着生活的現象生出各種變化。還有一層，要曉得一個醱酵劑能夠引起幾種的醱酵，就只要有幾種物質，能供給那醱酵劑牠所需要的碳元質。好像生物的營養作用的方程式，也隨着生物所喫的東西而變異。能夠產生酒精的醱酵劑，也很有幾種。一種糖質，總有好幾種醱酵劑，——無論是醱酵細胞的，或生物的細胞實施醱酵作用的，都計算在內。代表牠的各種醱酵作用的約略方程式，也有這麼多種數。

講到營養也是一個樣子的。各種動物喫一種食物，所發生的作用，各有不同的方程式。通常的麥芽汁的醱酵，用各種不同的酒精醱酵劑，產出的啤酒，性質相差很大，也是這個緣故。這話可以包括所有的醱酵劑：譬如酪酸（butyric ferments）醱酵劑，能從各種不同的物質裏，如糖，乳酸，甘油，甘露蜜醇（mannite）等提取碳質，做牠的食物的一部份。因此牠就引起了多種各不相同的醱酵作用。

當我們說一種醱酵作用，必有一個指定的醱酵劑的時候，我們的意思，是指整個的醱酵作用，就是連同附產物一起計算的作用。我們並不是說那指定的醱酵劑，不能使其他的可醱酵的物質

發生另一種的醱酵。我們也不能因為發現了某種醱酵的產物之一，就確定某種醱酵劑的存在。譬如在某醱酵的產物中找到了醇（酒精），或者就是有醇和碳酸氣在一起，我們也不能切實的說，那醱酵劑是酒精醱酵劑；那醱酵作用，是酒精醱酵。——照酒精醱酵的狹義說。同時我們也不能因為發現了乳酸，就確定乳酸醱酵劑的存在。實際上說，不同的醱酵，可以生出一種或幾種同樣的產物。所以我們必須先期測定，某種醱酵的各種產物，是否都存在。還應注意測驗時的情形，是否和原有醱酵相同。若稍有出入，我們在純粹的化學的立場上，就不應該毅然的說，那是某種醱酵（如酒精醱酵）；也不能斷定有某種醱酵劑存在（如啤酒酵母）。讀者在關於醱酵的著作裏，時常可以遇到這種含糊的地方。這也就是我們對於諸位讀者的警告。前說有人引着果類浸入碳酸氣中的醱酵，證明我們在一八六〇年發表的酒精醱酵論的一段，是和事實相反。他們所以有這種謬論，也是因為沒有注意上述的情形緣故。我們現在拿我們的那一段論文，一字不改的，重抄於左：

「醱酵的化學現象，從開始的時候起，直到終了的時候，和某種生活力，有很密切的關係。我們深信（當時我們正在討論啤酒酵母所引起的尋常酒精醱酵），如果同時並不發生細胞的

有機化，發育，和繁殖，或已經長成的細胞的繼續生活；酒精醱酵，決不會發生。這篇論文裏的結果，正和李貝 (Liebig) 白塞烈 (Berzelius) 二氏的觀念相反。』

以上的結論，現在還是一樣的真實。我們可以用牠解釋果類的醱酵，——關於這種醱酵，在一八六〇年，尙未有所發現，——也可以用牠解釋酵母的醱酵。所不同的，就是果類醱酵時，醱酵劑是柔組織 (parenchyma) 的細胞，在碳酸氣中繼續活動所成的。後一種醱酵的醱酵劑，就是酵母細胞。

我們只要認明，果類的醱酵，和酒精醱酵，雖然可以有同樣的，成份相等的產物，總是兩種不同的作用；那麼果類沒有酵母能够醱酵產生碳酸氣，決不會被認爲是一件驚奇的事實。果類醱酵，也稱爲酒精醱酵，確是誤用了名辭的結果。因此發生誤會的有許多人（註十）。果類醱酵產生的酒精和碳酸氣，不會和酵母醱酵所產生的有相等的成份。在果類的醱酵裏，固然也能確定有琥珀酸 (succinic acid)，甘油，和少量的揮發酸類（註十一）；但是這幾種物質的比較的成份，和酒精醱酵裏所得的，頗不相同。

(註一) 要確定曾經浸入碳酸氣的果類缺乏醱酵的細胞，應該先去果的外皮，並且要注意勿使下層的柔組織 (parenchyma) 和牠接觸。不然，外皮上的有機小體，恐怕要引我們走入歧途。我們在研究葡萄的時候，得到點智識，使我們能夠解釋一件很尋常的，不知所以然的事實。我們大家都曉得，釀葡萄酒 (vinetage) 是從枝上摘下，擲入木桶裏，任牠和擦破的葡萄的汁在一起而成的。牠有種特殊的氣味，和未曾擦傷的迥然不同。我們發現，浸入碳酸氣的葡萄，和釀葡萄酒，有同樣的氣味。這是因為釀葡萄酒的桶裏，有碳酸氣包圍着那葡萄，所以那裏面的醱酵作用，和浸在碳酸氣裏的葡萄一樣。這種事實，頗有研究的價值。譬如說，現在有許多葡萄，一部份，我們盡力的壓榨，使那柔組織裏的細胞，完全的分離；還有一份，我們任牠自在（大都是整個的），照尋常的釀酒的辦理。這樣製備的兩份葡萄酒，究竟有怎樣的區別，確是件很有味的問題。第一份的酒，應該不會有浸入碳酸氣的葡萄的氣味。我們若能如此的比較一下，就可以決定現時很通行的，但並沒有澈底研究過的新法，——用圓筒壓榨機壓葡萄的方法，——利益怎樣。

(註二) 我們有時，在露於空氣中的果類和其他的植物裏，發現少量的醇。不過牠所占的成分總是很少，從各方面看來，似乎是偶然的發生。我們很容易瞭解，果類的內部，必有不能接觸空氣的部份。在這種地方，牠們的作用，應當和浸在碳酸氣裏的果類相同。而且醇是否植物生長的尋常產物，也是個值得考查的問題。

(註三) 我們在研究浸入碳酸氣的植物的時候，遇到一樁事實，可以證明我們從前發表的一件事：乳酸醱酵劑，和各種粘性醱酵劑，——概括的說，就是我們稱做啤酒清醱酵劑 (disease ferments of beer) 的，——在杜絕氧的地方發

二 浸入碳酸氣的甜果之醱酵

育很盛。這就表明牠們的嫌氣（原文作 *anobian*，即好氣的，恐係 *anaerobian*（嫌氣）之誤）性質，如何厲害。現在發現的事實如下：拿甜菜根或蒹蘆浸入碳酸氣，可以使牠們生顯明的醱酵作用。牠們的外皮上，有強酸性的液體泌出，同時本身充滿着乳酸的，粘性的，和他種的醱酵劑。這件事實警告我們，用地窖藏甜菜根的危險。因為那裏空氣不更換，連原有的氧，都要被微菌的作用或其他的除氧的化學作用所驅出。我們已經拿這件事通知製糖的實業家了。

(註四) Lecharrier and Bellamy, Comptes rendus de l'Académie des Sciences, Vol. Lxix, pp., 366 and 466, 1869.

(註五) 勒貝二氏是這樣說的：「一八七二年十一月裏，我們在寫給學院的信上，發表了幾個實驗的結果。這幾個實驗，證明在無氧的，密封的器皿裏，可以使缺乏酒精醱酵劑的果類，產生碳酸氣和醇。」

『巴士特根據他所首倡的醱酵的原理，用演繹法推想得着以下的結論：「醇的構成，是由果類的細胞和醱酵劑細胞一樣，在新的情況下，仍能繼續牠的理化的作用。」我們在「一八七二」、「一八七三」和「一八七四年」用各種果類做過實驗，結果都和上述的事符合，可以給牠一個穩固的基礎。」——Comptes rendus, t. Lxxix, p. 940, 1874.

(註六) 參閱巴士特 Faives nouveaux pour servir à la connaissance de la théorie des fermentations proprement dites. (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. Lxxv, p. 784.) 該文發表

一段議論，也可以參看。還有該書第一〇五四頁有巴士特的一篇 *Note sur la production de l'alcool par les fruits*，那裏我們詳述一八六九年佛俠蒂和貝拉密二氏的研究（這是在我們的以前的）。

（註七）參閱一八七二年一月十五日的會議的報告。

（註八）弗雷密實際上不單用半生機說解釋葡萄酒的酒精發酵，他簡直把牠應用到所有的發酵作用。下面的一段，是從他的記錄裏直抄下來的（*Comptes rendus de l'Académie, t. Ixxv, p. 979, Oct. 28th, 1872*）：

『發芽的大麥的實驗。這幾個實驗的目的，是要表明大麥放在甜水裏，能繼續的發生酒精的，乳酸的，酪酸的，和醋酸的發酵。這是大麥內部產生的發酵劑所引起的變化，並不是空氣裏的細菌所致的。我爲這一部分的工作，一共做了四十幾個實驗。』

各位讀者，看了他的記錄，想已很明瞭，不必我們再來指出，他的假定，是毫無根據的。大麥的細胞，或那些細胞裏的蛋白質，決不產生酒精發酵劑的，乳酸發酵劑的，或酪酸短螺旋菌的細胞。如果那裏有這類發酵劑出現，我們一定可以尋到這類生物的種子，灑放在穀的內部，或黏着外皮和器皿，甚或有預存在水裏的。有很多方法可以證明這事，以下的是一種：我們的實驗，表明甜水，磷酸鹽，和白堊，都很容易引起乳酸的和酪酸的發酵。那麼用大麥代替上述的物質，是否就可以假定乳酸的和酪酸的發酵劑，是從牠（大麥）的細胞和蛋白質變成的？我們當然不能說這是半生機，因爲糖，白堊，和磷酸銨，鉀，鎂等物所組成的媒介物，不含蛋白質。這是反證半生機說的一個間接的，但是不可抵抗的論

二 浸入碳酸氣的甜果之發酵

據。

〔註九〕巴士特：Mémoire sur la fermentation alcoolique, 1860; Annales de Chimie et de Physique.

我們這裏用小球體 (Globule) 這名辭，其實是指細胞而言。我們總是極力的設法免掉意義的不明瞭。元六〇年的論文裏，我們開頭就說：「我們稱做酒精的醱酵，是指啤酒酵母所引起的糖的醱酵。」這就是產生酒和各種酒精飲料的醱酵。同時有幾種同類的現象，普通也稱為醱酵，此外再加上牠的主要產物的名稱——酒精——為形容辭。我們應該記着這點關於命名上的限制；我們不能拿酒精醱酵這名稱，加諸各種產生酒精的醱酵，因為有許多現象，都有這種性質。如果我們起頭沒有說明酒精醱酵代表的究竟是那一種現象，我們簡直要造成文字上的混亂，使原來已經很複雜的研究，變成理不清楚的亂絲。這樣的說明，不致使酒精醱酵的意義，再有可以懷疑的地方。拉弗西 (Lavoisier)，蓋魯薩 (Gay-Lussac)，和泰那 (Thenard) 都用過這個名字稱啤酒酵母所引起的糖的醱酵。我們現在對於這問題的智識，都是這幾位著名的科學家傳下來的。我們若是不用他們所下的定義，是危險而無益的。〔註十〕參看一八七五年二月十六日，二十三日，三月二日，九日，三十日的 Bulletin de l'Académie de Médecine

柯林 (Colin) 和普奇爾 (Pogiale) 的論文。

〔註十一〕我們在另外一個地方，確定了酒精醱酵時有少量揮發酸產生。白香研究過這個問題，他發現裏面有脂肪酸——如醋酸，酪酸等。巴士特在學院報告裏 (Comptes rendus de l'Académie, t. XLVII, p. 224, 1868) 有這

麼一句話：『琥珀酸 (succinic acid) 的存在，不是偶然的，乃是常有的。如果我們不算那極微量的揮發酸，那麼酒精醱酵裏產生的惟一的正酸，要算琥珀酸了。』

三 答覆德國博物學家白雷弗和德勞貝 (Oscar Brefeld, Moritz Traube) 一氏的批評

我們在前幾節裏極力主張的醱酵的理論，可以用下列的幾句做個總結：醱酵劑是一種生物，能夠沒有遊離的氧而生存。或者再準確點說：醱酵是隔絕空氣的生活之結果。

如果我們的話不對，就是說，如果醱酵的細胞和其他的植物細胞相同，確實需要氣體的或溶解的氧，使牠們生長，繁殖，或增加重量，那麼我們這理論連存在的理由都沒有了。至少關於醱酵最重要的部份的理論，是根本不能存在了。白雷弗氏於一八七三年七月二十六日在烏磁寶 (Wurzbury) 的物理醫學會裏宣讀過一篇論文。這論文的主要目的，就是要證明這一點。我們對於論文的作者，不能不欽佩他的實驗的技能。不過照我們看來，他所得到的結論，完全和事實不符。他說：

「由我上述的實驗看來，醱酵劑若沒有遊離的氧，絕對不能增加。巴士特假設醱酵劑和其他的生物不同，能够吸取化合的氧而維持生活。我敢說這毫無確實的根據。還有一層，照巴氏的理論，醱酵的現象，就靠着這種依化合的氧爲生的能力而發生。那麼他這種理論，雖然得着了大衆的贊同，是不準確的，不能存立的。」

白雷弗博士所引的實驗是這樣的：他用顯微鏡在一間特備的房裏，繼續的研究未醱酵的麥芽汁裏的幾個醱酵劑細胞。週圍是碳酸氣，絕對沒有一點遊離的氧。但是我們以前已經發現，只有年幼的醱酵劑，能在沒有空氣的環境裏生長。白氏所用的釀酒酵母，是醱酵後取出來的。我們可以說，他的培植所以失敗，原因就在這一點。白雷弗博士並不曉得，他用的這種酵母，必須有氣體的氧存在，方纔能够重行發芽。參閱上節關於酵母復元的敘述，可以曉得復元所需的時間，隨着情形的變遷，有很大的差異。酵母在今天呈着什麼狀態，不是說在明天必定呈着這種狀態，因爲酵母繼續的在經歷變化。我們已經述過醱酵劑若有了遊離的氧，能够怎樣劇烈的繁殖。我們也已經提出，在開始醱酵的時候，很少的氧，溶解在醱酵液內，有多麼大的力量。醱酵劑細胞就是靠着這點氧質，方

纔能够恢復發芽和繼續生活的能力。牠們的繁殖不需空氣，也未嘗不是這點氧的功勞。

我們以爲白博士只須稍爲考慮，就不致有對於他的實驗的那種見解。如果一個醱酵劑細胞，沒有吸取遊離或溶解的氧，就不能發芽或繁殖，那麼醱酵時所產生的醱酵劑和用掉的氧的重量比，必成常數；但是我們在一八六一年已經確定，這個重量的比，可以有很大的參差。這個事實，已經有上述的實驗作證。自然是一無可疑的。醱酵劑所吸取的氧，雖然爲量很小；同時所生的醱酵劑的重量，確實很大。若原有的氧量很大，那麼吸取的氧也很多；產生的酵母，重量更大。醱酵劑的重量和分解的糖之重量所成的比，隨吸取的遊離氧量而有增減；增減的範圍，也很廣闊。這個事實，我們認爲我們所主張的理論之主要基礎。白博士以爲醱酵劑若沒有氧或空氣，決不能生存。因爲這種情形，是和掌管生物的定律衝突的。但是同時他應該記着我們以前曾經提出的另一件事實。有機的醱酵劑，能够在沒有氧的環境裏生存的，不止酒精酵母這一樣物質。通常的生物界裏，有個很嚴格的定律：有連續的呼吸作用，——連續的吸取遊離氧，——方纔有連續的生存。我們現在再替這個定律加個例外，也不能算什麼。白博士爲什麼不提及酪酸醱酵裏的短螺旋菌的生活。他當然以爲我

們對於這點也錯了。再做幾個實驗，就可以糾正他的謬見。

上面的話是對於白博士的批評的批評。這些評語，也可以用來駁斥德勞貝氏的議論。不過我們還要感謝德勞貝氏，因為我們答覆白氏的攻擊引為辯護的話，卻是得自德氏的。這位德先生在柏林化學社裏，證明我們的實驗是確實的。他另外做了幾個實驗，證明酵母沒有氧的幫助，可以生長和繁殖。他說：『我的研究，可以無疑的證明巴士特的話。酵母的繁殖，可以在沒有遊離氧的媒液裏發生……白氏說事實相反是錯的。』但是德氏立刻接下去說：『我們能否說巴氏的學說已經證明了絕對的不能。我的實驗的結果，證明他的理論並沒有確實的根據。』他說的結果，究竟是什麼呢？德勞貝氏雖證明了酵母不需空氣生長；但他和我們一樣的發現酵母在這種情形之下，生活很困難。實在說，他不過得着了真正醱酵的最初的幾步。這是爲了下列的兩個原因：（一）偶然發生了附屬的和病態的醱酵，因此酒精醱酵劑的繁殖被阻；（二）所用的酵母，本來就是醱酵過度的。在一八六一年，我們已經注意到，酵母在沒有空氣的環境裏，作用怎樣的遲緩而且困難。在上節裏我們又曾經述及有幾種醱酵作用，在這種情形之下，要達到完成，不得不表現這種特性。德勞貝氏又說：

「巴士特的結論裏說，酵母能够吸取糖裏的氧，而在沒有空氣的地方生長，完全是個錯誤的見解。因爲在一大部分的糖質，還沒有分解的時候，酵母的增加，也有會停止的。酵母不得和空氣接觸，就有種蛋白質狀物質的混合物供給牠所需的營養。」德氏最後的一句，我們可完全推翻。我們有幾次實驗的時候，除去了蛋白質狀物，而作用仍在隔絕氧的純粹無機的媒液裏繼續着。關於這一層，我們即將發表不可推翻的證據（註一）。

（註一）德勞貝的觀念，完全受着他自己的一種假定的支配。他的這個假定的大意如下：「我們不應該懷疑，植物細胞的原始質含有，或本身即是，引起糖的醱酵的化學的醱酵劑。這醱酵劑的効力，似乎和細胞的存在有密切的關係，因直到現在，我們沒有發現什麼有效的方法，可以使牠脫離細胞而獨存。在空氣裏，牠使氧和糖化合——即氧化。在沒有空氣的地方，牠能够從一個糖分子的一部裏提取氧而加於之於另一部分。所以牠在空氣裏，就用還原作用產生醇，在無空氣的地方，用氧化作用以產生碳酸氣。」

德勞貝假定這化學的醱酵劑存於酵母和各種甜果裏。不過牠們的細胞，必須健全的。他替自己證明過，完全壓碎的果實，在碳酸氣裏，沒有醱酵作用。從這一點看來，這個完全理想的化學的醱酵劑，和我們稱做可溶醱酵劑的（soluble ferment），絕對不同，因爲澱粉酵素，杏仁酵素等物，是很容易提取的。

至於白雷弗和德勞貝對於我們的實驗的結果，所發表的意見和討論，如讀者欲窺全豹，可參閱白林化學社學報 (*Journal of the Chemical Society of Berlin*, vii, p. 872) 一八七四年九月、十二月的兩期，載有他倆的答覆。

四 右旋酒石酸鈣的醱酵 (Dextro-Tartrate of Lime) (註1)；

酒石酸鈣雖然不能溶解於水，可以在礦質煤液中完全的醱酵。用純粹的酒石酸鈣製成粒狀的結晶的粉，和了少許硫酸銨，磷酸鉀，磷酸鎂，一起放在水裏。隔了幾天，雖然沒有加什麼醱酵劑，也可以發生自然的醱酵作用。同時看見一種活着的，有機的，絲狀的，醱酵劑；行動扭曲，身體大致很長。這種醱酵，大概是由於空氣中浮着的，或器皿和藥品上黏着的塵埃，帶進去的種子的自然的生長。短螺菌的種子到處都有，牠們和腐爛作用有關。在上述的煤液裏發育的，恐怕就是這些種子。牠們這樣生長，可以使酒石酸鹽的醱酵實現。牠們所需要的碳，由酒石酸鹽供給。氮，由銨鹽裏的硝精（阿母尼亞）供給。礦質取自鉀和鎂的磷酸鹽。硫取自硫酸銨。在這種情形之下，能够看見有機的

組織，生命，和運動的發生，真是一件可驚的事。想到這些有機組織，生命，和運動，都沒有遊離的氧參加，就更覺得奇怪。種子和氧接觸，得着了初次的鼓動，即能離開了氧，無限的繁殖。我們在這裏，又得着了一個事實，可以證明酵母不是惟一的有機的，能在沒有遊離氧的環境裏任意的生長和繁殖的發酵劑。這個事實，我們用下述的實驗，可以毫無疑問的確定：

在容量二·五呎（約四派脫 pint）的燒瓶中（見第九圖），我們放了：

純粹的，結晶的正酒石酸鈣 一〇〇克

磷酸 一克

磷酸鎂 一克

磷酸鉀 〇·五克

硫酸銹 〇·五克

（一克等於一五·四三克林）

另外我們再加了蒸餾水，到裝滿燒瓶為止。又因為要防空氣溶解在水中，或附着固體物質，我

們先將燒瓶放入很大的，圓筒狀的，白鐵壺。壺裏滿盛了氯化鈣，安置在火焰之上。燒瓶的逸氣管插入玻海米玻璃 (Bohemian glass) 製的試管。這管的四分之三，盛了蒸餾水，也在火焰上加熱。我們熱着燒瓶和試管裏的液體，等到我們認為加熱的時候，已經足以除去全部的空氣，方纔停止。火焰移去後，我們立刻加了一層油，蓋着水面，然後安放着全部的儀器，任牠自行冷卻。

翌日，我們用手指捺着逸氣管的口，將該管口取出，立刻插入水銀中。這一次實驗，我們拿燒瓶這樣的放了兩星期。其實，就是安放一百年，也不會有醱酵作用。因為酒石酸鹽的醱酵，是生活的結果。但是煮沸以後，燒瓶裏已經絕對的沒有生命了。我們等到覺得燒瓶中的物質完全沒有了醱酵的可能，立刻就用下述的方法，注入醱酵劑：逸氣管裏的液體，用細橡皮管吸去。由已經自然醱酵十二天的另一燒瓶中，取出液體和沉澱物共一立方厘（約一七滴）裝入該管。然後再用沸水先在碳酸氣中冷卻，立刻裝滿逸氣管。這個動作，不過數分鐘。我們再拿逸氣管浸入水銀，以後這管就未曾取出。這管實為燒瓶的一部，又無木塞和橡皮參雜其間，因此我們可以確定，沒有空氣進去。注入醱酵液的時候，所帶進去的空氣，為量極微，實在不值得注意。或者這微量的空氣，反能阻礙瓶內生

物的生長，因為這些生物，都是成年的個體，已經在隔絕空氣的地方活着多時。遇到空氣，易受損傷，或致完全消滅。雖然，我們在以後的一次實驗中，完全隔除了空氣，——無論若何微量的。所以關於這個題目，不會有一點疑問發生。

以後的幾天，生物繁殖，酒石酸鹽漸次的消去。液體面上和內部，都呈着顯然的發酵作用。有幾處的沉澱物，似乎有點突起，面上蓋着一層暗灰色的物質，全部呈着一種有機的，膠狀的形態。不過沉澱物雖表現作用，我們好幾天都觀察不到氣體的發生。拿燒瓶稍為搖動，方纔可以看到頗大的氣泡，脫離原來黏着的沉澱而上升。牠同時帶起粒狀的固體，但是不久還是要下降的。氣泡在上升時，漸次縮小。這是大概因為液體沒有飽和，一部分漸被溶解的緣故。最小的氣泡，竟可以在未到液面的時候，即行全部溶解。後來液體漸漸的飽和了。酒石酸鹽也漸漸的換了形似乳頭的硬殼，或清澈的透明的結晶的碳酸鈣，沉在燒瓶的底或邊上。

注入發酵劑的時候，是二月十日。到三月十五日，液體已將近飽和。氣泡上升，滯留在燒瓶頂上的逸氣管的曲部。要預防氣泡逸出，我們用了一個玻製量管，罩着逸氣管的口上。當時逸氣管放在

水銀槽中，量管也滿盛水銀。十七，十八兩日，有氣體繼續的逸出。搜集的總量，有一七·四立方吋（一〇六立方吋）。後來我們證明這氣爲幾乎純粹的碳酸氣。我們看見氣體必須在液體飽和以後，方纔逸出，就可以料到牠大概是碳酸氣（註二）。

液體在注入發酵劑的翌日是混濁的。後來雖有氣體逸出，反而漸次澄清。最後，隔着燒瓶，竟可以看清手寫的字跡。到這個時候，沉澱物中，還有很活潑的作用。不過其餘的部份，都很安靜。那短螺旋菌只得成羣的集在那沉澱上，因爲酒石酸鈣在飽和了碳酸鈣的溶液中的溶度，較在純粹的水中的溶度要小。無論怎樣，我們可以確定，液體的大部份缺乏含碳的食物。我們每天搜集和分析所放出氣之全量。只有最初的幾天，用濃的碳酸鉀液吸收後，稍剩渣餘。此後直到最後的一天，都是純粹的碳酸氣。到四月二十六日，氣體的逸出完全停止了。最後的幾個氣泡，在二十三日即行上升。在實驗的期間，燒瓶是始終放在爐中的。溫度是攝氏二十六至二十八（華氏七十七至八十三）。搜集的氣體的總量，是二·一三五呎（二三〇·二立方吋）。若要計算所發生的氣體的總量，我們應當加上已經化成了酸性碳酸鈣而溶解在液體中的那一部份。這一部份可以用以下的方法測定：

將瓶中液體的一部份，傾入另一較小的，一個式樣相同的瓶中，到頸上的痕爲止（註三）。（這一個瓶中，我們預先裝了碳酸氣。）然後加熱，使醱酵液中的碳酸氣逸出，集在水銀上。用此法，我們確定了溶解的氣體，是八·三二二呎（五〇八立方吋）。再加上了以前的二·一三五呎，成一〇·四五七呎（六三八·二立方吋）。當時的溫度是攝氏二〇度。氣壓是七六〇耗。我們又計算零度和七六〇耗的容積（華氏三二度，氣壓三〇吋）。然後推算重量。得到的結果，是一九·七〇〇克（三〇二·二克林）的碳酸氣。

酒石酸鈣裏的石灰質，在醱酵的時候造成可溶的鹽類的，恰有一半。還有一半的一部分化爲碳酸鈣沉降，一部份被碳酸氣溶解。每一〇當量的碳酸氣產生，就有一當量的變性醋酸鈣（*meq. acetate of lime*）和二當量的正醋酸鹽，所成的混合物，或化合物就是可溶鹽類。總共合於三當量的正酒石酸鈣的醱酵（註四）。雖然這一點，還應當詳細研究，以上所述關於產物的性質，是經過了謹慎的考慮的。不過這件事實，對於我們的問題無多大關係，因爲我們並不討論醱酵作用的方程式。

發酵完畢後，瓶底絕無酒石酸鈣的痕跡。在發酵的時候，牠漸次的分解成發酵的產物。牠的地位，被結晶的碳酸鈣所占。這碳酸鈣就是未曾被碳酸氣溶解的一部份。和這碳酸鈣在一起的有些動物性物質，在顯微鏡底下看，呈着塊狀的顆粒，還參差着長短不齊的細條和微細的小點，全體頗有含氮有機物的特性（註五）。照我們上述的情形看，可以確定這就是發酵劑。我們因為要再確實點的證據，同時又想乘機觀察這生物的生活狀態，就做了下述的附帶的研究：

我們做了一個實驗，和以前的實驗並行，而且相同。等到發酵已有相當的程度，酒石酸鹽已溶解了一半，我們就停止作用。用銼刀將逸氣管在瓶頸漸次縮小的地方銼開，再用細長的直管從瓶底抽取少許沉澱物；放在顯微鏡下觀察，看見一堆極細的長條，直徑大約是一耗的千分之一（ 0.000039 吋）。長不一律，有幾條竟有一耗的二分之一（ 0.00019 吋）。我們可以看出見一羣的這種長形的短螺菌在那裏慢慢的爬。牠們的舉動，頗多曲折。身上常有三個或四個甚至五個彎曲。至於不動的長條，形狀和動的相同，不過有點不連接的現象，好像有許多顆粒不規則的排列成一長條。這些必定是生活作用已經停止的短螺菌。牠們的精力，已經完全消滅，好像啤酒

釀酵劑的陳舊的顆粒。活動的長條，就好像新鮮的，有活力的酵母。前者毫無動靜，就很可能可以證實這種觀念。這兩種生物都有團結成羣的趨勢，團結堅固了，很容易阻礙活着的生物的運動。此外我還可以看到活着的生物，都聚集在尚未溶解的酒石酸鹽上。而已經失效的生物，都結成粒狀的球，直接停留在玻璃上，似乎牠們分解了酒石酸——牠們惟一的含碳食物——以後，牠們就在我們抽牠們出來的地方，當場斃命。因為牠們在生長的時候，已經預先結合成堆，阻礙繼續的發展。我們又看見直徑相等，身體較短的短螺菌，很迅速的旋轉和往返急行。這些恐怕和較長的是同種；不過因為身軀較短，所以轉動較為自由。這些短螺菌在液體的中部，一點也找不到。講到這裏，我們想起沉澱物中聚集許多短螺菌的時候，頗有腐臭的氣味，而且沉澱本身帶着淡灰的顏色。因此我們推想這作用大概是還原作用。我們想所用的各種物質，無論怎樣純粹，總帶點鐵質。這鐵變成黑色的硫化物，和不溶解的，白色的酒石酸鹽和磷酸鹽參和在一起，就呈着淡灰的顏色。

這些短螺菌究竟是怎樣的東西？我們已經說過，我們以為牠們就是通常的腐爛作用的短螺菌，因為受了特殊的營養的支配，長得特別的瘦弱。我們簡直可以說，這個釀酵，就是酒石酸鈣的腐

爛作用。關於這一點，只要在適合於通常的短螺菌的媒液中，培養這醱酵的短螺菌，就可以證明。不過我們自己尚未實行，所以不能多說。

還有幾句話，關於這種奇突生物的。牠們身體的一端，很多有明亮的一點，——一種珠狀物。這實在是一種錯覺。牠們的身的一端向下彎曲，所以在這一點，折光較大。我們看上去，覺得牠的直徑也較大。我們可以留神觀察牠們的運動，在那彎曲的一端垂直的經過身體的他部的時候，就能辨明那個小彎曲；同時那個明亮的點，也忽現忽滅。

從以上的事實，我們所應當得着的推論如下：正酒石酸鈣醱酵時所現的短螺菌，能够在缺乏空氣的環境裏生長和繁殖。這是一件不可懷疑的事實，我們也不必再有所申論。

(註一) 參閱巴士特在 *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. lvi., p. 146 發表的論文。

(註二) 在當時的情形之下，碳酸氣比較其餘的氣體，容易溶解。

(註三) 我們不能裝滿小燒瓶，不然恐怕一部分液體要倒置管裏的水銀面上。煮沸後凝結的液體是純粹的水。在實驗的溫度，這種水的溶解碳酸氣的愛力 (solvent affinity) 如何，是大家都曉得的。

(註四) 這幾個數日，和這醱酵作用的產物的性質，發生了一個很特殊的結果。當時逸出的碳酸氣是很純粹的，——特別的在液中空氣已用着沸法驅除以後，——可以完全溶解的。同時液體的容積足以應付，酒石酸鹽的重量也很適當。在這種情形之下，我們可以拿不溶解的，結晶的，粉狀的酒石酸鈣，和磷酸鹽類，一起放在裝滿了水的，封閉着的器皿的底下。不久我們就會發現碳酸鈣占了那酒石酸鈣的地位，可溶的鈣鹽在液體裏，和一堆的有機物在瓶底下。這種變化——除了酒石酸鹽的生活作用和變化不計外——毫無附帶的醱酵作用或氣體的逸出。若用五〇克（七六七克林）的酒石酸鈣，只要有一個容量五呎（一加倫有餘）的器皿或燒瓶，就足夠發生這個奇突的異常沉靜的變化。(註五) 我們用稀鹽酸加到沉澱上。這鹽酸就溶解了碳酸鈣，和不溶解的磷酸鈣，磷酸鎂然後濾過一張稱過的濾紙。這樣得到的有機物質，在一〇〇度（華氏二二二度）烘乾後，重〇·五四克（八·三克林），略多于可醱酵的物質的重量的二〇〇分之一。

五 嫌氣的生活的又一例——乳酸鈣(Lactate of Lime)的醱酵

最後我要提出嫌氣生活的又一例，也是一個和醱酵相連的作用。這就是乳酸鈣在礦質媒液裏的醱酵。

上節所述的實驗裏所用的醱酵液，和注入的種子，都經過短時間的和空氣的接觸。在這實驗

裏，我們極力的預防微量的氧，在注入的時候附帶進去。我們已經有很確實的證據，表明氧和氮在杜絕空氣的媒液裏，只能很慢的瀰散。雖然，我們爲安全起見，仍實施上述的預防手術。

我們用的液體製法如下：

純粹的水九至一〇呎（二加倫多）中，按次序的加入了以下的鹽類（註一）：

純粹乳酸鈣

二二五・〇克

磷酸銹

〇・七五克

磷酸鉀

〇・四克

硫酸鎂

〇・四克

硫酸銹

〇・二克

（一克等于一五・四三克林）

在一八七五年三月二十三日，我們用水裝滿了一個六呎（一一派脫）燒瓶（如圖一一），安放在火上。另外用一廣口皿，裝了同樣的液體，也放在火焰上。燒瓶上的曲管，浸入廣口皿中。燒瓶

和皿中的液體，同時煮沸，經半小時之久。這是要確定溶液的空氣已被驅出。燒瓶裏的液體，有幾次被蒸氣驅出瓶外，後來又吸回；不過吸回的部份，是沒有間斷的沸騰着的。第二天，等到燒瓶已冷，逸氣管就移到水銀皿中。全套儀器都放入爐中，溫度總在攝氏二五至三〇度之間（華氏七七至八六）。然後用碳酸氣裝滿小圓筒形的帶栓漏斗。我們極留神的裝入上述的液體一〇立方厘米。液已經在隔絕空氣的環境裏發酵了幾天，所以那時充滿着短螺菌。我們再轉動活栓，使液流下，剩微量在漏斗中，可以防止和空氣的接觸。這樣的做，在注入時，發酵液和發酵劑種子，連短時間和外界空氣的接觸都沒有。這種發酵開始的日期，隨着注入的種子之狀態和數目而有遲早的差異。這一次到三月二十九日，有很小的氣泡發現；但是直等到四月九日，方纔有較大的氣泡上升。從這一日起，牠們繼續的增加。牠們的發源地，是在瓶底有似土的磷酸鹽沉澱的幾處。同時，最初幾天很清的液體，也漸次的變濁。這是由於短螺菌的生長。在四月九日那天，我們也看見瓶邊上有碳酸鈣的結晶體。

照上述的步驟，無論那方面都有防止空氣闖入的效果。在上述的實驗開始時，因為爐中溫度

較高，而發酵時又有氣體逸出，就有一部份液體被驅逐於管外，升到水銀面上；這液原是細菌生長的最良媒介。所以露在外面，立刻就充滿着這些生物（註二）。如此，水銀和逸氣管邊絕對不能有空氣出入。因為水銀面上的液體所含的氧，必先被細菌吸收，所以氧入瓶中，是決不會發生的事。

在講正題的以前，我們還要請讀者注意，細菌吸收氧的這件事，可以利用做除去發酵液中的氧的方法。這樣較預先煮沸的方法容易而且穩妥。這種液體，未經預先煮沸，在夏天的溫度，只需二十四小時即轉混濁。這是因為細菌能自然的生長。我們可以很容易證明牠們能吸取溶解的氧（註三）。用這液裝滿了一個容量幾呎（約一加倫）的燒瓶（見第九圖）；逸氣管也一樣，裝滿管口浸沒在水銀中。四十八小時後，將瓶放入氫化鈣浴槽中，並驅去水銀面上液體所溶解的氣體。這氣分析後的結果，證明牠是氮和碳酸氣的混合物，連氧的一點痕跡都找不到。所以我們有了一個很妙的方法，可以革除發酵液中的氧。我們只須將液體裝滿了燒瓶，安放在爐中兩天，或再長一點的時期。不過要小心防止酪酸短螺菌闖入液內。若液內確有短螺菌自然的發生，在最初的幾天，液體雖然混濁，隔了那兩三天，就會澄清。這是因為先前的細菌，吸盡了溶解的氧，已經死去，或至少失掉了

運動的能力，就毫無生氣的沉降到瓶底。我們已經幾次確定了這事實。照這事實看來，酪酸短螺菌不能當作細菌的另一種看待，因為假定了這兩種產物有根源上的關係，那麼每次有細菌生長後，必有酪酸醱酵繼之而生。

還有一個很驚人的實驗，希望讀者能注意。這個實驗，可以表明媒液的組成，對於微細生物的繁殖，有什麼影響。前述的實驗，自三月二十七日起，至五月十日止。但是現在我們要講的一個，只費了四天。所用的液體的組成和容量，都和前一次的相同。在一八七五年四月二十三日，我們裝滿了一個燒瓶。牠的式樣和第一圖所示的相同。容量是六呎。所用的液體是照第六六頁所述的配製的，先放在廣口瓶，露於空氣中五天。所以早就充滿着多量的細菌。到第五天瓶底有氣泡，每隔頗長的時間上升。這一點表示酪酸醱酵已經開始。我們又由瓶底的中部的，甚至液面上充滿細菌的各層，抽出少許液體，用顯微鏡觀察，都可以看見酪酸醱酵的短螺菌。如是我們就拿這液體轉放入六呎燒瓶，瓶口照舊接着通入水銀的曲管。到晚上就有頗活潑的醱酵。到二十四日，作用的迅速，實屬罕見。二十五，二十六，兩日還繼續着。二十六日晚間，作用已經衰退了。到二十七日，醱酵的表示都已

消滅。其實，這種突然的停止，並非未知的因素所致。這實在是表示醱酵完畢，因為在二十八日，我們考查醱酵後的液體，絕對找不着微量的乳酸鈣。如果實業上需要大宗的酪酸 (butyric acid)，那麼上述的事實，很可以供給有價值的知識，可以用作發明大規模的製造法的材料（註四）。

在講下去的前，最好先注意到前述的各種醱酵作用的短螺菌。

在一八六二年五月二十七日，我們用乳酸鹽和磷酸鹽的溶液，裝滿了容量二·七八〇呎（約五派脫）的燒瓶（註五）。這一次並未注入種子，那液先變混濁，表示菌類繁殖；後來發生酪酸醱酵。到六月九日，作用已經很活潑。我們在二十四小時內，在水銀上搜集了一〇〇立方吋的氣體（約六立方吋）。到六月十一日，二十四小時內所產生的氣之容量，表示作用增加了一倍的速度。我們又用顯微鏡考查了一滴濁液。我們當時的記錄上，有一張圖（見十二圖），和這麼幾句話：

「一羣的短螺菌，活潑異常，目力不能隨着牠們的運動轉移。全境內都是成對的生物，似乎都在互相的設法脫離羈絆。每一對的聯接物，恐係一種不能見的膠狀線。牠們的相驅力，能稍勝過聯接的力量，致使牠們能夠斷掉直接的連接，但不至完全脫離關係。牠們的運動，多少還要互相的牽

引。後來牠們還是慢慢的完全脫離，各自行動，較前尤爲活潑。」

用顯微鏡研究這種短螺菌，同時又要防止牠們和空氣的接觸，有一個最妙的方法，詳述如下：等到燒瓶中的酪酸發酵已經繼續了幾天，就用橡皮管拿燒瓶和一種扁平的玻璃連接着。這個玻璃，我們安放在顯微鏡的載物檯上（見十三圖）。觀察的時候，先拿水銀下的拉長而彎曲的逸氣管的管口（在b處）閉着。繼續發生的氣體，使瓶內壓力增加。我們只要打開玻璃栓r，液體即行上升入玻璃L；裝滿後就流入玻璃V。這樣我們可以使短螺菌不和空氣接觸，被搬運到顯微鏡底下。所得的結果很圓滿。即使玻璃——現在玻璃是替代原有的接物鏡的——能够浸入燒瓶的中央，也不過如此。那些短螺菌的行動和裂生生殖，可以全部的看法，真是很美麗的，引人入勝的境像。溫度若是忽然降下很多，並不停止牠們的行動。譬如在攝氏十五度（華氏五十九度），牠們的行動，不過稍爲遲緩點。雖然，研究的時候，最好是在和發酵最適宜的溫度。在安置器皿的爐子裏，也不過在攝氏二十五度至三十度（華氏七十七度至八十六度）。

現在我們又要回頭講那沒有述畢的實驗。六月十七日所發生的氣體，比十一日多三倍。十一

日的氣，經碳酸鉀拿氧吸去後，剩下的氫占百分之七十二·六。十七日的氣，只剩百分之四十九的氫。我們現在又要討論當時的濁液，在顯微鏡下之狀態。以下是關於這種觀察的圖（第十四圖）和記錄：

『極美麗的境界：短螺菌都在行動，有正在前進的，也有波動的；牠們比十一日的大得多。有許多聯着成波狀的鎖，關節處都有顫動；組成每鏈的菌數愈多，顫動和活潑的程度也愈低。』

短螺菌的呈圓筒狀，而各部同質的，大致都和上述的情形相符。還有一種難得呈着鏈狀的，在一端有個明亮的小粒。其實這一點的折光，較他部為強，所以有這現象。在當頭的一節上，有時候小粒生在一端，有時候在另一端。通常見的一種，最長的節有一耗的千分之十至三十，甚至有千分之四十五的。牠們的直徑，大致為一耗的千分之一·五至二；難得也有千分之三的（註六）。

到六月二十八日，醱酵完畢，氣體也不發生，溶液也沒有乳酸鹽，瓶底上都是不動的微生物。液體漸次的澄清，幾天後已經很明亮了。我們現在要提出一個問題：這些微生物，因為牠們的含碳食物——乳酸鹽——已經用罄，現在不動的留瓶底，還是呈着睡眠的狀態，還是已經完全死去，絕對

不能恢復了（註七）？以下的實驗，可以表示牠們並沒有完全失去生命。恐怕牠們有和啤酒酵母相同的能力。我們記得啤酒酵母分解了醱酵液中的糖質，能够在新鮮的甜煤液中重行生殖和發生作用。在一八七五年四月二十二日，我們放在爐中，醱酵已經完畢的乳酸鹽。爐中的溫度是攝氏二十五度（華氏七七度）。燒瓶A（見第一五圖）是醱酵的發生地。瓶上的氣管從未離開水銀。我們天天觀察這液體，看見牠漸漸的明亮。到第十五天，我們用乳酸液裝滿了一個同樣的燒瓶B，加熱煮沸，以殺滅短螺菌的種子，和排除空氣。燒瓶B冷後，我們拿A瓶搖動一刻，使沉澱物浮起。然後極週密的接着了兩燒瓶，可以確定毫無空氣入內（註八）。A瓶的逸氣管口的a處，因碳酸氣的發生而受較大的壓力。所以r和s兩栓打開後，A瓶底上的沉澱，就被驅入B瓶中。這樣做，B瓶得了十五日前已經完畢的醱酵之沉澱。注入後兩天，B瓶有醱酵的表示了。我們因此可以斷定已完成的酪酸醱酵的短螺菌沉澱，隔着一定的時間，不會失去引起醱酵的能力。這種沉澱裏的酪酸醱酵劑，可以在適當的，新鮮的，煤液中恢復原有的力量。

各位讀者很精密的研究了我們供獻給他們的事實，決不會懷疑乳酸鹽醱酵裏的短螺菌，在

杜絕氧的地方能够繁殖。如果說證據太少，還要新的事實，那麼請看下述的研究。我們從這研究，可以斷定大氣中的氧，能够忽然的阻止酪酸短螺菌所引起的醱酵。這樣看來，牠們自然不需氧來維持生命。在一八六二年五月七日，我們用容量二·五八〇呎的燒瓶（四五派脫），裝滿了乳酸鹽和磷酸鹽的溶液，安放在爐中。到五月九日，我們從正在發生酪酸醱酵的溶液中，抽去了兩滴，注入以上的溶液。沒有幾天，醱酵作用開始了，到十八日已頗劇烈；到三十日更劇烈。六月一日那天，牠每小時產生的含氫百分之九的氣體，竟有三五立方呎（二·三立方呎）。到二日，我們開始研究發生這醱酵的短螺菌，遇着空氣時的變化。我們切斷了逸氣管（切點在該管和燒瓶相接處的水平線上），用一個五〇立方呎的移液管吸滿該液，然後由瓶中取出。瓶中剩下的空位，自然被空氣填塞了。此後我們將燒瓶倒置，使牠的開口到水銀中，每十分鐘搖動一次，繼續到一小時有餘。先，因為要確定氧是否已全被吸收，就用薄橡皮管裝滿了水，將燒瓶的嘴在水銀面下接着另一拉長了頸部的滿裝着水的小燒瓶。這樣裝就了，我們就舉起了大燒瓶，同時使小瓶的地位總在牠的橡皮管原有摩耳夾 (Mohr's clip) 夾着的；現在我們開放了夾，使小燒瓶中的水，流入大燒瓶。

同時大燒瓶裏的氣體，上升入小燒瓶，我們立刻拿這氣分析了。除去碳酸氣和氮，剩下的氧，不過百分之二四·二。這就表明五〇立方呎（三·〇五立方呎）的空氣中，有三·三立方呎（〇·二立方呎）的氧被吸取了。用顯微鏡考察，發現短螺菌的運動，頗形遲緩。最後我們又用橡皮管恢復了剛纔兩燒瓶的連接。醱酵作用雖然很遲緩，還是繼續着。這大概是因為空氣放入燒瓶後，雖經劇烈的振盪，尚不能使液體全部和大氣的氧接觸。但是我們不管原因究竟是什麼，這現象的意義，當然是很明瞭的了。我們還想多得着一點關於空氣的影響的知識。因此我們從另一已達極度的醱酵液內提取了醱酵液，分裝兩試管中。一個試管中通入空氣，還有一個通入碳酸氣。逾半小時，通入空氣的試管中，醱酵完全停止。所有的短螺菌，皆已死去，至少不能行動。另一管中，受着碳酸氣的影響，達三小時仍有醱酵，短螺菌也很活潑的生長着。

研究空氣對於短螺菌的致命的效力，有個很簡易的方法。我們記得用第一三圖所示的儀器，施行顯微鏡研究，可以很明顯的看見各短螺菌，在沒有空氣的環境裏是怎樣活潑的在運動。我們現在將這觀察，再行一次；同時還要用通常的顯微方法觀察同樣的液體，作為比較的研究。所謂通

常的顯微法，就是放一滴液體在接物鏡上，用薄玻片蓋着。這樣的手術，至少可以使液體和空氣有剎那間的接觸。我們立刻可以看出玻球裏的短螺菌（特別法）和玻片下的短螺菌（普通法），運動上有怎樣的差別。在玻片下靠邊的部分，短螺菌的運動，已經完全停止。因為這是直接可以和空氣接觸的。中部的短螺菌的運動，還可以維持一刻；但是時間上也頗有出入。這要看玻片邊上的短螺菌，隔斷空氣侵入的力量如何。我們就是沒有多大的經驗，也很容易看出那滴被空氣包圍着的醱酵液，剛被玻片蓋着的時候，就呈着遲鈍的，病態的，短螺菌——我們想不出好點的辭句，來描寫我們所看見的情境。——不過在中部，牠們又漸漸的恢復原有的活潑。這是因為牠們到了受氧的影響較少的部分。空氣的影響愈少，牠們的運動愈易恢復。我們研究通常在空氣中生長的細菌（即好氣細菌），得着很奇突的事實，和上述的剛正相反，同時也有相互的關係。我們若放一滴充滿着這種生物的液體在顯微鏡上，一樣的用玻片蓋着，立刻可以看見液體中部的細菌，因為必需的氧，不多時就都被牠們吸去，漸次的停止運動。但玻片邊上的，因為有足的空氣，還是很活潑。玻片中部的細菌，雖然死得很快，只要有一兩個氣泡存在，就可以維持長點的時期。在這氣泡的邊上，很

多的細菌，聚集成很厚的一圈。不過泡內的氧吸盡後，牠們立刻失去運動的能力，不久就被液體的流動沖散了（註九）。

讀者諸君，或者喜歡曉得，我們最初有嫌氣生活的觀念，就是在一八六一年的某日，連續的做了上述的兩次研究以後。我們因此也想到乳酸醱酵裏的短螺菌，或係真正的酪酸醱酵劑。

在這裏，我們可以抽開討論酪酸醱酵的短螺菌所呈的兩種性質。我們要問爲什麼有幾種短螺菌，有折光性的小粒，而且大概是扁豆形的（如第一四圖所示的）。我們的意思頗以爲這種小粒，和短螺菌的一種特殊的生殖有關係。這種生殖，我們正在研究，是嫌氧生物和通常的吸氧生物共有的。那麼照我們的意見，這種現象，可以這樣解釋：牠們經過了一定次數的裂生生殖，同時又因爲醱酵本身和短螺菌的生活的關係，媒液的組成，也經過漸次的變化，所以後來在幾處就有胞囊（Cysts）發生；這胞囊就是那折光的小粒。從這種芽狀體，我們最後得着短螺菌。這些短螺菌，行橫裂生殖，過了幾時，也要變成胞囊。我們從各方面的觀察推論，深信通常的微小的，柔軟的，豐滿的，棒形短螺菌，乾燥了後很容易死亡。若預先化成顆粒的或胞囊的形狀，就具有很剛強的抵抗力，可當作

塵埃，被風吹得隨處飄盪。包着小粒或胞囊的物質，並不做保存的工作。因為變成胞囊的時候，外層都漸被吸收。所以最後胞囊全是光溜的。胞囊看上去是一塊塊的粒狀物，即最有訓練的眼睛，都認不出這種東西具有生機，也決想不到造成牠們的那些短螺菌；雖然，這種物體，有潛伏的生活力，正在等着適當的機會發育，復變成長的棒形生物。我們確是缺乏強有力的證據，擁護我們的觀念。我們的觀念完全是從幾個實驗上得來的推論。這些實驗，沒有一個能絕對的和理想符合。我們姑且提出一個實驗談談：

有一次，礦質媒液中發生了甘油醱酵，——這次用的醱酵劑是酪酸短螺菌，——我們確定這醱酵液裏只有扁豆形的，有折光小粒的短螺菌存在。不知為什麼，這作用原很遲鈍，後來忽然受了通常短螺菌的影響，變得非常活潑。有明亮小粒的芽狀體，幾乎都消滅了。當時只稍見幾個，也只剩下折光體，其餘的都復被吸收了。

另一比較的更近這個假定的研究，載在我們關於蠶疾的著作上。在那書裏，我們說明，含有許多折光小粒的乾燥的粉狀的短螺菌，在水中只有幾小時，就生出大的短螺菌，見着發育圓滿的長

棒，並不帶着什麼明亮的小點。同時在水中我們並未看到小的短螺菌長大。這似乎可以證明大的短螺菌，從折光小粒中生出來的時候，已經長成。好像我們看見過 *Colpoda* 從牠們的胞囊中生出來，已經長成，是一樣的。這個研究，可作反對短螺菌或細菌自然發生說的確實證據（我們想，細菌也有同樣的性質）。自然，我們不能說，在顯微鏡底下觀察幾點粉末，就可以分別指定說：這是短螺菌的種子，那是細菌的種子。不過我們決不能懷疑，這些短螺菌，是從一種有定性的胞囊或孢子裏生出來的。因為我們親眼看見水中加了點這種無定性的粉末後，不上一二小時，就有大的短螺菌經過顯微鏡下。同時我們又沒有看見有什麼居間的形體。——較新生的時候大，比成年的小的形體。

短螺菌的外觀和性質，和牠們的年齡有關。有時某種情形使媒液發生什麼影響，也足以改變牠們的外觀和性質。不過外觀和性質的差別，是否能引起發酵本身和產物上的不同，還是個疑問。前述酪酸發酵所產生的氫和碳酸氣，成分上頗有出入。這樣看來，到很像是有關係的。我們還曉得，氫並不是這種發酵裏常存的產物。以前我們曾經遇到乳酸鈣的酪酸發酵，絕對沒有產氫的。其實

除了碳酸氣，沒有其餘的產物。第一六圖所示的，就是我們在這種醱酵液裏看見的短螺菌。牠們並沒有什麼特點。照我們的觀察，曉得酪醇 (butylic alcohol) 是這種醱酵的通常產物，——雖則不能說是必有的。既然有酪醇產生，同時氫又很少，我們可以假定前者的成分極大時，後者的成分必極小。雖然，這假定和事實不符。就是在氫完全缺乏的少數實驗中，我們也不能發現酪醇。

綜合這一節裏的事實，我們可毫無異議的下個結論：酪酸醱酵裏的短螺菌，是營養氣生活的。氣體的氧，對於牠們的活動，有不良的影響。但是我們可否就說，正在發生酪酸醱酵的液體，和微量的空氣接觸了，能夠完全停止，或至少發生阻礙？我們關於這點，沒有做什麼直接的實驗。但是空氣在這種情形之下，反而有利於這種短螺菌的繁殖，增加醱酵的速度，酵母就是個現成的實例。不過假如我們可以證明這話是不錯的，怎麼和剛纔所說的酪酸短螺菌觸着空氣有危險的話相合？恐怕嫌氧的生活是習慣的結果；而觸着空氣的死亡，可說是因為短螺菌的生存的情境，有突然的變化的緣故。以下是個很著名的試驗：一個鳥，放在容量一二個呎（六〇至一二〇立方吋）的瓶裏，將瓶蓋蓋上。等一刻那鳥就表示極端的不安和窒息的徵兆。隔了許多時間，方纔斃命。在牠未死的

時候，若有相同的鳥也放進瓶中，可以立刻死去。而原來在裏面的鳥，或者還可以繼續着很長久的時間。若在未死時拿出瓶外，也未嘗不可以恢復牠的健康。我們不能否認，這件事實可以證明生物能漸漸的改變牠們的性質，使適合於漸次沾污的媒介。所以酪酸醱酵的嫌氣的短螺菌，忽然的從沒有空氣的煤液中取出，就立刻滅亡。但是我們若漸次參加微量的空氣，恐怕要有頗不相同的結果。

我們不得不承認，露於空氣中的液體，往往有很多的短螺菌，牠們吸取大氣中的氧，而不能突然的離開氧的影響。我們是否因此應當承認牠們和酪酸醱酵裏的短螺菌不同？我們以為還是如此說，來得自然點：這兩種短螺菌，都是適應環境的。一種適合於有空氣的生活；一種適合於沒有空氣的生活。從習慣了的環境，忽然的遷移到另一環境，就要有死亡發生；但經過有程序的改革，也可以從這一種變到那一種（註十）。我們深知酒精醱酵劑，確能在沒有空氣的地方生存；但若加入微量的空氣，牠們的繁殖的速度可以增加。還有幾個未曾發表的實驗，使我們相信，牠們假若在沒有空氣的環境裏過了幾時，忽然接觸着多量的氧，也不能不受損傷。

雖然，還有一點不應該忽略的。我們曉得吸氧的 *Torula* 和嫌氧的醱酵劑，可說是完全相同的生物。不過在牠們中間，找不出什麼共源的關係。所以現在我們不得不認牠們為特殊的種。這樣看來，或也有吸氧和嫌氧的短螺菌而不能互相變換的。

有人曾經提過，關於短螺菌的究為動物或植物的問題——特別要緊的是關於那些做酪酸醱酵和他種醱酵的醱酵劑的短螺菌。羅賓 (Robin) 氏很注意這問題 (註十一)。他說：確定各生物——動物或植物——的性質，無論是講生物的全部，還是分別的講解剖學上所謂同化的，或生殖的部分——是最近二三十年中已能解決的問題。研究有機的科學者，在開始研究的以前，最不可缺少的工作，就是要認明他們所研究的長成的，和未成年的各生物，是動物還是植物。所以現在關於這個問題的理論和實驗的方法，都很準確。研究生物的學者，若忽略了這點，好像化學家從生物組織中提取某物質後，不管牠是氮，是氫，是尿素，還是脂蠟精的一樣；也好比在研究某物質的化合物作用時，不曉得那物質究竟是什麼。現在研究醱酵和腐爛作用的人，不甚注意上述的初步工作；就是巴士特氏在最近發表的論文裏，除了通稱為 *Torulaceae* 的一種隱花植物外，關於他所研究

的各種醱酵劑，都沒有說起牠們是動物，還是植物。細味他的著作中的許多話，好像表示他認明稱爲細菌的那隱花生物和通稱爲短螺菌的生物，皆屬動物界。（參閱一八七五年的巴黎醫學院學報（Bulletin de l'Académie de Médecine）二四九，二五一頁，和特別重要的二五六，二六六，二六七，二八九和二九〇各頁。）這兩種生物，至少在生理學上是很有區別的。前一種是嫌氧的——就是不需氧來維持生命的。若液中溶解了多量的氧，即不能生存。

我們對於這個問題，不能和這位學識豐富和同事，有相同的意見。我們現在如果也認爲研究生物的學者，不設法確定醱酵劑爲動物或植物，和化學家不辨氮與氫或尿素與蠟精是相等的錯誤，那麼我們一定是昏迷了。有疑問的題目，是否應當即刻解決，要看觀察點如何。我們在工作時候，不過注意到兩個問題：（一）在真正的醱酵作用裏，醱酵劑是否爲有機的生物？（二）這有機的生物，是否能在無氧的地方生活？這有機的生物是動物還是植物的問題，和以上的兩問題發生什麼關係？譬如在研究酪酸醱酵時，我們要確定的，是下列的兩件基本事實：（一）酪酸醱酵劑是一種短螺菌；（二）這短螺菌可以杜絕空氣而生存。實際上在發生酪酸醱酵的時候，牠的確是杜

絕空氣的。我們現在認爲不必表示什麼意見，來討論這生物的動物性或植物性的問題。到現在，我們以爲短螺菌是動物而不是植物，還不過是種情感作用，並不是有根據的信仰。

羅賓氏以爲確定動植物兩界的界限，並不是件困難的事。他說：『無論那種木質和雌或雄的植物的生殖機能，皆不溶解於酒精液中。無論那爲母的植物，已經達到了進化的那一步，只要加入這試藥（冷的，煮沸的，都可），絕對不會發生什麼變化。至多不過內部因稍被溶解，比較的透明點。所以無論什麼大小植物，無論什麼細菌和孢子，都可以完全保存牠們的外形，體積，和內部的結構。但是微小的動物和各大動物的卵細胞和胚胎，在酒精裏都要生很大的變化。

用一滴酒精，就能夠使我們很自信的發表，關於最低微的生物的見解，自然是件可賀的事情。不過我們要問，羅賓氏的假定，是否完全準確？這位先生親自說，普通稱爲精蟲的動物，放在酒精中，不過顏色淡些，並沒有溶解。如果試藥的作用上的不同，就可以用來劃分動植物的界限，我們是否可以說細菌和黴菌有極大的自然的區別？因爲我們只要在媒液中加入微量的酸，就很可能促進前者的生長和繁殖；同時也足以阻止細菌和短螺菌的生長。雖然運動的能力，不是動物惟一的

特性，我們總以為短螺菌是動物。因為牠們有種很特別的動作，我們只要看 *Diatomaceae* 的動作，和短螺菌的動作，相差如何的厲害！短螺菌遇着障礙物就回頭，有時也稍試對方的強弱。如果牠覺得不能勝過的，牠立刻找舊路回去。 *Colpoda* 原是纖毛蟲類，也有這樣的行為。恐怕有人要說，有幾種隱花植物的游走芽胞 (*zoospores*)，呈着同樣的動作。但是這種游走芽胞，不是和精蟲有相等的動物性麼？至少關於細菌一方面，我們以前不是已經說過，我們看見牠們在找不着氧的時候，都圍着液中的空氣泡以延長牠們的生命，我們自然不得不認為這是求生的天性，和其他的動物一樣。我們覺得羅賓自以為能够在動植物界的中間，劃一條很清楚的界限，是錯誤的。而且，我們又要說一遍，這界限能够確定與否，和我們現在所討論的問題，沒有什麼密切的關係。

羅賓氏反對我們用種子 (*germ*) 這名稱，而同時又不能指定這種子是動物還是植物。照上述的理由，這種話也可說是無意識的顧慮。我們在討論各問題的時候，無論是醱酵，還是自然的生產，用種子 (*germ*) 這個名辭，都是表示生物的源。譬如，李貝氏曾經提及，某蛋白質性的物質，能引起醱酵作用。我們就反對他說：「不對，醱酵劑是個有機的生物。牠的種子 (*germ*) 總是存在的。」

白質性物質，不過供給種子的，和牠的後代的營養而已。』這種答覆，可以算是再明白也沒有的了。在一八六二年發表的關於自然生產的論文中，如果我們觀察中所遇到的微細生物，都要有個別的名稱，不是一件大錯的事呢？我們如果這樣做，就要感覺極端的困難。因為現代微生物的分類和命名，還未經整理。非但要感覺困難就算了，我們的論文，也要因此受着影響，不能像現在的清楚。無論如何，我們總不得不離開原來的目的，而討論其他的事件。（我們原來的目的，是要大概的確定生命的存在與否。並不是專門注意某種動物或植物的表現。）因此我們用的名稱都是最混統的，像 *mucors*, *torulae*, *bacteria* 和 *vibrios*。我們這種稱謂，並非武斷的。用指定的命名去稱各種尚未深悉的生物，纔可說是武斷的。這些生物的異同，不過能够在幾種特點上看得出；但這種特點的真意義，也無從考查。譬如最近幾年康恩 (Cohn)，霍夫曼 (Hoffmann)，赫黎爾 (Hallier) 和必爾羅斯 (Billroth) 這幾位的著作裏，都載着各種不同的命名法。雖然只限於 *bacterium* 和 *Vibrio* 兩屬，已經很够繁複。自然我們並不拿這幾位的著作，放在一個水平線上。

羅賓氏現在推翻了他以前所有的一個意見。他從前說：『發酵是個在外的現象，牠是發生在

外邊的隱花植物的細胞裏的，也可說是個接觸的現象。」現在他說：「醱酵或係在內的分子作用。作用地點是在細胞的最深處。」我們以前證明了，任何有機的醱酵劑的種子，在除去了有機物 and 含氮物（鹵精不在內）的媒液中，可以發育和繁殖。在這樣的媒液中，醱酵劑所需要的碳質，只能從醱酵的物質中提取。自從我們證明了這幾點後，李貝和白塞黎斯的理論（這是羅賓氏以前所贊同的），自然不能存立，只得讓其牠和事實相符的理論占先了。羅賓氏對於自然生產在他的論文（就是我們現在駁斥的）的末節，有種錯誤的，沒有根據的見解。我們希望將來他也能夠承認自己的觀念有錯的地方。

本章所述的大概，是要確定嫌氣的生活是個事實；而且是生理學上極重要的事實。我們同時也要發表這種生活，和真正的醱酵現象的相互的關係；真正的醱酵，專指微小的單細胞生物所發生的作用。我們所提出的，解釋這種現象之新理論，是拿這兩點做基礎的。我們所以不憚煩惱，加入許多瑣碎的事實，有兩種原因：（一）問題是新提出的；（二）德國博物學家白雷弗和德勞貝二氏的研究之結果，使人家對於我們所引為根據的那些事實，容易起懷疑的心思。我們為免除批評和爭

論起見，特爲詳述那些誤會的地方。我們正在校對這章的稿樣的時候，接到白雷弗氏在一八七六年從柏林所發的信。他詳述他後來所做的實驗，並且很誠實的承認他和德勞貝氏都錯了。他現在承認嫌氣的生活有了很圓滿的證明。他曾經親見 *Mucor raemonius* 和酵母，在沒有氧的環境裏活着。他說：『我以前極求精確的做了實驗後，認爲巴士特氏的意見不對而攻擊他。現在我毫不遲疑的承認他的觀念不錯，並且很願意宣揚他對於科學的貢獻，因爲他最先確定醱酵現象中各種物質的關係。』

白雷弗在後來的研究中，應用我們研究酪酸短螺菌的生長和繁殖的方法；同時也應用含醱物質的礦質媒液中培植生物的方法。對於白氏的其他的批語，我們可以不必討論。他讀了本文以後，就要覺得這種批評，沒有一點根據。

能夠使得自己相信一件新發現的真理，是進步的第一級；使人家相信，是第二級；還有第三級，就是說服反對的人。這雖然沒有什麼大用處，也很可以安慰自己。

所以，我們現在能夠說服一位很有才能的研究家，使他對於細胞生理學上一個很重要的問

題，和我們有相同的意見，也是椿很滿意的事情。

(註一) 乳酸鈣的溶液混濁的時候，可加少許磷酸銨，使磷酸鈣沉澱，濾過後就很澄清。那時藥方裏的其他磷酸鹽，方纔可以加入。這溶液露置空氣中，因為細菌的自然產生，不久即變混濁。

(註二) 白萊斯勞 (Breslau) 的生物學家康恩 (Cohn) 氏，在一八七二年發表過一篇很週密的論文，講到細菌，他說起一種極適合於細菌繁殖的液體。我們最好拿他的溶液，和我們的乳酸鹽與磷酸鹽的溶液，比較一下。康恩的藥方如左：

蒸餾水.....	二〇立方厘
磷酸鉀.....	〇・一克
硫酸鎂.....	〇・一克
三鹽基磷酸鈣.....	〇・〇一克
酒石酸銨.....	〇・二克

康氏說，這液有弱酸性，配製後完全澄清。

(註三) 關於細菌的吸氧的速率，請參看我們在一八七二年發表的論文(特別的請注意七十八頁) Sur les Générations dites Spontanées.

五 嫌氣的生活的又一例——乳酸鈣的發酵

(註四)上述的兩個醱酵的實驗，有這樣的區別，究竟是什麼緣故呢？恐怕細菌的以前的生活，改變了媒液的性質；或者是注入的短蠟菌，有特殊的性質；也或者是空氣的作用。第二個實驗裏，裝瓶的時候，我們並沒有注意預防空氣的工作，大概總有些進去。這樣就便利了嫌氣短蠟菌的發育，好像通常酵母的醱酵一樣。

(註五)這一次的液體，製法和成分如下：我們先在二五度（華氏七七度）的溫度，製備了乳酸鈣的飽和溶液。成分是每一〇〇立方厘含有二五·六五克（三九四克林）的乳酸鹽（ $C_6H_7O_6CaO$ 或 $C_6H_7O_6CaO_2$ ）後來又加了磷酸銨一克，濾去沉澱，即異常澄清。製備八呎（一四派脫）澄清的飽和溶液，用了：

磷酸銨……………二克

磷酸鉀……………一克

磷酸鎂……………一克

硫酸銨……………〇·五克

(註六)一耗為〇·〇三九吋。所以上面的數目，化成英寸，就是長自〇·〇〇〇三九至〇·〇〇一一七，甚至〇·〇〇一七六吋。直徑，自〇·〇〇〇〇五八至〇·〇〇〇〇七八吋，偶然也有到〇·〇〇〇〇一一七吋的。

(註七)我們在上面不是說，含碳的物質已經用罄了嗎？這大概是由於生活作用，營養和繁殖的缺乏；但是那液裏含有酪酸鈣，牠有和乳酸鹽相同的性質。為什麼這鹽不能做短蠟菌的食物呢？我們認為，這兩種鹽的不同，就是乳酸鹽在分解

時放熱，酪酸鹽不放熱。短螺菌似乎需要熱來發生牠的營養的化學作用。

(註八) 要防止空氣的闖入，只須用不含空氣的正在沸騰的水，裝滿瓶上的有栓玻管的彎屈的部分，和接着兩管的橡皮管
c, c.

(註九) 這件事實，是我們在一八六三年發表的。後來霍夫曼(H. Hofmann)在一八六九年的一篇法文論著裏證明這
說(Mémoire sur les bactéries, Annales des Sciences naturelles 6th series, vol. ix.)我們現

在還有關於這一點的未曾發表的事實：好氣細菌突然的被浸入碳酸氣中，可以完全脫掉牠們的運動力(power of movement)；但是再到空氣裏的時候，牠們可以立刻恢復原狀，好像是麻醉後的清醒一個樣子。

(註十) 這種可以懷疑的地方，只要用實驗來測驗，立刻就可以掃除。

(註十一) 參閱羅賓(Robin)的 Sur la nature des fermentations, &c. (Journal de l'Académie et de la Physiologie, July and August, 1875, p. 386.)

六 答覆一八七〇年李貝發表的評語 (註一)

在一八七〇年的，和以後的醱酵論著裏，我們對於這奇突的現象的見解，和李貝的，竟然不同。

白塞黎斯和密雪黎 (Mitscherlich) 的意見，遇到了我們所發現的事實，自然不能存在。自從那時起，我們臆斷這位穆臬胥 (Munich) 的有名化學家 (指李貝) 已經接受了我們的結論。因為他以前雖然常在研究這個問題，——從他的著作裏，可以看得出，——從那時起，他好久沒有發表什麼意見。後來忽然在理化雜誌 (Annales de Chimie et Physique) 上發現了一篇長著，是從他在一八六八至一八六九年在巴弗利亞學院 (Academy of Bavaria) 的演講直錄下來的。李貝在這篇論文裏，還是維持以前的論調——有些地方，也不免稍有改變。——我們在一八六〇年的論文裏，用來反駁他的理論之事實，也被他否認了。

他說：「我曾經承認，醱酵物質分解成較單簡的物質，和醱酵劑本身的分解有關。醱酵劑對於醱酵物質的作用，視該醱酵劑本身的改革而繼續或停止。醱酵劑的一種或一種以上的成分的消滅或變易，能够引起糖質的分子之構造上的變化。所以這兩種物質，必須放在一起，方纔有作用發生。巴士特解釋醱酵現象是這樣的：醱酵的化學作用，和某種生活的作用有相互的關係。這兩種作用的始末，都是並行的。他以爲有酒精醱酵，同時必有小球的有機化，生長，和繁殖並進。若不然，至少

也有已成的小球，繼續的生活。但是若說醱酵時糖質的分解，是由於醱酵劑本身的細胞的發育，那麼醱酵劑可以使純粹的糖質溶液醱酵的事實，是不能俱存的了。醱酵劑大部分是一種富於氮而含硫的物質所組成的；此外還有微量的磷質。所以，在醱酵的純粹糖溶液裏，既然沒有這種元質，怎樣會有細胞的生長，倒是件難以想像的事。」

但是李貝雖然這樣說法，事實並非如此。醱酵時糖質的分解，和醱酵劑能使純粹糖質之醱酵的事實並不衝突。用顯微鏡研究過這種醱酵的，都曉得醱酵劑細胞，就是在絕對純粹的糖液裏，也能繁殖。原因是各細胞都帶着醱酵劑所需要的食物。我們也可以在鏡上看見許多細胞，正在生芽。尙未生芽的細胞，當然也繼續的在生存。除了發育和細胞的繁殖，生活的表現，也不是沒有其他的方法。

翻到一八六〇年的論文裏，第八一頁 D E F H I 五個實驗中，我們可以看出，純粹糖液醱酵後，酵母的重量，就是不去計算糖水從酵母中提取的可溶部分，已經有很大的增加。上述的五個實驗裏的酵母，經過了洗濯和攝氏一〇〇度（華氏二一二度）的烘乾作用，重量都大於在同樣溫

度烘乾的新鮮酵母。

在這幾個實驗裏，我們用的酵母的重量，用克表明如下（一克等于一五·四三克林）：

- (一) 二·三二三
- (二) 二·六二六
- (三) 一·一九八
- (四) 〇·六九九
- (五) 〇·三二六
- (六) 〇·四七六

這些酵母在醱酵後，不計算糖水吸取的部分，有以下的重量：

- (一) 二·四八六 增加〇·一七三克等于二·六五克林
- (二) 二·九六三 增加〇·三三七克等于五·一六克林
- (三) 一·七〇〇 增加〇·五〇二克等于七·七克林

(四) 〇・七一二

增加 〇・〇一三克等于 〇・二 克林

(五) 〇・三三五

增加 〇・〇〇九克等于 〇・一四克林

(六) 〇・五九〇

增加 〇・一一四克等于 一・七五克林

這種顯然的重量的增加，是不是生命的表現？或者，換一種適當點的說法，是不是營養的，和同化的化學作用之證據麼？

關於這個問題，可以引着以前的實驗作參考。在一八五七年研究院的報告 (Comptes

rendus de l'Académie) 裏，有這實驗的記載，很明顯的表示，糖水由醱酵劑的小球體中吸取的可溶部分，對於醱酵作用有怎樣大的影響。

我們用洗濯過的新鮮酵母，分爲兩等重的部份：一分我們放在只有糖的水裏，待牠醱酵；還有一分，我們加了過量的水煮沸，然後再濾過，以除去小球。這樣的拿所有的可溶質都從酵母裏提出以後，就將微量的酵母加到濾過的液中；另外又加了和第一分等重的糖質。講那所加的酵母的重量，決不會影響實驗的結果。我們種的小球（指新鮮酵母），漸次生芽，液體變濁，酵母也漸漸的沉

降，糖的醱酵同時發生。不到幾小時，已經有很顯明的表示了。這些都是我們所預料的結果。不過有件事實，很值得注意。我們這樣的使酵母的可溶部份化成小球體，同時分解的糖，爲量確是很大。我們的實驗的結果如下：酵母五克在六日內，分解糖一二·九克。過了第六日，力量就用盡了。同樣的酵母五克，提取了牠的可溶部分，在九天內，分解糖一〇克。到這地步，那培植出來的酵母，也用盡了牠的精力。

我們眼見着上述的酵母，用煮沸法除去了氮和礦質的部份，受着極微量的球體的影響，立刻可以使新球體產生；同時使很多的糖起醱酵作用。親眼看見這些變化，怎麼再可以說，酵母的可溶部分，在糖水的醱酵中，沒有產生新球體或完成已生的球體的效力（註二）？

李貝曾經說過，被酵母使醱酵的純糖溶液，缺乏酵母生長所需的元質：氮，硫，和磷。因此照我們的理論，糖液決不能醱酵。但這是無根據的話。糖液有微量的酵母加入，已經含有這些元質了。

我們再繼續的看李貝的評語：

「還要注意的，是酵母能引起多種物質的醱酵，——和糖的醱酵類似的。我們曾經證明，蘋果

酸鈣 (malate of lime) 遇了酵母，很容易發酵，分解成三種鈣鹽 (calcareous salts) 就是醋酸鈣，碳酸鈣，和琥珀酸鈣。如果酵母的作用，不過是牠自己的生長和繁殖的表現，那麼講到蘋果酸鈣，和其餘的植物酸的鈣鹽，又怎樣得到一個圓滿的解釋呢？」

這句話雖然出自我們的著名批評家的手，一點也不確實。酵母對於蘋果酸鈣和其他的植物酸的鈣鹽，都沒有作用。李貝以前曾經很得意的提及尿素在有酵母的酒精發酵中，能夠變成碳酸銨的事實。現在這事實已經有人證明是不能存在的。李貝在這裏提出的，又是個同樣的錯誤。在他所講的發酵中（蘋果酸鈣的發酵），有幾種自然生產的發酵劑。這種發酵劑的種子，就和酵母在一起，所以也就在酵母和蘋果酸鈣的混合物裏生長。酵母在這種發酵裏，不過供結這種發酵劑的食物，並沒有直接的關係。我們的研究，——如前述的關於酒石酸鈣的發酵之研究，——使這一點完全沒有疑問。

酵母能在某種情形之下，使各種物質發生變化的確是個事實。譬如杜白萊納 (Docheiner) 和密雪黎證明酵母有一種可溶的物質分給水的。這物質能使蔗糖液化，又能使其吸收水的元質。

而生轉化作用 (inversion) 好比澱粉酵素 (diastase) 對於澱粉，杏仁酵素 (emulsin) 對於杏仁素 (amygdalin) 一樣的。

白特羅曾經證明，這物質可用酒精使牠沉澱，好比澱粉酵素從溶液中沉澱一樣（註三）。這些都是奇異的事實。不過現在，牠們和酵母引起的糖的酒精發酵，只有些很含糊的關係。有很多發酵，通常認為接觸作用的，我們已經用實驗證明，含有特別形狀的發酵劑。從這一點看，我們所稱為發酵作用的，和可溶物質所引起的現象，有很大的區別。研究愈精，這種區別的表现也愈明顯。杜馬的見解是，真正發酵的發酵劑，在作用的時候，自行繁殖；其餘的都被毀滅（註四）。最近明茲 (Müntz) 證明迷蒙精能阻止真發酵，但是不能影響澱粉酵素的作用（一八七五年的報告）；博夏達 (Bouchardat) 證明精氨酸，銻鹽，醚，醇，木油，松節油，檸檬油，丁香油，和芥油，都能毀滅或阻止酒精發酵。但是對於糖原質的發酵 (glucoside fermentations) 毫無影響（理化記事 (Annales de Chimie et Physique, 3rd Series, t. xiv, 1845)）。我們很佩服博氏的聰敏，因為他證明這種結果，為酒精發酵依賴酵母細胞的生命之證明。他也深信，這兩種發酵，應該分別的看待。

白爾 (Berth) 研究氣壓對於生命的現象之影響，曾經注意到高壓的氧，能毀滅幾種醱酵劑的事實。不過在同樣情形之下，這種氧並不阻礙所謂可溶醱酵劑的作用，如澱粉酵素（轉化糖的醱酵劑），杏仁酵素和其他。眞醱酵劑在高壓空氣中停止活動；就是後來再置尋常空氣中，只要沒有種子闖入，也不會恢復原狀。

現在我們要討論李貝的主要反論。這是他的巧辯的最後一段，在記事中占了整個的八九頁。他現在提及的，是糖水加了銣鹽和少許酵母灰，能使酵母生長的事。他前說醱酵劑就是正在分解的蛋白質性物質。這話自然和這事實不相符合。在這裏，並沒有什麼蛋白質性物質。能產生酵母的，只有礦質。我們曉得李貝的意思是，酵母和通常醱酵劑都是含氮的蛋白質性物質，有類似杏仁酵素的能力，可以引起幾種化學分解作用。他拿醱酵作用和蛋白質性物質的分解，聯在一起。所以就得着以下的見解：「正在分解的蛋白質性物，有一種能力，可以拿他本身的原子已有的運動力，傳給幾種另外的物質。這幾種物質和蛋白質性物接觸，即傳受了分解的，或另行化合的能力。」李貝在這裏沒有明白醱酵劑，在生物的立場上說，對於醱酵有什麼關係。

這個理論，最初在一八四三年發表。在一八四六年布特龍 (Boutron) 和弗拉密 (Freny) 在理化記事上發表了一篇關於乳酸醱酵的論文，過份的推廣這理論的範圍。他們說同一含氮物質，接觸着空氣的時候，可以經過各種變化，連續的變成酒精醱劑，乳酸醱劑，酪酸醱劑，和其他。完全根據理想的理論，自然是很容易造成的。而且若有新發現的事實和理論不符，他們立刻就可以加點新理論，以作解釋。李貝和弗拉密，自從一八五七年受了我們的攻擊，就是用的這個方法彌補缺點。在一八六四年弗拉密發表他的半生機 (hemi-organism) 的理論。他發表這個理論，就是表示他已經放棄了一八四三年的李貝的理論，和布特龍及他自己在一八四六年所增加的部分。換句話說，他已經放棄了蛋白質性物爲醱劑的觀念，他另立了一個解釋說，蛋白質性物質，和空氣接觸時，有特殊的能力，可以組成新的生物——就是我們發現的各有生命的醱劑。還有一點，是說啤酒醱劑，和葡萄醱劑，有一個共源。

半生機的理論，一字一句都是特爾賓 (Turpin) 的老朽的意見。大衆的人民，——特別是一部分的大衆，——對於這個問題，都不取研究的態度。當時自然生產的原理，很引起一般人民的注

意和探討弗拉密的理論中，只有半生機這名目是新穎奪目，可以欺騙民衆的。大家都覺得弗拉密氏已經解決了當時的大問題。一種蛋白質性物質，能够忽然的變成一個有生命的生芽的細胞，原是件不易明瞭的事情。弗拉密算是解決了這個難題，他說這是一種尙未深悉的力量的結果，可以稱做有機的衝動 (organic impulse) (註五)。

李貝和弗拉密處於相同的地位。他也不得不放棄關於醱酵作用原有的意見，然後採取了以下的無理由的觀念（見一八七〇年李貝的論文裏）：

「植物在醱酵現象裏所占的地位，現在是沒有什麼懷疑的地方了。糖和蛋白質性物質，能够化合和組成這種不穩固的物質，做 mycoderm 的一部分，使他們對於糖發生作用。若 mycoderm 停止生長，細胞各部分的聯接物即行放鬆。因此發生的運動，使酵母的細胞，擾亂或離異糖的元質，使組成新的分子。」

要解釋這段話，頗費思索。讀者恐怕簡直要以爲記事的翻譯者，弄錯了意思。

新的和舊的理論，都不能解釋酵母的生長和含糖的礦質煤液裏的醱酵。因爲在後一個實驗

中，醱酵是和醱酵劑的生活和營養有相互的關係的。醱酵劑和牠的食物有種常變。因為牠的碳，都是從糖質中提取的；牠的氮，是從鹵精中得來的，牠的磷，就是從溶解的磷酸鹽中取得的。這樣看來，那種無根據的假定說是什麼接觸作用，或傳遞的運動，究竟有什麼用處呢？我們現在提到的這個實驗是基本的。我們這爭論的有效點，就是在這實驗的可能。李貝或者可以說：『你們的實驗的要點，就是生命的和營養的運動。我的理論需要傳遞的運動，也在這一點。』但是說也奇怪，李貝的確想這樣說。不過他的話是附帶的，而且怯弱的：『從化學方面觀察，——我很不情願放棄這觀察點，——生活作用 (vital action) 是運動的現象。這種關於生命 (life) 的雙解，巴士特的理論和我的相符 (第六頁)。』這話是不錯的。李貝在另外一個地方說：

『恐怕醱酵的現象，和生理的作用的惟一的一個相互的關係是如下：在有生命的細胞裏，產生一種有特殊的性質的物質。這特殊性質和杏仁酵素分解柳皮精 (salicin) 及杏仁精的性質相同。這產生的物質，能够使糖分解為其他的有機分子。照這觀念，生理的作用，是產生這物質所必需的；但是對於醱酵作用，沒有什麼關係。』對於這點，我們也沒有什麼反對的地方。

雖然，李貝並不詳細討論這幾點，他不過順便的略述一遍。因為他深知這些並不能替他的理論辯護；只能算是規避的方法。如果他堅持這種議論，如果他的反駁，完全基於這兩點，那麼我們就要這樣答覆：『你如果不承認醱酵，是和醱酵劑的生活和營養有相互的關係，那麼我們對於這主要點，和你同意。既然同意了，最好我們可以研究醱酵的真正原因。（這是第二個問題，和第一個問題要分別討論。）科學能够解決許多問題，漸次的精細，直探一種現象的根源。如果我們討論各種有生命的，有機的生物，如何分解醱酵的物質，我們也要得着你的傳遞運動的假定，因為照我們的意思，醱酵的真正原因，大概都在嫌氧的生活；這種生活是許多醱酵劑的特性。』

我們再來約略的看看，李貝對於含糖礦質媒液的醱酵，有怎樣的見解。這件事實，原是和他的理想大相徑庭的（註六）。他經過了良久的考慮，方纔表示這實驗不準確。他說實驗的結果，是不可靠的。雖然，李貝不是那樣的人，可以隨便的，沒有深刻的理由，的拒絕一件事實。他也決不會爲了避免麻煩的討論，纔這樣說。他說：『我反覆的將這實驗做了許多次數，得着的結果，除關於醱酵劑的造成和增加外，其餘和巴士特的相同。』但是我們這實驗的要點，就是這醱酵劑的造成和增加。所

以我們的討論，只限於這一點：李貝否認醱酵劑能够在含糖礦質媒液中生長。我們確承認這事是確實的，而且是很容易證明的。在一八七一年，我們在，當着巴黎科學院諸君的面，答覆李貝的短簡裏聲明：願在指定的委員會面前，用礦質媒液製備醱酵劑。該醱酵劑的量，可由李貝任意指定，——自然在合理的範圍以內（註七）。當時我們的確比在一八六〇年的時候膽大，因為我們對於這問題的智識，經了十年的積極的研究，又增加不少了。李貝並未接受我們的提議，他也沒有答覆我們的信。直到一八七三年四月十八日他死的時候，他沒有發表什麼關於這個問題的文字（註八）。

我們在一八六〇年發表這實驗的詳細報告裏，曾經注意實驗時的各種困難，並且提出失敗的可能原因。我們特別提出一件事實，即含糖礦質媒液對於細菌，乳酸醱酵劑，和其他的下級生物之營養，比牠對於酵母的營養要適宜得多。所以空氣中塵埃上的種子，很容易因自然生長，使液中充滿着各種生物。在實驗開始的時候，酒精醱酵劑不見生長，是因為那種媒液不適用於酵母的生活。不過在他種生物發生以後，原有的媒液，增加了許多蛋白質性物質。性質上發生變化，因之酒精醱酵劑繼續生長。在一八六〇年的論文裏，可以找到幾件類似的，關於蛋白所致的醱酵之事實。譬如

說，我們研究過關於血的問題；我們可借這個機會，附帶的發表。我們當時的結論：血清中含有幾種不同的蛋白。這個推論，已經有白香（Bechamp）和其他的實驗家繼續的證明。不過這是另外的事，現在我們還是說正題。李貝當時用酵母灰和銹鹽試驗糖水的發酵，決未注意上述的缺點，以致其他的各種生物自然的產生。而且李貝應該用顯微鏡做一次精確點的考查，以確定這種結果的可靠與否。但是讀了他的論文後，我們覺得他似乎沒有這樣做過。他的學生，一定可以告訴我們，他並沒有應用顯微鏡的研究。但是想不用顯微鏡研究發酵，非但要感覺困難，簡直是不可能的事情。我們自己得着的結果，也因爲這個緣故，和李貝的相同，並不是個簡單的酒精發酵。我們的實驗的詳細情形，已在一八六〇年的論文裏發表過。我們所得到的是乳酸發酵和酒精發酵。牠們在同一個時候發生，所以液中剩了一半以上的糖沒有發酵。雖然，這件事並不和我們的推論相衝突。我們竟可以說，從普遍的和哲學的方面觀察，——其實我們所注意的，就是這兩個觀察點，——這種結果，是再滿意沒有了，因爲這結果證明礦質媒液適合於多種發酵劑的同時的生長。偶然有幾種不同的發酵劑生在一起，決不能推翻我們的這個結論；酒精發酵劑和乳酸發酵劑的細胞，所有的氣，

都是從銹鹽裏提取的；而所有的碳，都從糖中提取的——因為在我們所用的媒介裏，含碳的物質只有糖。李貝特為避開這樁事實，因為牠能够連根的推翻他的批評。他不過說我們並未得到純粹的酒精發酵。這原是想藉此使他的反討發生效力。現在我們可以不必再敘述，含糖媒液中酵母繁殖的困難情形。我們研究上的進步，使這問題得着新的，和以前不同的觀瞻。因此我們就能够鼓起勇氣，在一八七一年科學院裏答覆李貝特：情願在李貝特指定的委員面前，用含糖礦質媒液，製備發酵劑，或使糖質發酵。發酵劑和糖的量，都可以隨李氏指定。

前章所述的關於純粹的發酵劑的事實，和空氣中實驗上的手術，可以使得我們完全不必顧慮，有什麼性質上和發酵劑不同的生物的種子，偶然的由空氣裏，器皿裏或發酵劑本身帶入。

我們現在又要來應用那雙頸燒瓶了。這次我們假定牠是有三或四呎（六至八派脫）的容量。放在燒瓶裏的物質如左：

純粹蒸餾水

糖

二〇〇克

酸性酒石酸鉀

一·〇克

酸性酒石酸銹

〇·五克

硫酸銹

一·五克

酵母灰

一·五克

(一克等于一五·四三克林)

這個混合的液，先要用煮沸法，去掉空氣裏，液體裏，或瓶邊上的各種生物的種子。在那細的曲管的末端，我們很小心地裝入少許的石棉，然後拿燒瓶放着，任其自行冷卻。從另一個頸裏，我們就注了微量的醱酵劑到燒瓶中。這一個頸的末端（如前所述），接着有玻塞的橡皮管。

有一次的實驗，詳情如左：

在一八七三年十二月九日，我們種了一點純粹醱酵劑——*Saccharomyces pasteurianus*。注入後的四十八小時，在十二月十一日，瓶底有極小的氣泡，差不多連續的上升，表明醱酵作用，已經開始。以後的幾天，液面上發現小塊的泡沫。我們將燒瓶安放在爐中，保持攝氏二五度（華氏七

七度)的溫度。到一八七四年四月二十四,我們用直玻璃管抽出了少許液體,預備測驗,糖質是否已經完全分解。結果,我們計算一下,瓶中不過剩下不到二克的糖,表明一九八克(四·二金衡兩)已經消滅了,再過了幾時,醱酵就停止,不過我們還繼續維持到一八七五年的四月十八日。

在這實驗中,醱酵劑本身以外,沒有其他的生物產生。醱酵劑是很多的,又因為牠的生活力很強,所以媒液雖不適合牠的營養,還可以使醱酵達到完成。就是極少的糖,都未曾留下。醱酵劑經過洗濯,和攝氏一〇〇度(華氏二一二度)的烘乾作用後,重量達二·五六三克(二九·五克林)。做這種實驗的時候,因為醱酵劑是預備要稱的,最好用完全可以溶解的酵母灰,所以將來容易和產生的醱酵劑分離。用勞林液(Rautin's liquid)(註九),也可以得着良好的效果。

各種酒精醱酵劑,在磷酸鹽,銹鹽,和糖的溶液中的發育程度,並不一律。有的在糖的分解完成的以前即行停止。我們做過幾個比較的實驗,每一實驗用二〇〇克的糖。結果,用 *Saccharomyces pasteurianus* 的實驗裏,糖能完全醱酵。用乾酪醱酵劑的,只有三分之二醱酵。還有用我們稱做新的「高」醱酵劑(new high ferment)的,不過五分之一。爐中安放得長久點,也不見得能够增

加醱酵的糖的成分。

我們用礦質煤液做了許多醱酵的實驗，原有一段很有趣味的歷史，不妨在這裏講講：有一位在我們的實驗室裏工作的某君說，我們的實驗所以能够成功，全靠糖中的雜質。他說，如果所用的糖是純粹的，——比我們原來用的市上出售的白糖還要純潔得多，——醱酵劑就不會繁殖。某君堅持己意；我們要說服他，不得不拿以前的實驗，用純粹的糖重做一遍。這糖是請了一位老練的製糖家蘇各德（Seignot），特別替我們很小的製備的。實驗的結果，證明了我們以前的推論；但是我們那固執的朋友，還不認為滿意。他費了許多功夫，選了一點市上出售的糖，經過了多次的結晶作用，使成小結晶體，然後再親自做過我們的實驗。這次他的懷疑，卒被事實勝過了。純糖的醱酵，非但不遲緩，反較市糖的作用為速。

在這裏，我們可以稍說幾句關於酵母不變成 *Penicillium glaucum* 的問題。

我們若在醱酵的時候，倒去醱酵液，剩下的沉澱的酵母，仍放瓶中，任牠和空氣接觸，不會有微量的 *Penicillium glaucum* 產生。我們還可以通入純粹的空氣，經過了長時期，還是得到一樣

的結果。但是這媒液確是很適合這種黴菌的生長。我們只須加入幾個 *penicillium* 的芽胞，不多幾時，那生物就可以佈滿在酵母沉澱上。我們想特爾賓、霍夫曼和特萊克 (*Treue*) 的序述，都是以這種幻覺做根據的；而且用顯微鏡研究的時候，很容易遇到這種幻覺。

我們在學院裏宣佈了這些事實（註十），特萊克承認他不能瞭解（註十一）。他說：『照巴士特君的見解，啤酒酵母是嫌氣細菌，就是說牠能在沒有氧的液中生活着。但是要成 *mycoderma* 或 *penicillium*，最要緊的條件，是先要放牠在空氣中，因為若不如此，好氣的細菌，決不能生活。要拿啤酒酵母變成 *Mycoderma cerevisiae* 或 *Penicillium glaucum*，我們必須適合這兩種生物的生活的情形。巴士特君用來培養酵母的媒介，若不適合於這所需要的改變，就不必希望什麼。他的結果必定是反面的。』

但是我們並沒有像特萊克的毫無根據的話，在不適於變成 *penicillium* 的媒液中，培養我們的酵母。我們剛纔講過這些實驗的主要目標，是要使這種微小的植物和空氣接觸，也要使牠們毫無拘束的變成 *penicillium*。我們的實驗，都是依照特爾賓和霍夫曼所指定的條件做的。不

過我們極力的設法避免各種致誤的因；他們可是一點也沒有注意到這些。這就是我們實驗上和他們惟一的區別。我們常用的雙頸燒瓶，有很靈便的空氣的進出路，可以不必用連續的空氣通入法。我們先用銼刀在薄的頸上離瓶口二三釐的地方，劃了一個跡，用玻璃匠的鑽石週圍切斷，除去上面的一節。然後在開口的地方，立刻蓋一張被火焰燻過的紙，用線紮在剩下的頸上。這樣我們可以增加或延長燒瓶裏的細菌的結果作用 (fructification)，或好氣性醱酵劑的生命。

我們講的話，雖然是關於 *Penicillium glaucum*，也可以應用於 *Mycoderma cerevisiae*。特爾賓和特萊克雖然反對，我們仍舊保存我們的意見。照上述的實驗的情形，酵母產生 *Mycoderma vini* 或 *Mycoderma cerevisiae* 的能力，並不過於產生 *penicillium* 的能力。

以前的幾節裏講到的許多實驗，目的是研究礦質媒液中有機醱酵劑的增加。這幾個實驗，和生理學有重大的關係。我們從這些實驗得着許多推論；最重要的一個，就是牠們能够表明，細胞的生活力，可以造成醱酵劑裏的蛋白質。這種細胞，沒有光和遊離的氧的幫助，也可以使碳水化合物，銨鹽，磷酸鹽，硫酸鉀，和硫酸鎂，發生化學的變化。高等的植物，有同樣的效果。所以我們實在不懂，照

現在的科學的程度，爲什麼我們不能說這個效果是普遍的？拿這種關係推廣，使牠可以包括所有的植物，也是個合於邏輯的辦法。這意思是說，植物界的蛋白質，——恐怕動物也可以包括在內，——完全由細胞對於樹液裏或血漿裏的銨鹽，和其他的鹽和碳水化合物的化學作用所造成的。那碳水化合物，在高等植物中，只需綠光的化學作用，即能產生。

這樣的看，蛋白質的生成，和碳酸氣在日光下的還原作用，並沒有關係。蛋白質不是水，鹵精，和碳酸氣（在分解以後）湊成的；牠們是在細胞裏，由樹液送入的碳水化合物和磷酸鉀，磷酸鎂，及銨的鹽，化合而成的。末了，講到用碳水化合物和礦質媒液培植微細植物的問題，因爲碳水化合物有很多的變化，我們不能澈底的瞭解牠怎樣先分裂成元質，然後再組成蛋白質和木質，——木質也是一種碳水化合物。我們現在已經開始對於這問題的研究。

構造成高等植物裏的主要物質，和分解碳酸氣，必需太陽的放射。不是說，下級生物，必定也是這樣。或者有幾種這類的植物，不需太陽的放射，可以造成很複雜的物質，——無論是脂肪屬的，或是澱粉屬的，——如木質，各種有機酸，和蛋白質。牠們所需的碳，不是從已經被氧飽和了的碳酸氣

中提取的，仍是得自尚有吸氧能力的物質。所以在發生作用的時候，有熱放出。若要舉幾種物質做例，我們可以提出醇（酒精）和醋酸。這兩樣是有機性最少的含碳物。這兩樣化合物和還有許多可以供給碳素給 *mycodermis* 和 *mucedines* 的，都可以由碳和水蒸氣用白特羅的綜合法造成。這樣看來，假如日光真的消滅了，有幾種下級生物的確還可以保持牠們的生命（註十二）。

（註一）參看李貝：*Sur la fermentation et la source de la force musculaire* (*Annales de Chimie et de Physique*, 4th series, t. xxviii, p. 5, 1870)。

（註二）在這裏我們應該說明，用酵母使純粹的糖液醱酵的時候，水中原有的，和酵母所吸取的氧，對於醱酵作用的劇烈與否，很有關係。假如我們用碳酸氣通入糖水和浸過酵母的水裏，醱酵就很遲緩。新生的幾個酵母，變成畸形的。其實，這是我們可以預料到的。年老點的酵母，就是在營養物質完全的媒液裏，只要除去了空氣，決不會發生醱酵作用。那麼那純糖水裏，通入了碳氣，自然更應當有這種現象了。

（註三）參閱杜古萊納 *Doebereiner* *Journal de Chimie de Schweigger*, vol. xii, p. 129 與 *Journal de Pharmacie*, vol. i, p. 342 登載的記錄。

參閱密爾德 (*Mitscherlich*): *Monatsberichte d. Kön. Preuss. Akad. d. Wissen, zu Berlin*, 與

Rapports annuels de Berzelius, Paris, 1848, 3rd year. 關於羅斯 (H. Rose) 論蔗糖的轉化 (Inversion) 的文 (一八四〇年發表) 密雪黎說：『酒精醱酵裏的蔗糖的轉化作用，並非酵母所致，乃由於水裏一種可溶的物質。用濾紙除去醱酵劑以後剩下的液體，有轉化蔗糖使成不能結晶的糖的能力。』

白特羅 (Berthelot) (參閱 Comptes rendus de l'Académie. 在一八六〇年五月二十八日的會議裏，白氏證明上述的密雪黎的實驗。) 他另外還證明密氏所指的可溶物質可用醇使其沉澱，同時並不失掉牠的轉化力。白香氏曾經應用密氏的方法 (關於酵母的可溶的有醱酵性的部分的提取方法) 研究黴菌。結果他發現黴菌也有種水溶的轉化劑。若用滅菌劑防止黴菌的生長，糖的轉化立刻就停止。

講到這裏，我們要提出白香自認為首先發見者的問題。大家都曉得，我們最初證明醱酵劑的種子和糖、糊精、磷酸鹽類，同置純粹水中，可以發育，長成健全的醱酵劑。白香氏根據了這件已經確定的事實，——黴菌可以在甜水裏生長和 (照白氏說) 轉化蔗糖的事實，——宣佈他已經證明了『活着的，有機的醱酵劑，能在沒有蛋白質類的媒液裏發生。』(參閱 Comptes rendus, vol. LXXV, p. 1619) 白香氏應該說，——合於羅斯的說法，——他已經證明了有幾種黴菌能在沒有氮和磷酸鹽，或其他的礦鹽 (mineral salts) 的純粹糖水裏發生。這是他的實驗的結果應有的結論。但是我們聽到這麼一種發現，——含純糖的水可培植黴菌的發現——毫不引以為奇。

白香氏第一次關於轉化的文字，是在一八五五年發表的。這篇並沒有提起黴菌的問題。第二次的論文，——就是受

了我們的影響的，——是在一八五八年一月發表的。這是在一八五七年十一月我們發表乳酸醱酵論以後。在這篇論文裏，我們首倡乳酸醱酵劑是有機的生物的學說。我們也說起：蛋白質類和醱酵沒有關係，不過做醱酵劑的食物。白香氏的論文，也是在一八五七年十二月二十一日我們發表的最初的酒精醱酵論以後。世人明瞭醱酵作用和微小的生物的生活之密切關係，都是在我們這兩篇文字問世以後。牠們發表了不久，白香氏就修改了他以前的結論。但是他雖然提起過蔗糖醱酵時微蔗的存在，他自從一八五五年起，從沒有做過關於這事的實驗。（Comptes rendus, Journal 4th, 1858.）

（註四）醱酵劑有兩種：（一）醱酵液中如有足夠的食物，可以供給牠的需要，牠就繁殖，例如啤酒酵母；（二）發生作用的時候，必須犧牲自己，例如澱粉酵素（Dumas, Comptes rendus de l'Académie, t. lxxv, p. 277, 1872.）

（註五）參閱弗拉密的論者：Comptes rendus de l'Académie, vol. lvi, p. 1065, 1864.

（註六）參閱我們在一八六〇年刊載在理化記事（Annales de Chimie et de Physique, vol. lvi, p. 61, 69, and 70.）的論文（最後的那兩頁，是實驗的記錄）。

（註七）參閱巴士特的論著：Comptes rendus de l'Académie des Sciences, vol. lxxiii, p. 1419, 1871.

（註八）李貝在一八七〇年的論文裏承認：「我的已故的朋友白羅斯（Pelouze）在九年前曾經告訴過我巴士特的醱酵的研究。當時我同他說，我不情願即刻改變我對於醱酵作用的見解。我還說，假如醱酵液裏加入碘精，的確可以產

生酵母，實業界就會立刻應用這事實。但是直到現在，酵母的製造法，還沒有什麼改革。我們不曉得當時白羅斯怎樣營養他，但是我們不難想像那位聰明的觀察者（指白羅斯），一定會和他的朋友說，科學上的新發現，是否能夠大規模的應用和獲利，並不能作為那新發現的確實與否的標準。我們可以請幾位實業界鉅子，如釀酒指導員白柴黎（Perayre）先生，證明李貝在這一點也錯了。

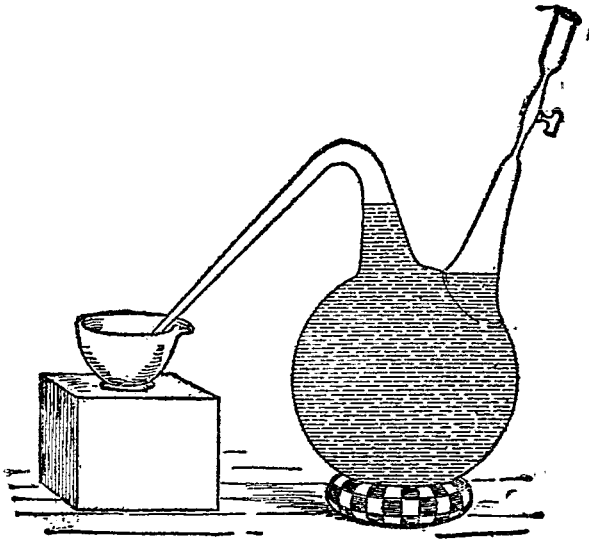
（註九）勞林氏（M. Jules Raubin）發表過一篇著名的，很有價值的著作。他在那文裏說明他發現的一種最適於徽菌生長的礦質媒介。這媒介的配製法，也詳細載明。我們在上文裏為簡略起見，稱為勞林液的，就是這種；成分如左：

水	一五〇〇
糖	七〇
酒石酸	四
硝酸銨	四
磷酸銨	〇・六
碳酸鉀	〇・六
碳酸鎂	〇・四
硫酸銨	〇・二五

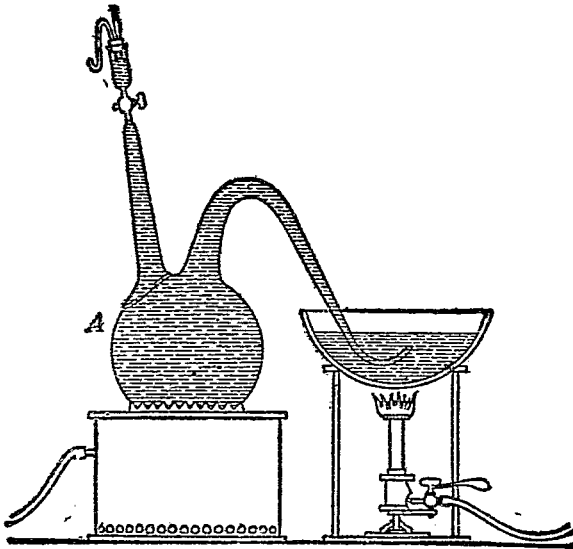
磷酸銻	〇・〇七
磷酸鐵	〇・〇七
矽酸鉀	〇・〇七

錄自一八七〇年勞林在巴黎的博士論文(Thèse pour le doctorat)。

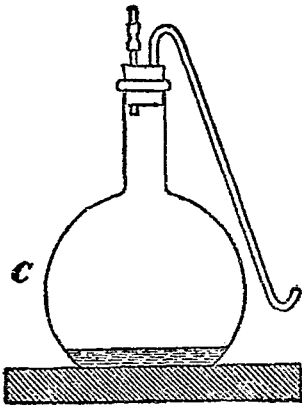
- (註十)參閱巴特諾著 Comptes rendus de l' Académie, vol. Lxxviii, pp. 213 — 216.
- (註十一)參閱特萊克的論著 Comptes rendus de l' Académie, vol. Lxxviii, pp. 217 — 218.
- (註十二)參閱一八七六年四月十日和二十四日的科學院的會議裏我們關於這題目的演講記錄。



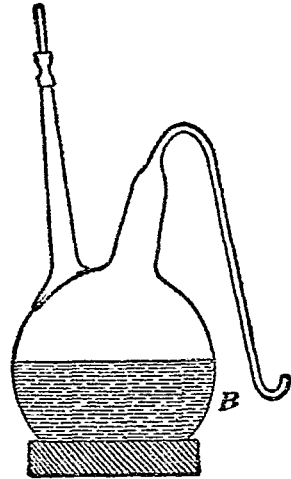
第一圖



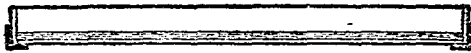
第二圖



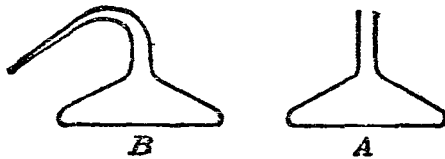
第 四 圖



第 三 圖



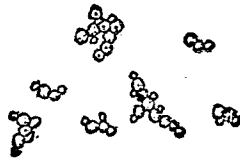
第 五 圖



第 七 圖



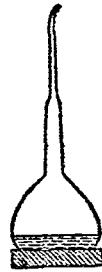
第十圖



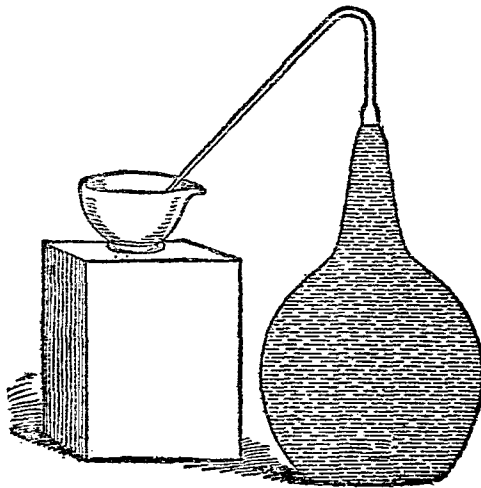
第六圖



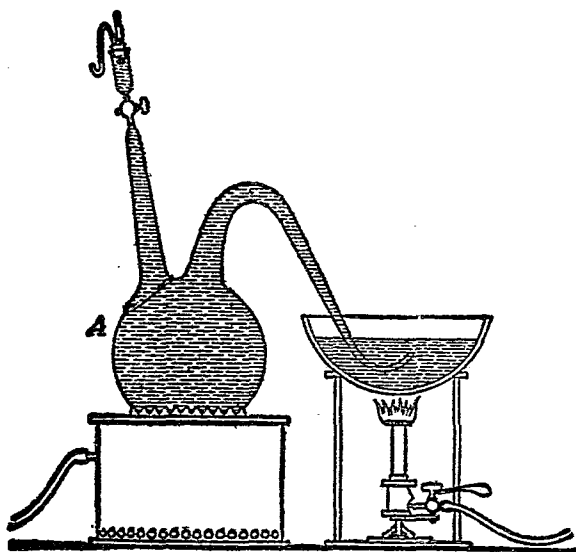
第十六圖



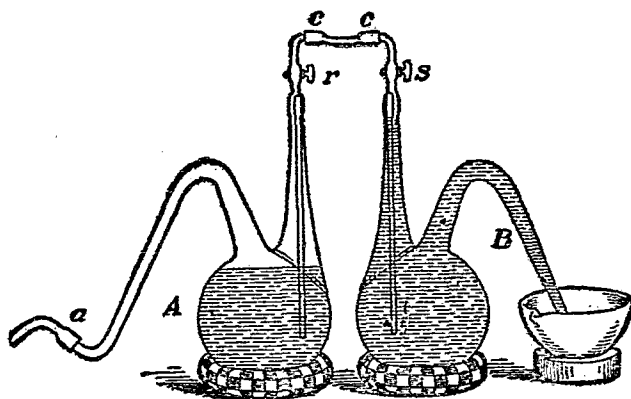
第八圖



第九圖



第十一圖



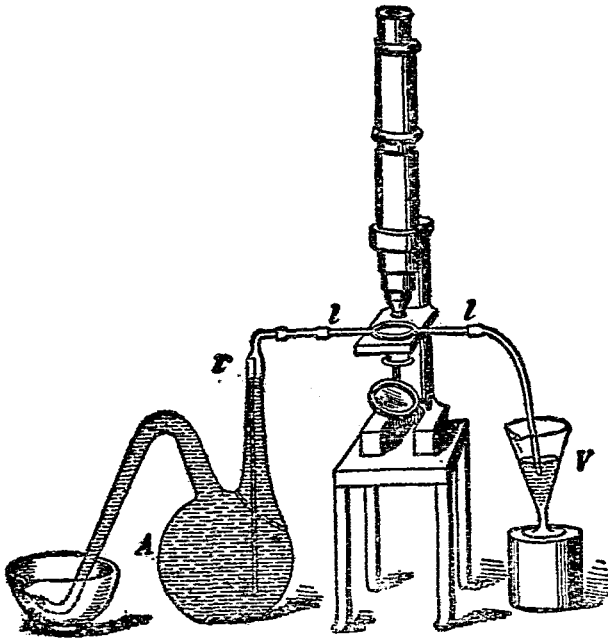
第十五圖



第十四圖



第十二圖



第十三圖

編主五雲王
庫文有萬

種千一集一第

學理生的醱醱

譯文昭沈 著特士巴

號一〇五路山寶海上
五雲王 人 行 發
路山寶滬上
館書印務商 所 刷 印
埠各及海上
館書印務商 所 行 發

版初月十年九十國民華中

究必印翻權作著有書此

The Complete Library
Edited by
Y. W. WONG

THE PHYSIOLOGICAL THEORY OF
FERMENTATION

BY L. PASTEUR
TRANSLATED BY SHEN CHAO WEN
PUBLISHED BY Y. W. WONG

THE COMMERCIAL PRESS, LTD.

Shanghai, China
1930

All Rights Reserved

040735



2121.6