

發酵液態飼料: 近十年研究總結

蔡秀敏 譯

發酵液態飼料為飼料或飼料原料以 1:1.5~1:4 的比例與水混合而成，飼料中的乳酸菌和酵母菌會自然增殖，並產生乳酸、醋酸及乙醇(酒精)，進而降低飼料酸鹼值(pH)。降低 pH 能抑制飼料中病原菌生長，且降低胃部 pH，抑制大腸桿菌和沙門氏菌在腸胃道的增殖。對小豬而言，餵飼發酵液態飼料能同時提供水和飼料，讓習慣吃母乳的小豬能盡快適應固體飼料。此外，胃部是抵抗病原菌的第一道防線，成功的發酵液態飼料能透過降低腸胃道 pH，以強化胃部抵抗或排除病原菌的功能。研究結果發現，發酵液態飼料能促進哺乳豬、離乳豬、中大豬的生長。本文將綜合討論發酵液態飼料的近期研究，包括其優缺點、應有的品質、影響發酵的因素、腸胃道 pH、菌相、豬隻生長表現...等。

發酵液態飼料的製作

發酵液態飼料有兩種，一種是將完全飼料直接發酵，一種是使用部分穀物發酵後再與其他原料混合成完全飼料。將完全飼料直接發酵是最簡易的製作方式，但會損失部分的營養份，例如外加的合成胺基酸和維生素。因此，有另一派主張先使用部分穀物發酵後再混合成飼料。事先發酵過的穀物可套用在不同階段的豬隻配方，且穀物的緩衝能力低，所以發酵製程較為穩定、快速，完全飼料則有太多成份會影響發酵。

為了達到控制病原菌增殖，發酵液態飼料需含有足量的乳酸。乳酸是來自於自然發酵或接種乳酸菌後的發酵產物。自然發酵常應用在批次式發酵(batch fermentation)上，此方法是將水和飼料混合後直接發酵，不是作為發酵液態飼料的部分原料。此系統的優點是發酵容易控制，且如果發酵失敗，只損失該批飼料而已。然而，批次式發酵的製程所需天數較多，且在一般豬場很難做到逐批消毒及清潔。

曾有研究指出，發酵過程的變異大，所以自然發酵無法做出安全又具適口性的發酵飼料。其他研究也曾發現自然發酵的飼料會產生高濃度的醋酸和生物胺(biogenic amines)，而降低了發酵液態飼料的適口性。因此，並不建議使用自然發酵法。但若必要使用自然發酵時，可在發酵過程中外加銅，以加速乳酸的生成，進而改善最終成品的品質。

發酵液態飼料能藉由接種乳酸菌來改善其品質，乳酸菌能迅速產生高濃度的乳酸。接種菌源應用在純穀物發酵的效果最好，避免乳酸被完全飼料中的其他成份稀釋及中和。在挑選菌種時，需選擇能產生大量乳酸，且能對抗腸內病原菌的菌種。因此，許多相關研究在試驗何種乳酸菌適用於發酵液態飼料，最常應用的是 *Lactobacillus plantarum* (植物乳酸菌或胚乳乳酸菌)和 *Pediococcus* (小球菌屬)。

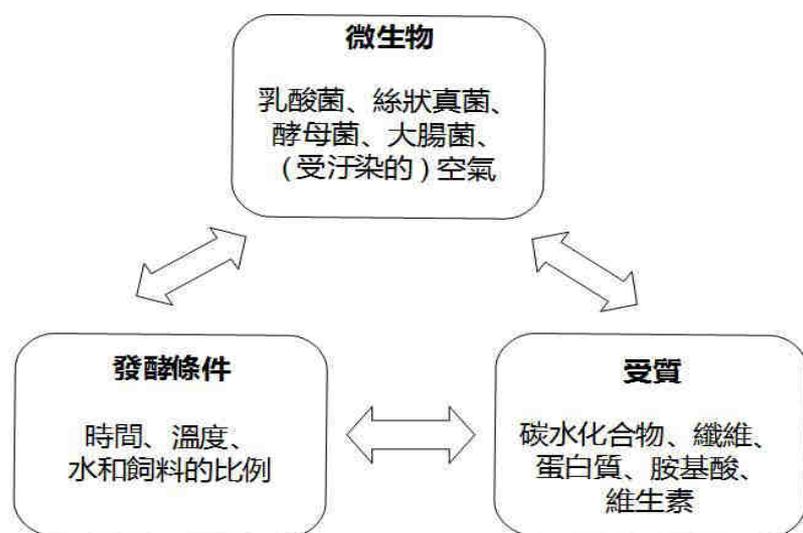
另一種能確保產生適量乳酸的發酵法為接種法(back slopping)，是將已成功發酵的部分原料混入其他新鮮的原料及水，以作為新混合物的接種體。這種方法能使乳酸菌自然進行選育(gradual selection)並加速發酵。相較於批次發酵需要耗費數天才能做出適當的發酵液態飼料，接種法在數小時內即可完成。但另有研究指出此方法可能會讓酵母菌變為優勢菌，而影響成品的品質。

曾有研究指出在發酵槽中保留 25%的液體即足以做為下一批料的菌種，而另有研究指出保留發酵小麥不需超過 20%。實際上，最常見的做法是保留 50%剩餘料。因此，若使用接種法，保留 20%可作為一最低比例，以確保能生產所需的成品。

影響發酵液態飼料品質的因素

最終成品的品質受一開始產生發酵作用的微生物種類、受質含量及品質和各種發酵條件所影響(圖 1)。飼料中原本存在的或外源接種的乳酸菌菌數決定了乳酸產生的程度。乳酸越快產生，使 pH 快速下降，則能使病原菌(例如沙門氏菌和大腸桿菌)越快受到抑制。許多研究在探討發酵液態飼料中的菌相組成，目前已知 *Lactobacillus plantarum* (植物乳酸菌或胚乳乳酸菌)和 *Pediococcus pentosaceus*(乳酸四鏈球菌)為最旺盛的乳酸菌種。在自然發酵的初期，以 *Pediococcus pentosaceus* 為主，連續發酵三天後，則以 *Lactobacillus plantarum* 為優勢菌。在接種外來乳酸菌的試驗也發現相似的結果，最終的發酵液態飼料中最旺盛的菌種並非是一開始接種的菌。

圖 1.影響發酵液態飼料品質的因素



在酵母菌方面，發酵液態飼料中的酵母菌菌相變異很大，有待再深入研究。在濕式小麥酒粕、乳清粉或自來水製成的發酵液態飼料內，優勢的酵母菌菌種並不相同，分別為 *Pichia galeiformis*、*Pichia membranifaciens* 和 *Pichia anomala*。在較新的研究，不管接種何種乳酸菌，均會發現一支新的酵母菌(*Pichia fermentans*)為優勢菌。另外，從 40 家丹麥豬場的發酵液態飼料樣品中所獲得的酵母菌又不全然相同，主要是 *Candida milleri* 和 *Kazachstania bulderi*，在酵母菌的比例分別為 58.4%和 17.5%。

酵母菌會影響發酵液態飼料的品質，但究竟是正面或負面的影響尚無定論，需視優勢的菌種而定。酵母菌具有結合腸內菌表面的能力，進而能阻擋腸內菌與腸道上皮細胞結合。因此，發酵液態飼料中含有高量的酵母菌應是有益的。但另一方面，酵母菌可能會使飼料產生異味，因為發酵過程會產生醋酸、乙醇和戊醇，使飼料適口性變差。曾有研究指出在發酵過程中加入弱酸，包含甲酸、山梨酸鉀和苯甲酸，能抑制酵母菌生長，且又不影響乳酸菌。弱酸能控制酵母菌過度生長時所產生的問題，例如能量耗損、適口性和產氣。

其他發酵條件，例如溫度、接種的用量、水和飼料的比例，都會影響發酵液態飼料的性狀。在溫度方面，有研究指出發酵應控制在 20 度 C 以下，才能使最終成品的 pH 低於 4.5，進而抑制大腸桿菌和沙門氏菌(無法在此 pH 下生長)。另外有研究指出，比起 20 度 C 時的作用時間，30 度 C 反而能讓乳酸快速產生，更快速抑制腸內菌。在水溫方面，使用接種法須避免用冷水，瞬間加入冷水(5~7 度 C)會使發酵過程產生冷休克。遇到冷休克時，會誘發腸內菌產生冷休克蛋白，進而保護病菌抵抗環境變化，並