



芽孢桿菌與氨氧化菌 在畜牧生產的應用

廖仁寶¹ 李宗育¹ 施柏齡¹ 范耕榛¹ 蘇天明¹ 程梅萍¹

一、前言

根據研究推估，地球上微生物的種類高達上兆種，但其中 99.999% 以上的微生物無法經由人工培養來分類。微生物在生態平衡中扮演極其重要的角色，諸如碳循環、氮循環、硫循環等。對生物而言，微生物之中有些對生物是有益的，但有些卻是致病的，大部分對生物的健康狀態影響尚待更多的研究解析。

細菌為微生物的成員之一，細菌的形態可以分為球狀、桿狀、螺旋狀等多種形態，甚至還有一些特殊形態的細菌，如分枝桿菌和球桿菌等，這些不同形態的細菌在生活環境和生態角色上有著各自的特點。人類早在幾千年前，就懂得利用細菌進行發酵，製作多種食物和飲料，如麵包、啤酒、葡萄酒、酸奶及醬菜。隨著生物技

| 註 1：農業部畜產試驗所。

術的進步，細菌廣泛被應用於大規模的工業發酵，如生產酒精、味精及其他有機酸。隨著基因工程技術的興起與進展，使得細菌成為生產重組蛋白質（如胰島素和生長激素）的理想宿主。部分細菌亦被用於處理環境污染，以及開發為益生菌和益生元產品，以提高經濟動物的生產效能，並優化養殖環境。

二、芽孢桿菌的篩選與應用

芽孢桿菌 (*Bacillus*) 是一類廣泛存在於自然環境中的革蘭氏陽性芽孢形成細菌，它們具有耐受極端環境條件的能力，例如高溫、高壓、低水活性及輻射等，這使得它們在各種應用領域中具有重要的潛力。特定的芽孢桿菌在農業生產方面可當作微生物肥料與微生物農藥，在畜牧生產方面則可當作飼料添加用的益生菌。

（一）菌株篩選與鑑定

在畜牧生產方面，益生菌株篩選的考量重點，常為重要分解酵素的活性，另外在飼料打粒製作過程中也會產生高溫情形，因此，菌株的耐高溫特性亦屬必要。在篩選條件方面，常以選擇性培養基與高溫培養狀態下，挑選特定酵素活性高的分離株。後續加以分離純化，並進行菌株身份之鑑定，方法如革蘭氏染色、生化

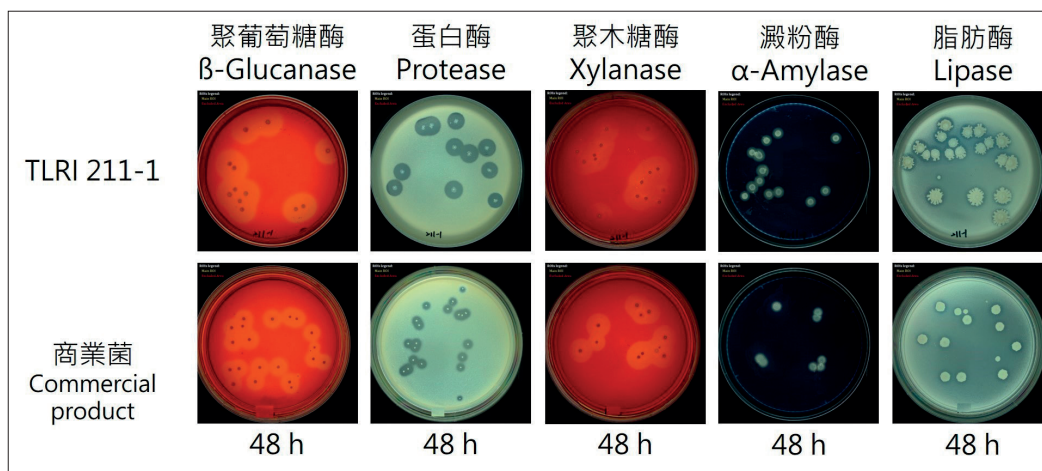
反應及分子生物分類法等，然隨著生物技術的創新，有更多先進的鑑定方法被開發與應用，也正因如此，以往被鑑定為同一種的菌株，後以先進技術鑑定為新種的結果層出不窮。政府訂有「可供給家畜、家禽、水產動物之飼料添加物參考物質表」，其中正面表列的微生物含 16 個菌屬，而芽孢桿菌屬有 7 種，如液化澱粉芽孢桿菌、栗褐芽孢桿菌、仙人掌桿菌／蠟樣芽孢桿菌、凝結芽孢桿菌、地衣芽孢桿菌、短小芽孢桿菌及枯草芽孢桿菌等。

（二）特性分析

胞外酵素活性、耐酸與耐膽鹽性、細胞毒性、細胞黏附性為益生菌重要的評估指標，其中胞外酵素分析項目包括蛋白酶、澱粉酶、聚葡萄糖酶、聚木糖酶、植酸酶及脂解酶。例如廖等 (2021) 的研究，所篩得之 2 株潛力益生菌分離株，經分子鑑定為芽孢桿菌，屬「可供給家畜、家禽、水產動物之飼料添加物」正面表列菌株，在酵素活性、耐酸、耐膽鹽測試有好的表現及缺少尿素酶活性，且不具細胞毒性。

（三）動物試驗

菌株應用的考量點，除安全性之外，便為有效性。動物



技轉菌株 TLRI 211-1 與商業菌株重要分解酵素活性比較。

確效試驗結果為未來應用的重要判斷依據，一般著重的面向含動物生長性能的提升，以及動物健康狀態的維護。例如分離株 TLRI 211-1 添加於白肉雞飼料中，試驗顯示處理組白肉雞增重與飼料效率顯著優於對照組（李等，2021），且在飼養中後期墊料的氨氣濃度顯著低於對照組，減少率達 40 % 以上；山羊仔羊飼糧添加分離株 TLRI 211-1 對蛋白質消化率、採食量及日增重有正面效益，亦可降低仔羊糞便氨氣濃度（廖等，2020）；蛋雞飼糧添加分離株 TLRI 211-1，可顯著改善飼料轉蛋率，也能在貯存期間保持蛋的最佳品質。此外，母雞排泄物中的硫化氫濃度亦

顯著較低（表 1）（Tsai *et al.*, 2023）。

（四）技術移轉

目前通過農業部智審會的成熟技術包括「高酵潛力益生菌生產與應用技術」與「改善畜禽生長性能與降低糞尿氨氣濃度之益生菌生產與應用技術」，各完成了 5 次與 2 次的技術移轉，其中第 2 項技術的承接廠商之一，已經完成產品上市申請與販售，以供畜牧生產業者選擇應用，其餘的承接業者則自行應用於本身的生產體系。

三、氨氧化菌的篩選與應用

氨氧化菌（Ammonia-oxidizing bacteria, AOB）是一類能夠利用氨氮

作為能源進行氨氧化反應的細菌，是氨氧化過程中的關鍵參與者。依據利用營養的來源區分為自營性細菌和異營性細菌，自營性細菌能夠利用無機物質合成有機物質，而異營性細菌則需要依賴其他生物或有機物質來獲取能量和碳源。氨氧化是氮循環中的一個重要步驟，將氨氮氧化為亞硝酸。然經濟動物飼養場所逸散的臭味常擾鄰，而氨氣為臭味的指標氣體，影響民眾情緒，因而對畜產業印象不佳，故畜牧場臭味的防治需立即執行，若能利用氨氧化菌轉化氨氣，則能降低臭味。許多研究文獻指出，以生物方式處理異臭味為一種可行的方法。應用自營性氨氧化菌，添加於具調濕

設備之生物濾床，可增進氨氣與臭味去除率，且較具經濟效益（程等，2010）。相關的研究設計自營性與異營性氨氧化菌組合應用，以達較佳的異臭味處理效果。

（一）菌株篩選與鑑定

由於自營性和異營性氨氧化菌各有應用時的考量，因此在篩選時，樣品的來源可為土壤或活性污泥，利用不同的選擇性培養基，進行標的菌株的篩選。一般而言，自營性較異營性氨氧化菌生長緩慢，需要長時間培養與觀察。以基因序列進行分子鑑定，如分析 16S rRNA 基因序列，再進行資料庫

表 1. 飼糧添加益生菌對蛋雞採食量、產蛋性能及糞便臭味之影響

項目	空白 對照組	TLRI 211-1		商業產品 對照組
		0.1%	0.3%	
每日採食量, g	101	98	101	100
產蛋率, %	90.1	92.9	90.7	90.3
蛋重, g	56.3	58.2	57.3	56.3
飼料換蛋率, %	1.79 ^a	1.70 ^b	1.76 ^{ab}	1.78 ^a
破蛋與軟蛋率, %	0.07	0.06	0.17	0.28
蛋黃重百分比, %	27.0 ^b	28.3 ^a	28.3 ^a	28.5 ^a
蛋白重百分比, %	60.1 ^a	58.7 ^{ab}	58.7 ^{ab}	58.4 ^b
雞糞氨氣濃度, mg/m ³	9.89	10.60	4.53	12.00
雞糞硫化氫濃度, mg/m ³	7.00 ^a	4.34 ^{ab}	2.89 ^b	1.95 ^b
雞糞甲基胺濃度, mg/m ³	9.17	9.64	3.32	10.90

註：1. 本表修改自 Tsai *et al.*, 2023. Table 2, Table 3, Table 4。
2. ^{a,b} 同列間不同上標字母者，表顯著差異 (P < 0.05)。

的比對，以找出菌株的可能身份。廖等（2020）從廢水處理場活性污泥樣品中篩選出 16 株異營性氨氧化菌分離株，分析其 16S rRNA 基因序列，並與序列資料庫比對後得知，菌株可能的身份有 *Acinetobacter* sp.、*Achromobacter* sp. 及 *Pseudomonas bauzanensis*。16 株分離株經過利用培養基氨氮能力測試，經過 7 日的培養，培養基中氨氮濃度可降低約 90 %；另篩選所得的 3 株 AOB4、AOB6 及 AOB10 自營性氨氧化菌分離株群，經次世代定序技術分析，AOB4、AOB6 及 AOB10 含有菌種類別數目分別為 134、208 及 111 種（廖等，2019）。由上述分析結果，進行下一步的實場測試，用以評估產業應用可能性。

（二）實場測試

1. 噴灑法：將培養好的氨氧化菌菌液定期噴灑於肉雞墊料上，再進行氨氣濃度之測定。研究結果顯示在飼養後期發現有噴灑菌液的墊料上氨氣濃度較無噴灑菌液者降低了 75.47 %，且具顯著性的效果（廖等，2019）。
2. 混合法：草炭與氨氧化菌分離株於液體培養基中共培養，再將此草炭、菌液瀝乾後與肉雞

墊料拌勻，並噴灑氨氧化菌分離株於墊料上。由肉雞飼養試驗得知，添加自營性氨氧化菌分離株在飼養後期降低墊料上氨氣濃度效應逐漸顯現，且具顯著性差異（廖等，2020）。

3. 生物洗滌法：在水簾式畜舍循環水槽中植種並培養氨氧化菌分離株，含氨氧化菌之循環水通過濾材，用以吸收與作用畜舍排出空氣中之氨氣成分。試驗結果顯示，添加氨氧化菌株的試驗組氨氣移除率比未添加之對照組為佳（廖等，2019；2020）。

四、結語

「淨零排放」為全世界關注的重要議題，攸關地球的永續發展，先進國家紛紛設定 2050 年前必須達到此一目標，我國身為地球村的一分子，政府訂定了相關的策略與行動以期達成目標。在畜牧生產方面，提高畜產動物之生產效率為必要之策略與目標，藉由低碳與減碳之生產模式開發應用，飼糧添加益生菌為一項極為有效的生產策略，因此，飼料用益生菌的需求將與日俱增。另外，優化養殖環境亦為產業永續發展的重要目標之一，降低環境污染的微生物產品開發與應用，有助於畜牧產業 ESG 之落實。

（參考文獻請逕洽作者）