



探討豆渣與米糠發酵物對離乳仔豬生長性能、免疫力與腸道菌相之影響

- 計畫主持人：蕭士翔
- 共同主持人：陳威戎
- 執行機關：國立宜蘭大學



Outline



計畫背景



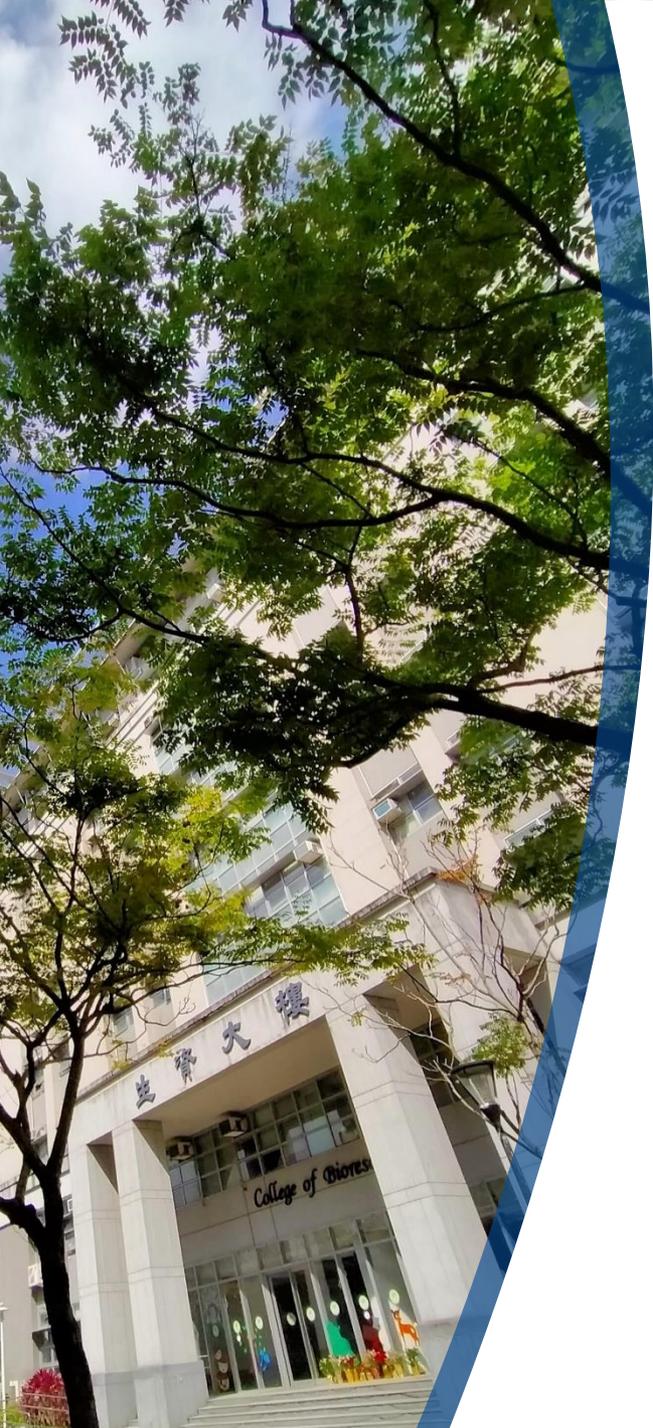
重要工作項目

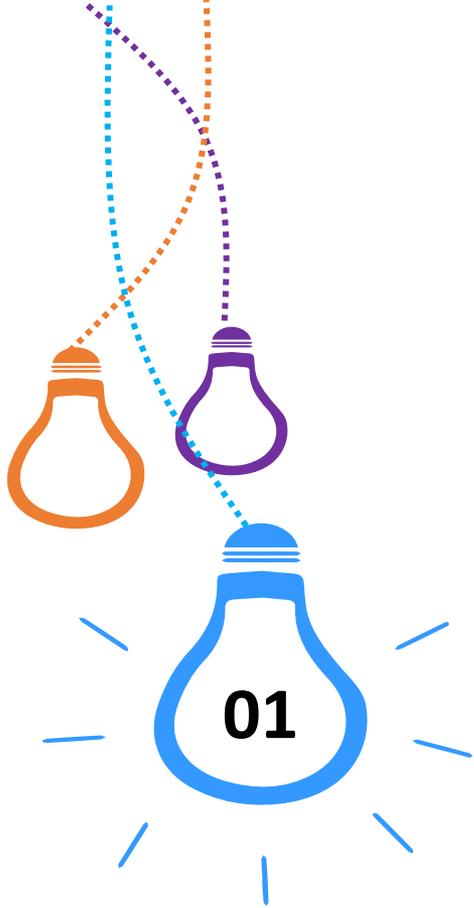


研究成果



預期效益





計畫背景



計畫背景

原料價格顯著成長，使得豬隻的總生產費用有所提升

- 110 年生產每百公斤肉豬所需飼料費為 4432元
- 111年生產每百公斤肉豬所需飼料費為 5185元成長17.01%
- 主要因 111 年大宗飼料原料價格較 110 年顯著成長

收益部分，粗收益有所成長，但不及生產費用顯著

- 110年豬隻平均每百公斤生產物價值為 7,473元，
- 111年豬隻平均每百公斤生產物價值為 7,914 元增加 5.90%
- 總生產費用 較 110 年增加 13.83%

(資料來源：臺灣主要畜禽產品生產費用與收益分析)

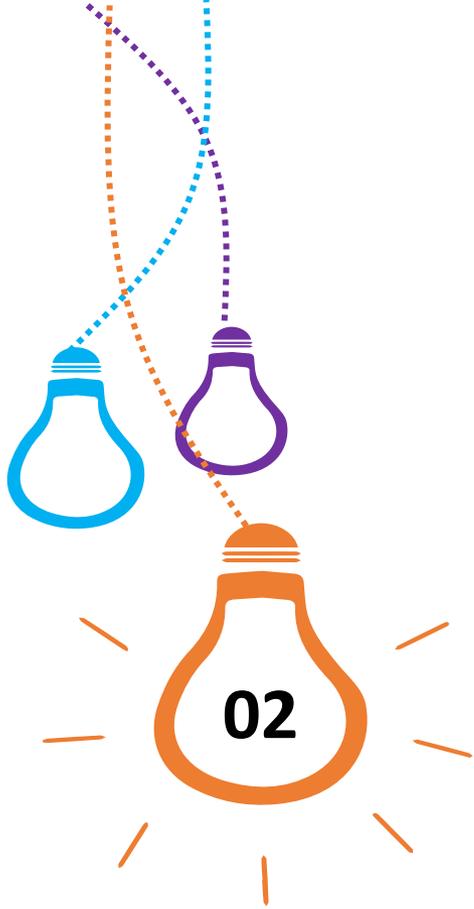
計畫背景

豆渣與米糠 (國產農業副產品)：

- **豆渣 (okara)** 又稱豆腐渣，是製作豆漿或豆腐濾除漿汁後所剩餘的渣質，由大豆的不溶部分組成。
- 豆渣富含蛋白質 (15%)、脂肪 (10-11%) 和多不飽和脂肪酸 (佔總脂肪的 56%)，且具有異黃酮，在飼料用途方面非常具有潛力。



- **米糠 (rice bran)** 是稻穀經由脫殼後之糙米，再精磨成白米過程中所產生的殼屑副產品，約佔米殼的10%。
- 依碾米工序不同，含有蛋白質 (13-16%)、碳水化合物 (33-50%)、纖維素 (8-10%) 及脂質 (14-21%)。



計畫目標



重要工作項目

項目 \ 月份	113 年度											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
豆渣與米糠發酵物準備與活性分析	V	V										
利用豬隻體外仿生消化系統評估豆渣與米糠發酵物在飼糧中的最適添加條件			V	V	V							
評估豆渣與米糠發酵物對離乳仔豬生長性能之影響						V	V	V				
評估豆渣與米糠發酵物對離乳仔豬免疫力、腸道菌相與代謝體之影響									V	V	V	
實驗結果分析與撰寫期末報告												V

1.豆渣與米糠發酵物準備與活性分析

發酵條件：

- 60% 初始水分含量
- 72小時發酵時間

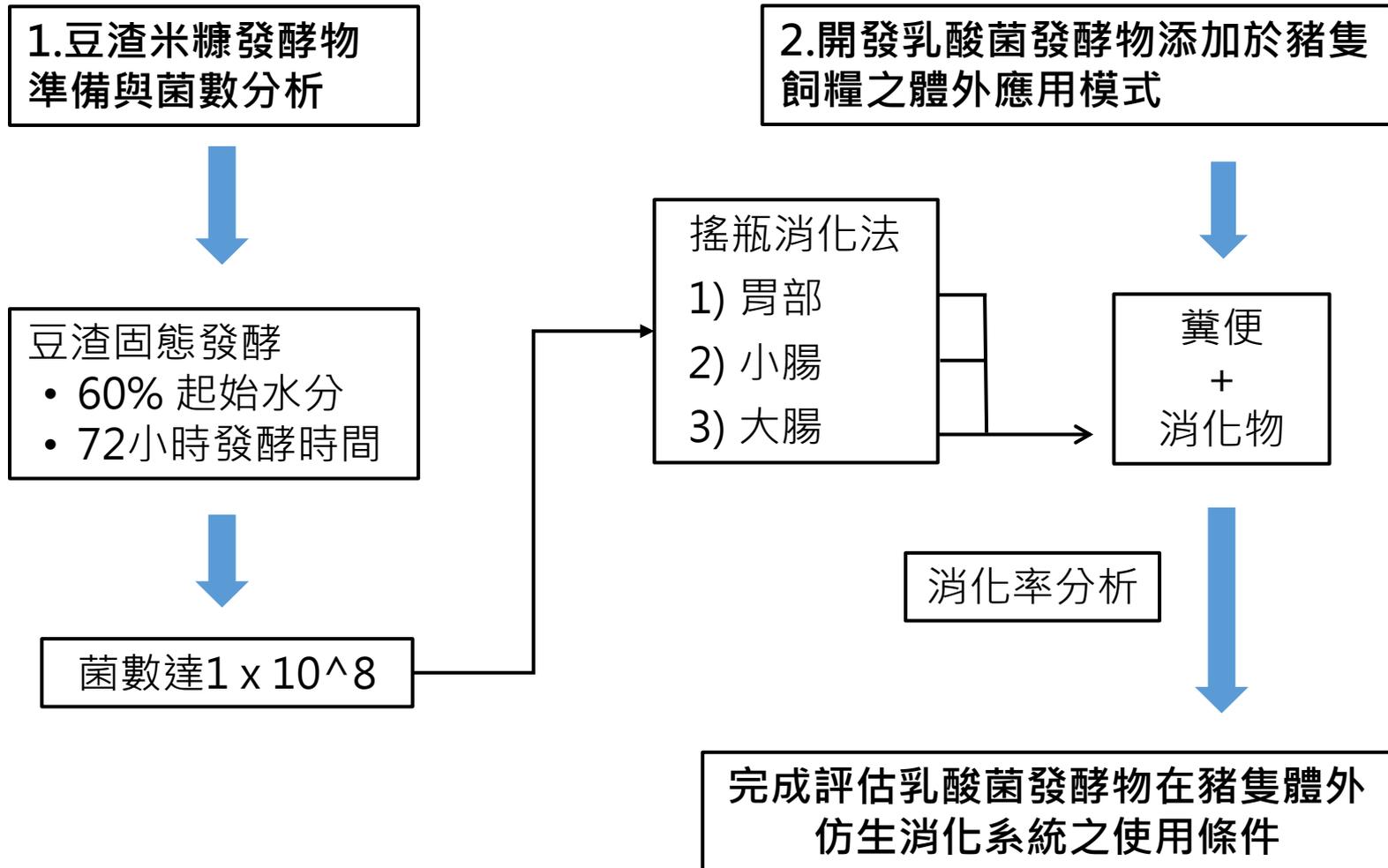
益生菌：

- 嗜酸乳桿菌 (*Lactobacillus acidophilus*)
- 德氏乳桿菌 (*Lactobacillus delbrueckii*)
- 唾液乳桿菌 (*Lactobacillus salivarius*)

活性分析：

- 乳酸菌數、還原糖、pH值

2. 利用豬隻體外仿生消化系統評估豆渣與米糠發酵物在飼糧中的最適添加條件



3. 評估豆渣與米糠發酵物對離乳仔豬生長性能之影響

試驗設計：

依體重逢機分成4個處理組：

- (1) 對照組
- (2) 低劑量豆渣和米糠發酵物外加處理組
- (3) 高劑量豆渣和米糠發酵物外加處理組
- (4) Enramycin 處理組

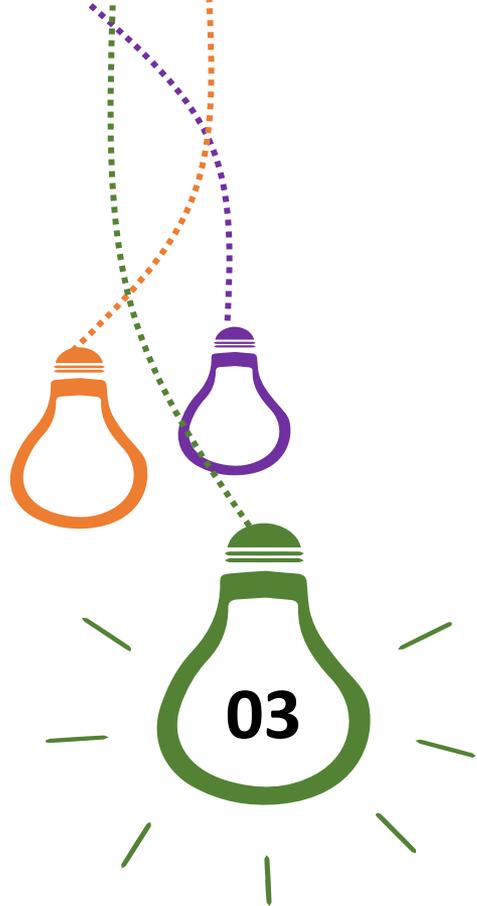
飼養條件：

- 試驗期28天。
- 每組3重複(欄)，每欄6隻豬，共72隻豬。

3. 評估豆渣與米糠發酵物對離乳仔豬生長性能之影響

分析項目：

- 每日記錄豬隻之糞便狀態：下痢指數。
- 每週測量豬隻的生長性能：體重、採食量和飼料轉換率。
- 於 42、56 日齡時採血：血液生化分析、免疫球蛋白。
- 在 56 日齡試驗結束時：腸道菌相、代謝體分析。



研究成果



1.豆渣與米糠發酵物準備與活性分析-乳酸菌數

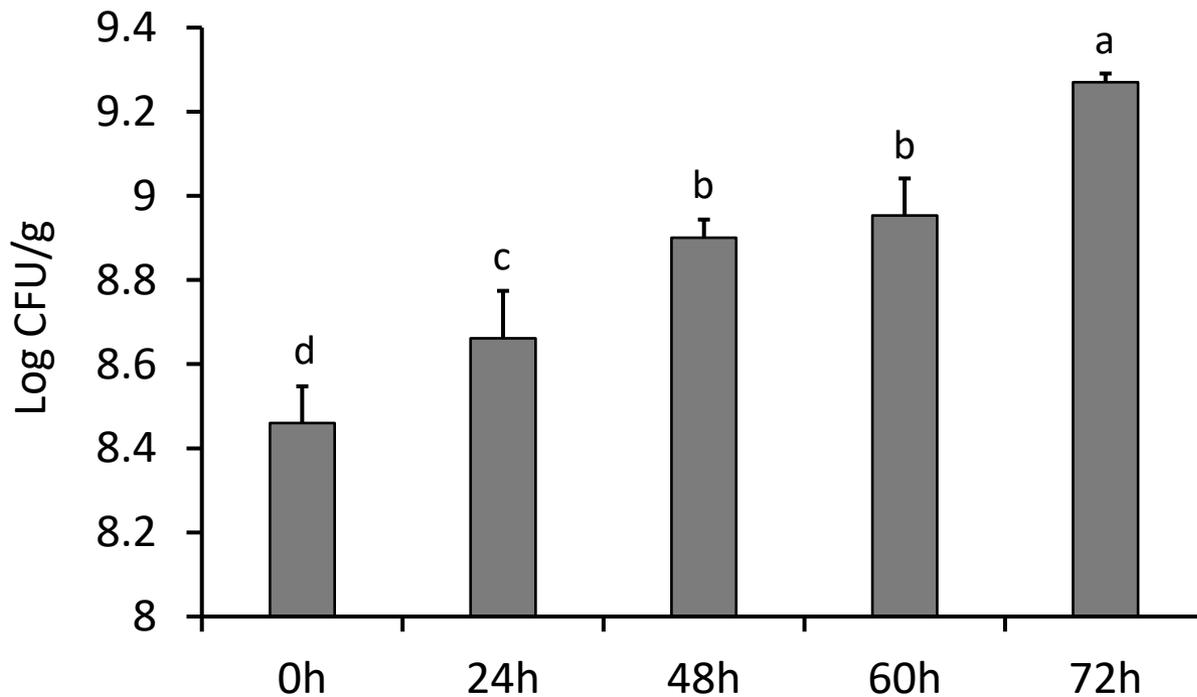


圖1、不同發酵時間對豆渣與米糠發酵物中**乳酸菌數**之影響。

1.豆渣與米糠發酵物準備與活性分析-pH值

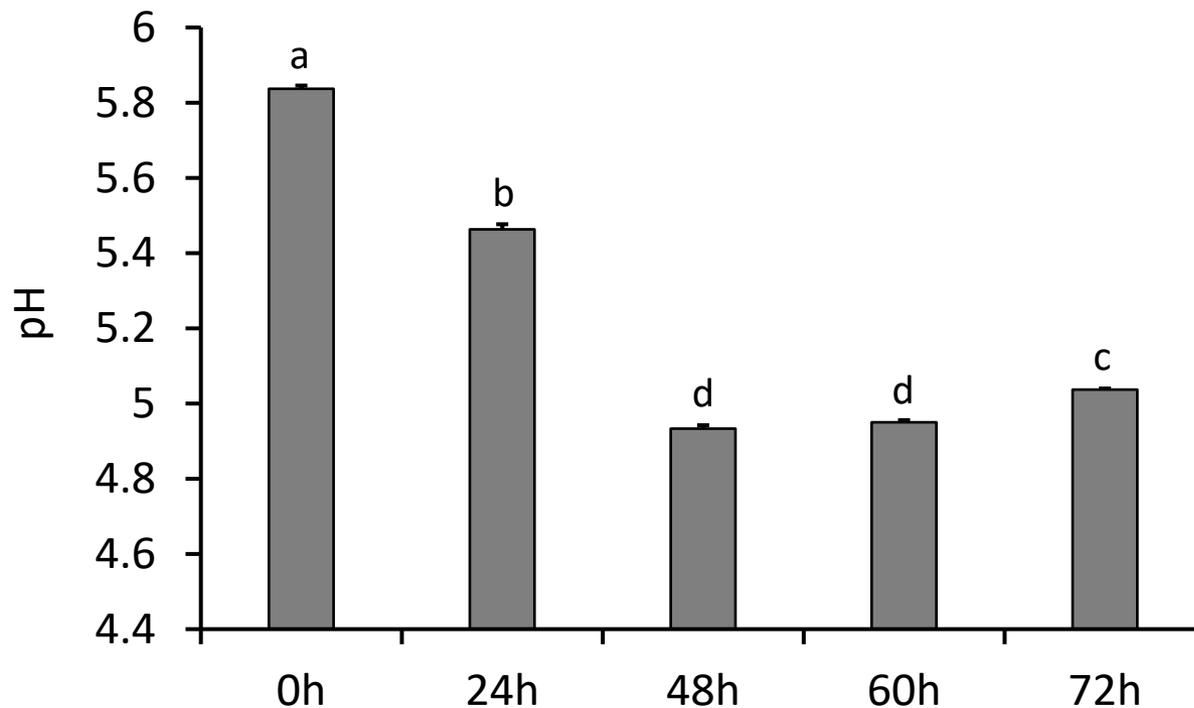


圖2、不同發酵時間對豆渣與米糠發酵物中pH值之影響。

1.豆渣與米糠發酵物準備與活性分析-還原醣

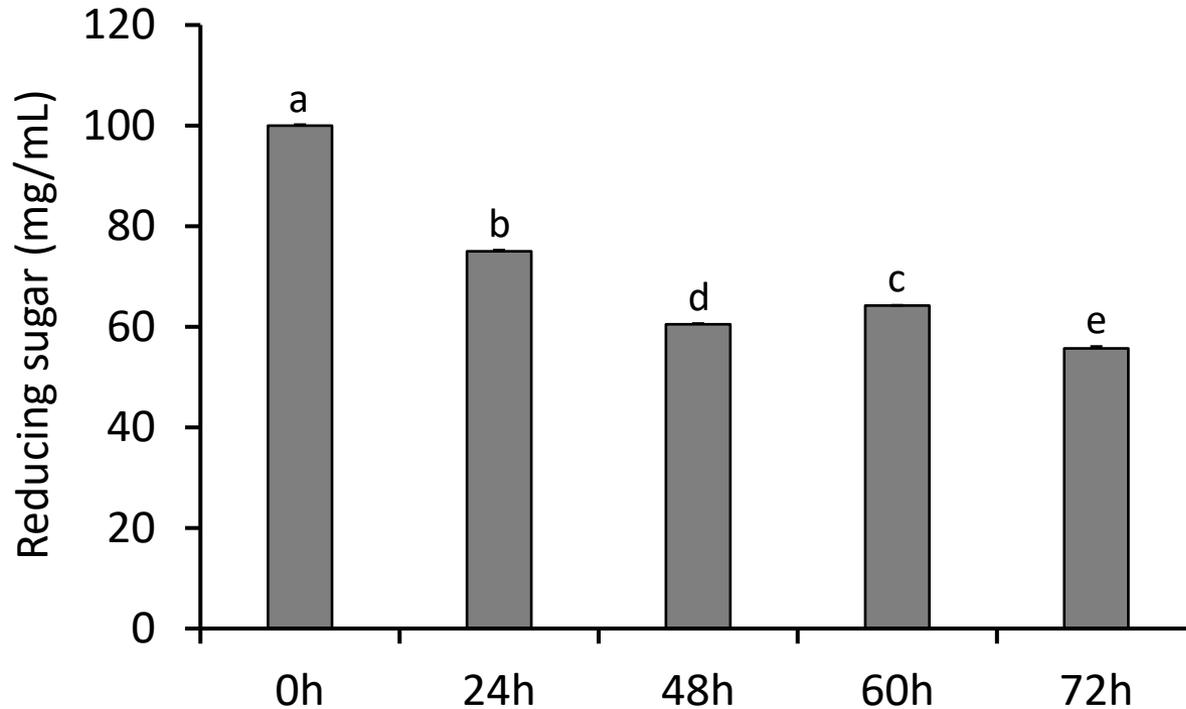


圖3、不同發酵時間對豆渣與米糠發酵物中還原醣之影響。

1.豆渣與米糠發酵物準備與活性分析-胺基酸組成

表 1、豆渣與米糠發酵物胺基酸組成分析。

	發酵前	發酵後		發酵前	發酵後
天門冬胺酸 ASP	1.75	1.92	異白胺酸 ILE	0.57	0.61
羥丁胺酸 THR	0.57	0.65	白胺酸 LEU	1.14	1.18
絲胺酸 SER	0.67	0.74	酪胺酸 TYR	0.39	0.43
麩胺酸 GLU	1.96	2.38	苯丙胺酸 PHE	0.67	0.73
脯胺酸 PRO	0.53	0.75	離胺酸 LYS	0.82	0.87
甘胺酸 GLY	0.83	0.89	組胺酸 HIS	0.40	0.46
丙胺酸 ALA	1.00	0.99	精胺酸 ARG	1.08	1.24
胱胺酸 CYS	0.17	0.11			
纈胺酸 VAL	0.91	0.99			
甲硫胺酸 MET	0.19	0.21			
			總量	13.65	15.15

2.體外消化結果

2. 利用豬隻體外仿生消化系統評估豆渣與米糠發酵物在飼糧中的最適添加條件

模擬胃部消化

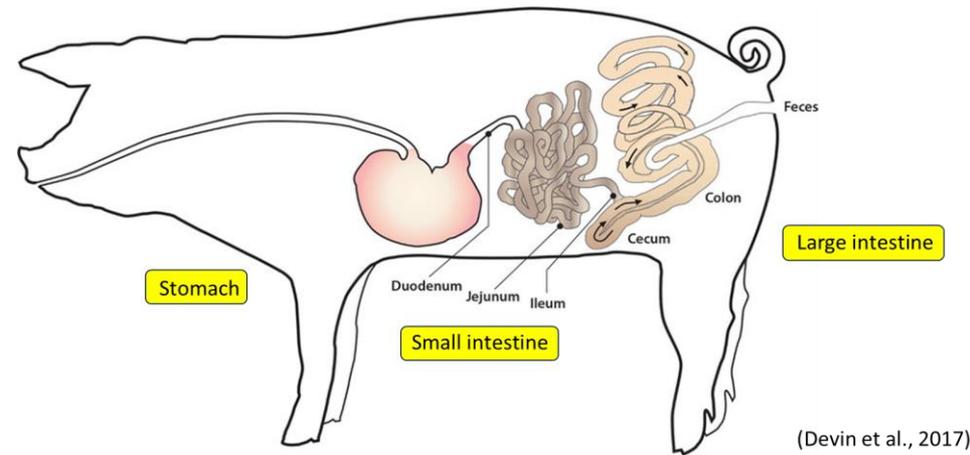
- 每4g樣品混合15mL胃部緩衝液。
- 4N HCl + pepsin (0.25 g/ml), pH2.5。
- 以100 rpm震盪反應4小時, 39°C。

模擬小腸消化

- 加入3 ml 1M NaHCO₃終止反應。
- 加入13 ml小腸消化緩衝液
- 4 ml pancreatin solution (0.1g/ml)。
- 以100 rpm震盪反應16小時, 39°C。

模擬大腸消化

- 採集生長豬隻肛門排出之新鮮糞便，與厭氧稀釋液以1:5比例混合。
- 秤取1g胃與小腸消化之凍乾基質
- 加入20 ml豬糞接種液、20 ml厭氧稀釋液，混合均勻。
- 39°C水浴槽中反應48小時
- 消化物離心後，沉澱物測定乾重以計算消化率。



2. 利用豬隻體外仿生消化系統評估豆渣與米糠發酵物在飼糧中的最適添加條件

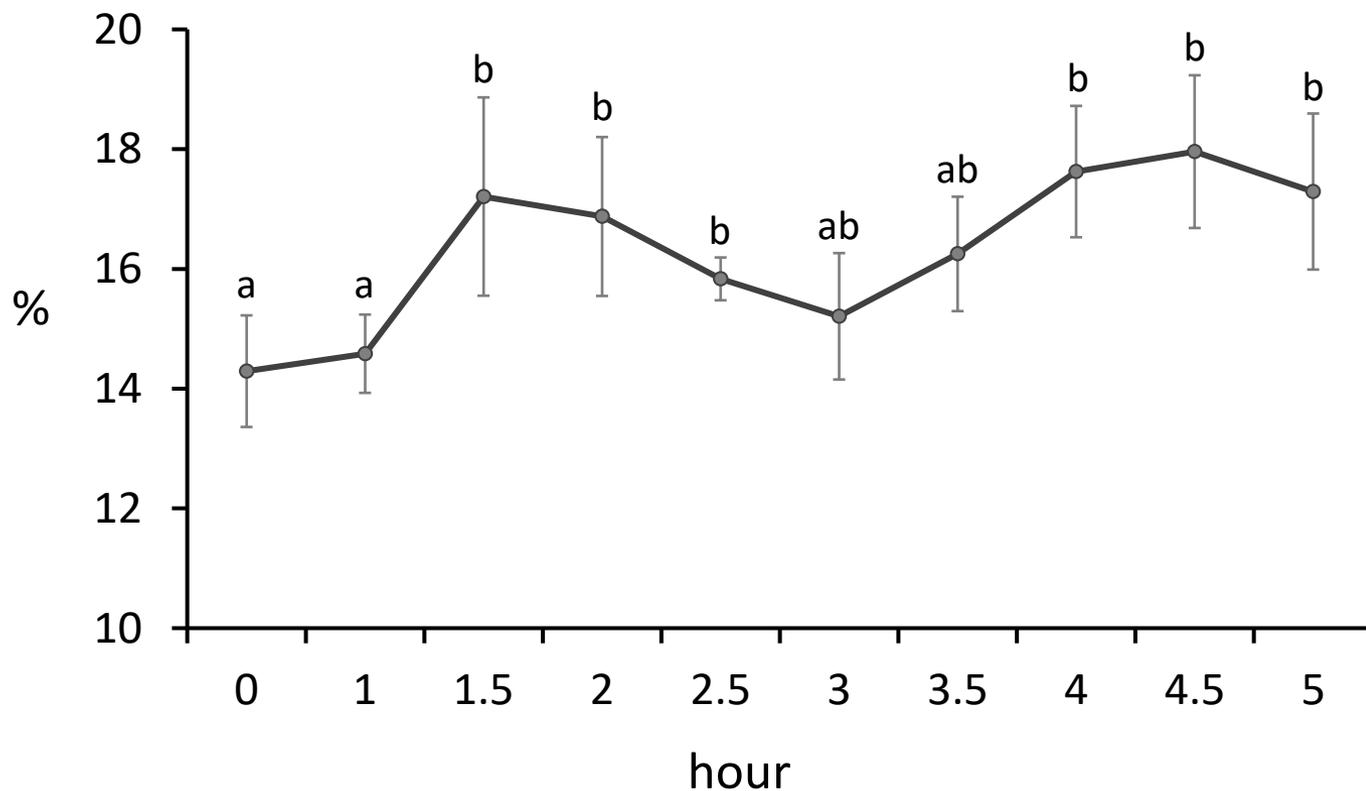


圖4、以體外仿生消化系統評估飼料中不同濃度豆渣與米糠發酵物對豬隻胃部消化率之影響。

2. 利用豬隻體外仿生消化系統評估豆渣與米糠發酵物在飼糧中的最適添加條件

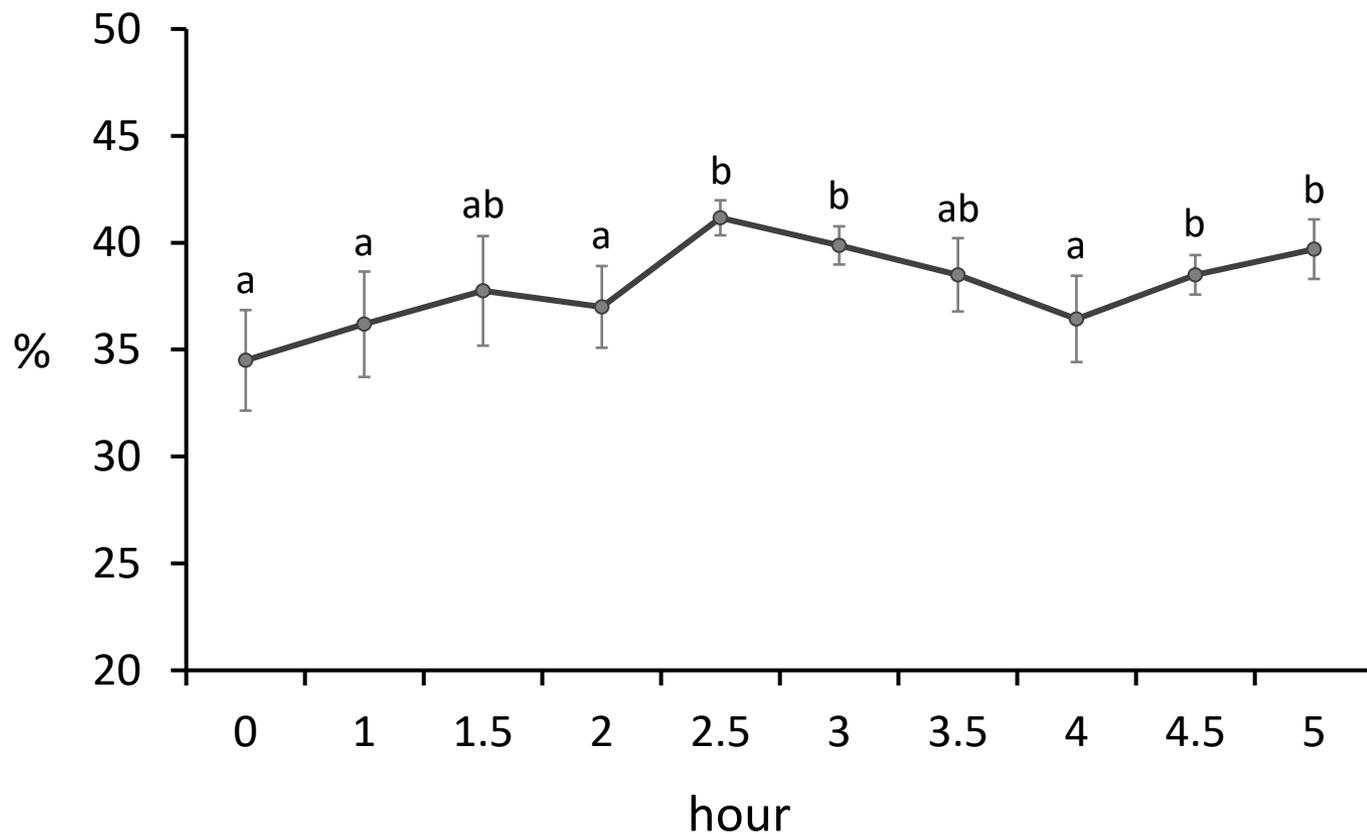


圖5、以體外仿生消化系統評估飼料中不同濃度豆渣與米糠發酵物對豬隻小腸消化率之影響。

2. 利用豬隻體外仿生消化系統評估豆渣與米糠發酵物在飼糧中的最適添加條件

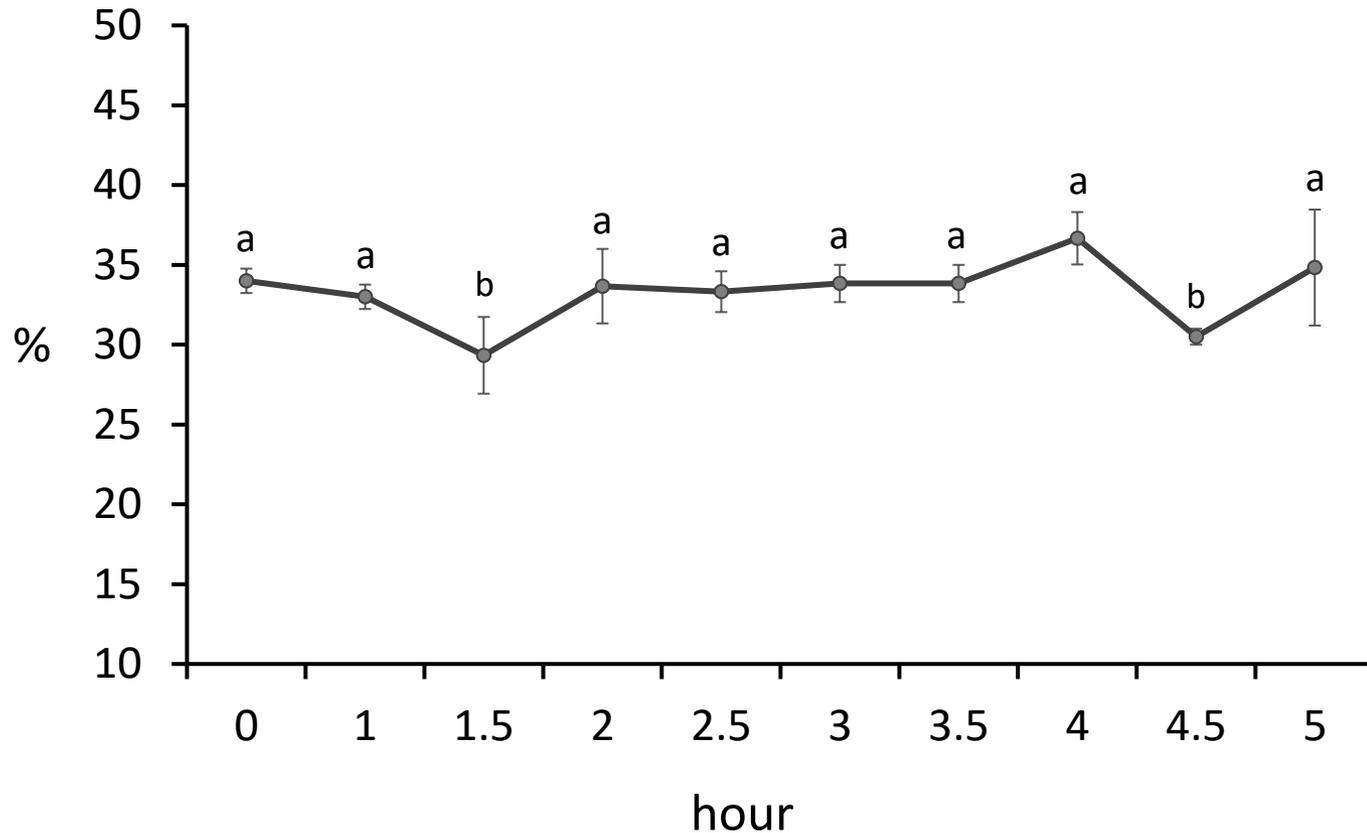


圖6、以體外仿生消化系統評估飼料中不同濃度豆渣與米糠發酵物對豬隻大腸消化率之影響。

表2、豆渣與米糠發酵物對離乳仔豬生長性能之影響。

BW (kg/pig)	Control		FOR2.5		FOR5.0		Antibiotics		P-value
	Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE	
Day 1	9.178	0.321	9.239	0.294	9.206	0.296	9.222	0.325	0.999
Day 7	11.518	0.382	12.118	0.284	11.256	0.352	12.394	0.381	0.092
Day 14	13.581 ^b	0.613	15.673 ^a	0.371	13.987 ^b	0.551	15.400 ^a	0.522	0.014
Day 21	16.880 ^b	0.871	18.657 ^a	0.601	16.165 ^b	0.591	18.587 ^a	0.757	0.033
Day 28	19.467	1.044	21.214	0.510	19.156	0.690	21.358	0.790	0.112
ADFI (kg/d/pig)									
Week 1	0.297	0.013	0.344	0.026	0.309	0.025	0.326	0.048	0.734
Week 2	0.749	0.056	0.732	0.042	0.622	0.075	0.773	0.029	0.270
Week 3	0.656	0.087	0.823	0.025	0.706	0.021	0.682	0.065	0.247
Week 4	0.618	0.215	0.815	0.041	0.731	0.111	0.623	0.052	0.654
1-28 days	0.580	0.072	0.678	0.061	0.592	0.059	0.601	0.055	0.657
ADG (kg/pig)									
Week 1	0.331 ^b	0.032	0.412 ^{ab}	0.026	0.293 ^b	0.057	0.453 ^a	0.016	0.048
Week 2	0.297	0.045	0.497	0.072	0.370	0.077	0.431	0.014	0.167
Week 3	0.472	0.154	0.435	0.130	0.337	0.084	0.409	0.146	0.901
Week 4	0.370	0.119	0.367	0.055	0.424	0.073	0.395	0.021	0.943
1-28 days	0.367	0.047	0.428	0.037	0.356	0.034	0.422	0.032	0.438
FCR (feed/gain)									
Week 1	0.919	0.121	0.848	0.115	1.135	0.228	0.716	0.089	0.313
Week 2	2.694	0.593	1.519	0.162	1.758	0.190	1.801	0.118	0.135
Week 3	1.708	0.488	1.447	0.010	2.374	0.583	2.175	0.742	0.712
Week 4	1.808	0.456	2.337	0.386	1.741	0.135	1.599	0.203	0.442
1-28 days	1.782	0.363	1.538	0.306	1.752	0.253	1.573	0.310	0.839

^{a-b}Means within rows with no common superscript are significantly different ($P < 0.05$).

2-2.豆渣與米糠發酵物對離乳仔豬抗體力價之影響

表3、豆渣與米糠發酵物對離乳仔豬抗體力價之影響。

	Age (days)	Control	FOR2.5	FOR5	Antibiotics	P-value
		(mg/mL)				
IgG	42	366.16 ± 98.2	356 ± 129.3	481.5 ± 115.3	393.16 ± 76.6	0.1958
	56	621.5 ± 260.3 ^a	365.5 ± 154.5 ^b	743.16 ± 143.7 ^a	553.83 ± 168.5 ^b	0.0178
IgA	42	108.2 ± 5.5 ^a	101.95 ± 6.4 ^a	92.35 ± 11.1 ^b	90.68 ± 4.6 ^b	0.0013
	56	76.45 ± 6.3 ^b	80.85 ± 4.9 ^{ab}	83.03 ± 4.5 ^{ab}	85.11 ± 1.9 ^a	0.0271

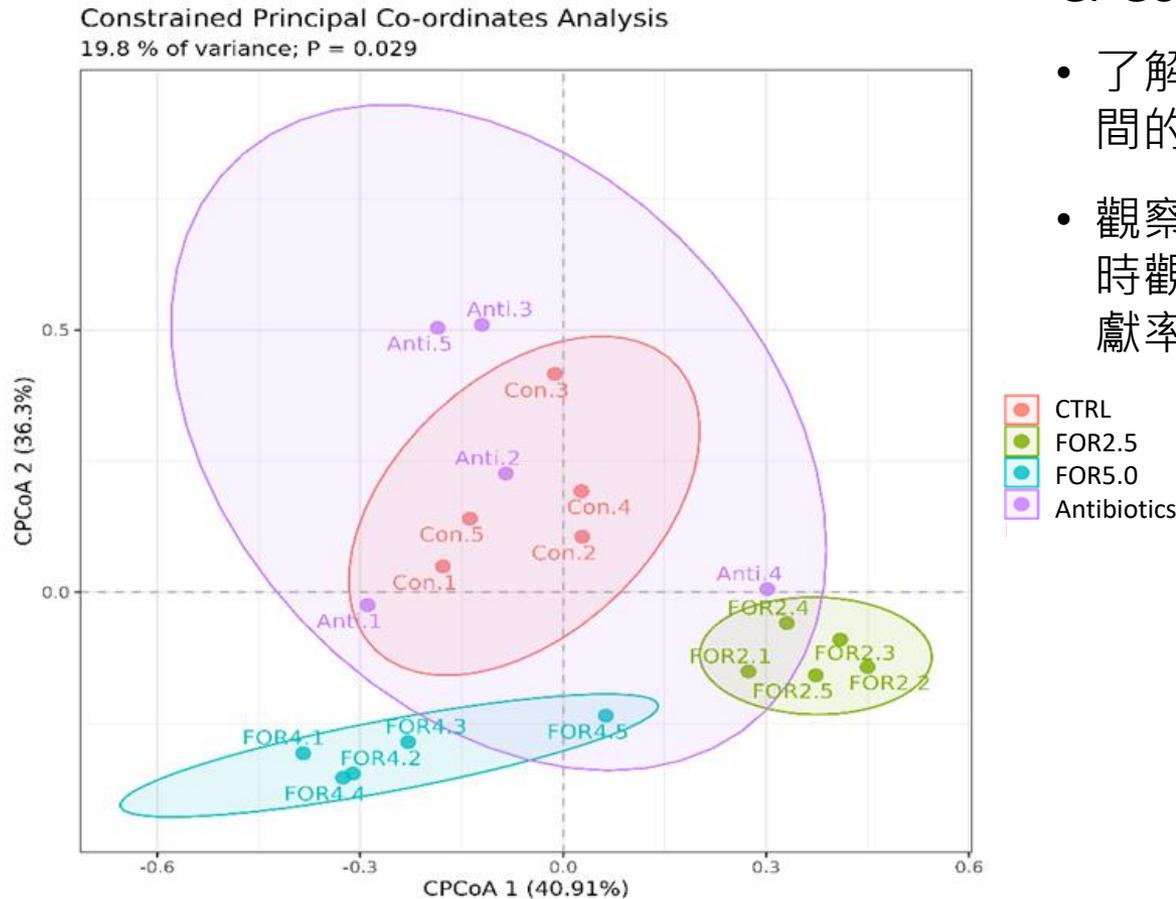
2-3.豆渣與米糠發酵物對離乳仔豬血液生化值之影響

表4、豆渣與米糠發酵物對離乳仔豬血液生化值之影響。

	Age (days)	Control	FOR2.5	FOR5	Antibiotics	P-value ¹
TP (g/dL) ²	42	4.95 ± 0.3 ^b	5.1 ± 0.6 ^{ab}	5.7 ± 0.3 ^a	5.3 ± 0.2 ^{ab}	0.0164
	56	5.7 ± 1.7	4.63 ± 1.5	6.73 ± 0.8	6.11 ± 0.5	0.0503
GOT(U/L) ³	42	134.7 ± 46.8	111.83 ± 17.4	101.67 ± 41.9	88.67 ± 27.7	0.1785
	56	169.16 ± 90.8	96.33 ± 56.2	75 ± 3.5	114.5 ± 77.1	0.1141
GPT(U/L) ⁴	42	54.2 ± 14.1	48.67 ± 8.8	53.66 ± 4.8	57.5 ± 8.4	0.4743
	56	45.33 ± 15.7	31.33 ± 10.9	48.33 ± 3.2	52 ± 21.6	0.1051
GLU (mg/dL) ⁵	42	65.5 ± 16.1	87.83 ± 17.2	78.17 ± 17.2	80 ± 8.6	0.1164
	56	60.33 ± 15.5 ^b	103.83 ± 29.9 ^a	95.83 ± 12.6 ^{ab}	84.5 ± 25.2 ^{ab}	0.0149
ALB (g/dL) ⁶	42	2.86 ± 0.2	2.91 ± 0.3	2.85 ± 0.1	3.05 ± 0.1	0.2181
	56	2.51 ± 0.7	2.55 ± 0.7	2.73 ± 0.3	2.95 ± 0.2	0.5192

¹Means of a row with no common superscript are significantly different (P < 0.05); ²TP: Total protein; ³GOT: Glutamic-oxaloacetic transaminase; ⁴GPT: Glutamate Pyruvate Transaminase; ⁵GLU:Glucose; ⁶ALB: Albumin

2-4.豆渣與米糠發酵物對離乳仔豬腸道微生物組成分之影響



CPCoA (限制性排序分析方法)

- 了解感興趣的因子與物種組成之間的關聯。
- 觀察樣本間的相似程度，也可同時觀察組別資訊對樣品差異的貢獻率。

圖9、豆渣與米糠發酵物對離乳仔豬腸道微生物群主成分影響之分析結果。

2-5.豆渣與米糠發酵物對離乳仔豬腸道微生物組成分之影響

表5、豆渣與米糠發酵物(FOR2.5)對離乳仔豬腸道菌群豐富度之影響

FOR2.5	主要功能	益生菌	P-value
<i>Lactobacillus_equicursoris</i> (馬腸乳酸桿菌)	幫助發酵、促進腸道菌群平衡。	?	< 0.05
<i>Lactobacillus_johnsonii</i> (強生氏乳酸桿菌)	抑制病原菌增生、促進腸道健康、增強免疫系統。	是	< 0.05
<i>Intestinibaculum_porci</i> (豬腸桿菌)	分離自豬的腸道，可能與腸道菌群相關。	?	< 0.05
<i>Lactobacillus_delbrueckii_subsp. Indicus</i> (印度德氏乳酸桿菌)	德氏乳酸桿菌的亞種、常用於發酵食品中、有助於乳酸產生、有助於腸道菌群調節。	是	< 0.05
<i>Lactobacillus_delbrueckii_subsp. Sunki</i> (筍基德氏乳酸桿菌)	在發酵過程中發現、能分解碳水化合物產生乳酸、有助於食品發酵、有助於腸道健康。	是	< 0.05

2-5.豆渣與米糠發酵物對離乳仔豬腸道微生物組成分之影響

表6、豆渣與米糠發酵物(FOR5.0)對離乳仔豬腸道菌群豐富度之影響-1

FOR5.0	主要功能	益生菌	P- value
<i>Absicoccus_porci</i> (豬腸球菌)	分離自豬腸道、功能未知	?	< 0.05
<i>Lactobacillus_rogosae</i> (羅戈沙氏乳酸桿菌)	幫助腸道菌群平衡	是	< 0.05
<i>Acidaminococcus_timonensis</i> (提摩奈氏酸胺球菌)	與腸道生態相關	?	< 0.05
<i>Ligilactobacillus_salivarius</i> (唾液乳酸桿菌)	抗菌作用、促進免疫系統健康、 維持腸道菌群平衡	是	< 0.05
<i>Phoceamassiliensis</i> (馬賽福西菌)	可能與腸道菌群相關	?	< 0.001

2-5.豆渣與米糠發酵物對離乳仔豬腸道微生物組成分之影響

表7、豆渣與米糠發酵物(FOR5.0)對離乳仔豬腸道菌群豐富度之影響-2

FOR5.0	主要功能	益生菌	P - value
<i>Actinomyces_denticolens</i> (齒纖維放線菌)	常存在於口腔、可能與牙菌斑形成相關、部分物種可能引發口腔感染	否	< 0.05
<i>Streptococcus_plurextorum</i> (多菌株鏈球菌)	可能與腸道健康或微生態平衡有關	?	< 0.05
<i>Allisonella_histaminiformans</i> (組胺生成艾利森菌)	產生組織胺，可能與腸道代謝過程相關	?	< 0.05
<i>Pseudoramibacter_porci</i> (豬假小桿菌)	可能參與腸道代謝	是	< 0.05
<i>Clostridium_disporicum</i> (雙孢梭菌)	與腸道微生態平衡相關，但部分梭菌可能與疾病有關。	否	< 0.05

2-6.豆渣與米糠發酵物對離乳仔豬腸道代謝體之影響

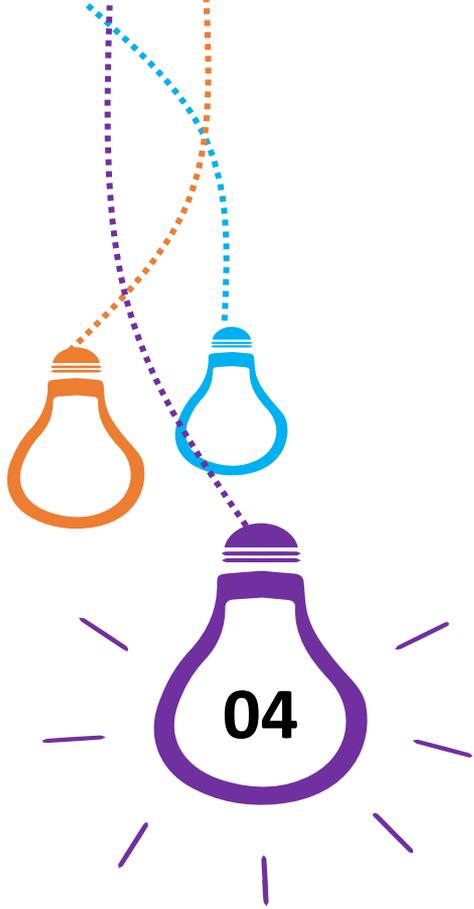
表8、豆渣與米糠發酵物(FOR2.5)對離乳仔豬腸道代謝體之影響

FOR2.5	主要功能	<i>P</i> -value
Emtricitabine (恩曲他濱)	核苷類化合物，菌群降解核酸成核苷酸及其衍生物，與抗病毒作用有關。	0.018
Epinephrine (腎上腺素)	減少腸道內的急性發炎反應，對輕度炎症有潛在保護作用；幫助腸道在壓力情境下維持局部穩定，減少能量消耗。	0.027

2-6.豆渣與米糠發酵物對離乳仔豬腸道代謝體之影響

表9、豆渣與米糠發酵物(FOR5.0)對離乳仔豬腸道代謝體之影響

FOR5.0	主要功能	P - value
D-Arabitol (D-阿拉伯糖醇)	多種酵母菌和腸道真菌代謝糖類產生的產物，有助腸道健康。	0.048
1-Butylamine (正丁胺)	氨基酸或腸道微生物發酵產生，有助於腸道菌群的營養利用。	0.031
Avocadyne (酪梨炔)	具抗氧化與抗炎特性，維持腸道黏膜健康，減少炎症。	0.043
Epinephrine (腎上腺素)	減少腸道內的急性發炎反應，對輕度炎症有潛在保護作用；幫助腸道在壓力情境下維持局部穩定，減少能量消耗。	0.041
Hypoxanthine (次黃嘌呤)	細胞核酸分解的中間產物，有助於細胞修復和抗氧化功能。	0.016



成果效益



成果效益

年度主要績效指標表(KPI)

編號	績效指標項目	預定目標值	現況說明
1	期刊論文發表	1篇	發表SCI期刊論文1篇 (審查中)
2	研討會論文發表	2篇	已發表113年度中畜年會研討會論文2篇
3	專利申請	1件	預計於本年度試驗完成後提出發明專利申請
4	人才培育	2人	目前聘用3位碩士班學生為學習型兼任助理學習試驗方法及數據收集與分析，同時協助本計畫執行
5	研究團隊養成	1	與台灣大學合作成立機能性飼料添加劑研究團隊

- 1. 建立可靠的科學模型：**本研究成功應用豬隻體外仿生消化系統，模擬不同消化部位(胃部、小腸、大腸)的消化過程，初步驗證了豆渣與米糠發酵物的功能，並降低了實驗動物的使用數量。
- 2. 減輕離乳緊迫對仔豬的負面影響：**本研究證明，添加豆渣與米糠發酵物可有效緩解離乳緊迫，穩定腸道菌群及免疫功能，幫助仔豬快速適應飼養環境，促進健康成長。
- 3. 減少環境負擔：**發酵物添加劑量之結果顯示，2.5%即可達到最佳效果，如此可避免不必要的高劑量添加，減少資源浪費。此外，提升飼料利用效率後，未被吸收的飼料殘餘排放量也將減少，有助於改善飼養場域的環境衛生，降低對環境的負面影響。

4. 發酵物製程成本估算

- **運輸成本**：估計為每公斤0.7元（年處理量可達3,000至10,000噸）
- **固態發酵成本**：估計為每公斤2元。
- **乾燥成本**：估計為每公斤4元（乾燥至30%水分，依本試驗添加2.5 ~ 5%範圍計算，飼料最終含水量為0.375 ~ 1.5%之間）。
- **總生產成本**：估計為每公斤6.7元。
- 若將最終銷售價格設定為每公斤9元，根據目前試驗設計，發酵物在飼料中的添加比例範圍為2.5% ~ 5%，每公噸飼料的添加成本介於225 ~ 450元之間。



謝謝聆聽

Thank you for your attention