



計畫編號：112-02-005

## 飼糧中添加豆渣與米糠發酵物對肉雞生長性能、免疫力與腸道健康之影響

- 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
- 報告日期：2024/01/17



# Outline



計畫背景



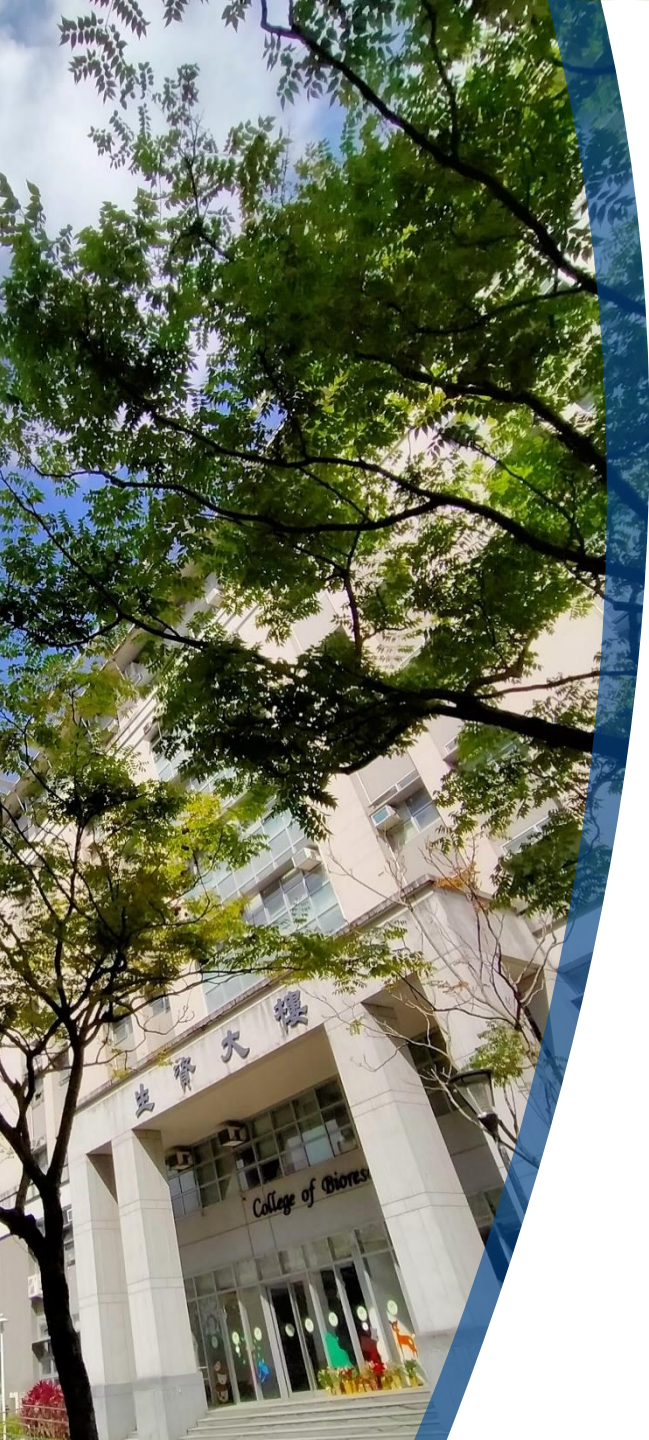
重要工作項目

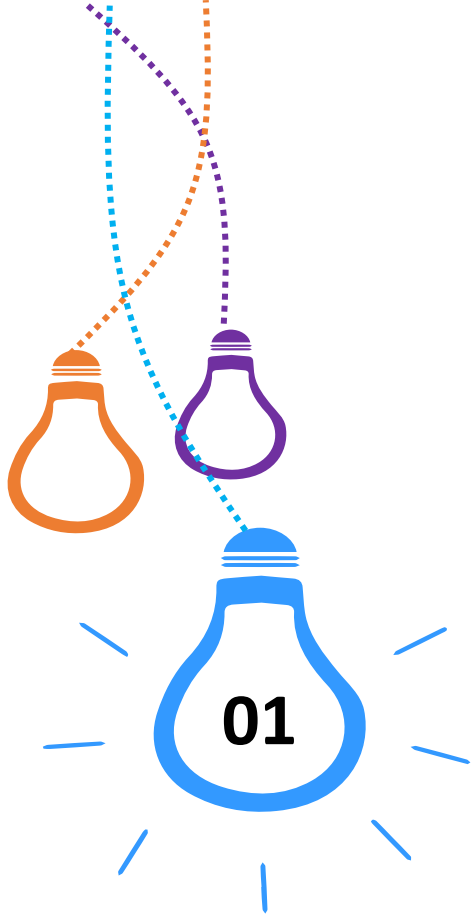


研究成果



成果效益





## 計畫背景



## 肉雞業是家禽業的一個重要分支：

- 在台灣，畜禽產業年產值約1856.1億元。
- 家禽業年產值約633億元，佔整體畜禽產業34.1%。
- 家禽業中，以白肉雞的年產值最高，約279.6億元，佔家禽業總值44.18%。

( 資料來源：農業部糧食供需重要統計指標 )

## 飼料是很家禽業成本的制約因素 ( 佔飼養成本的60-75% )：

- 109年白肉雞每百公斤主產物之粗收益為4,666元。
- 110年白肉雞每百公斤主產物之粗收益為5,092元 ( 較109年增加了9.13% )。
- 110年國內飼料費用大幅成長，使得肉雞的總生產費用有所提升。

( 資料來源：農業部臺灣主要畜禽產品生產費用與收益分析 )

## 國內飼料原料目前仍需大量仰賴進口：

- 110年國內玉米及大豆需要量約449.7萬公噸與261.8萬公噸。
- 110年玉米及大豆在國內的生產量僅約142,537公噸與4,194公噸。
- 自給率分別為3.1698%（玉米）及0.1698%（大豆），產量明顯不足。

表1、110年國內玉米與大豆之需要量、生產量與自給率。

	玉米	大豆
國內需要量	449.7萬公噸	261.8萬公噸
國內生產量	142,537公噸	4,194公噸
自給率	3.1698%	0.1698%

資料來源：農業部糧食供需重要統計指標

## 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 ( 30% )、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% )。

## 豆渣與米糠在飼料方面的應用限制：

- 豆渣 ( **okara** ) 具有高含水量，在一般環境下容易腐敗和發黴。
- 纖維含量高，嗜口性不佳。
- 含有非澱粉多醣以及一些抗營養因子。



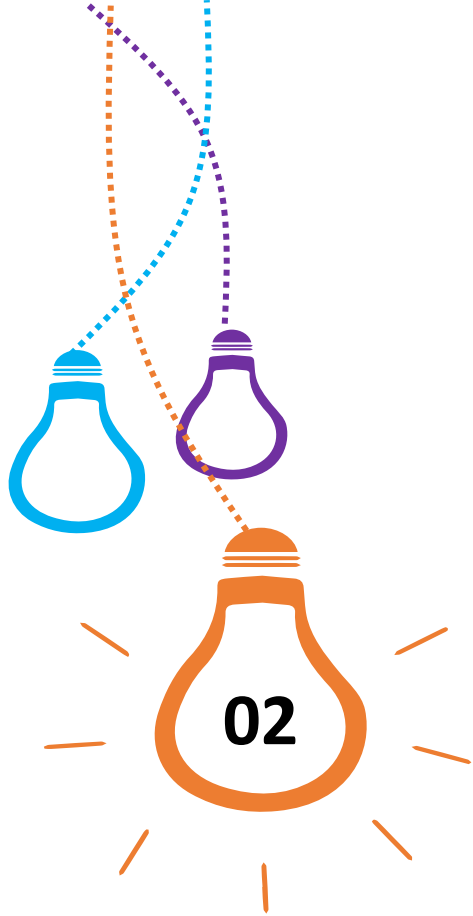
- 米糠 ( **rice bran** ) 油脂含量高，雖然含有出色的脂肪酸組成，與生物有益活性成分，但在一般環境容易氧化酸敗。
- 纖維含量高，嗜口性不佳。
- 含有非澱粉多醣以及一些抗營養因子。

## 研究團隊初步研究成果

已嘗試利用不同抗菌劑以及益生菌發酵的機能性飼料基質作為飼料添加劑，且證實能夠促進家禽生長，提升免疫力與改善腸道菌相，最終防治動物疾病的發生：

- 飼料中添加枯草芽孢桿菌發酵豆粕能部分取代大豆粕之使用，並降低大豆蛋白對肉雞引起的過敏反應（J. Appl. Anim. Res., 2019）。
- 飼料中添加枯草芽孢桿菌或地衣芽孢桿菌發酵豆粕能顯著改善產氣莢膜梭菌誘發肉雞之腸道病變、提升肉雞免疫力（J Anim Physiol Anim Nutr., 2018; J. Appl. Anim. Res., 2019）。
- 富含表面素之枯草芽孢桿菌和地衣芽孢桿菌發酵豆粕能有效抑制豬痢疾短螺旋體與產氣莢膜梭菌之生長並破壞其結構（AMB Expr., 2019）。
- 乳酸桿菌(嗜酸乳桿菌、德氏乳杆菌、唾液乳桿菌)與丁酸梭菌之豆渣與椰子粕發酵物能優化肉雞腸道菌相外，並且具有與生長促進型抗生素於改善雞隻生長性能的效果（Fermentation, 2022）。





## 計畫目標



1. 最佳化豆渣與米糠之菌酶發酵條件：
  - 菌酶固態發酵
2. 評估豆渣與米糠發酵物對肉雞生長性能、腸道健康之影響：
  - 腸道型態、免疫力、代謝體、腸道菌相

# 1.最佳化豆渣與米糠之菌酶發酵條件

## (1). 依C/N調整豆渣與米糠添加比例

C, N content (Proportion)	Rice bran		Okara	
C/N	22 : 1		5 : 1	
Moisture	45%	50%	55%	60%
	<b>Rice bran (g)</b>			
quality (g)	533	462	391	320
C	509.8	441.9	374.0	306.1
N	23.2	20.1	17.0	13.9
	<b>Okara (g)</b>			
quality (g)	310	381	452	523
C	258.3	317.5	376.7	435.8
N	51.7	63.5	75.3	87.2

## (4). 尋找最適的發酵條件

- 發酵時間：0, 48, 60, 72小時

## (5). 發酵物機能性分析

- 活性指標：菌數、乳酸、還原糖
- 機能性指標：抗營養因子、抗菌力、代謝體、菌相分析

## (2). 依水分%調整發酵物組成 (45-60%)

Component	Moisture content			
	45%	50%	55%	60%
Rice bran (g)	533	462	391	320
Okara (g)	310	381	452	523
Protease (g)	2	2	2	2
Yeast (g)	5	5	5	5
Probiotics (ml)	50	50	50	50
Molasses(g)	100	100	100	100
NSPase* (g)	2	2	2	2
Water (ml)	0	0	0	0
<b>Total gram</b>	1000	1000	1000	1000

## (3). 添加益生菌與NSPase於發酵物中

- 嗜酸乳桿菌、唾液乳桿菌和德氏乳桿菌

- VemoZyme® 1002：20,000 U/g 木聚醣酶、450U/g 葡聚醣酶、1,350U/g 纖維酵素、甘露聚醣酶、α-半乳糖苷酶

## 2.對肉雞生長性能、腸道菌相的影響

### 試驗設計：

肉雞採籠飼，依體重逢機分成4個處理組：

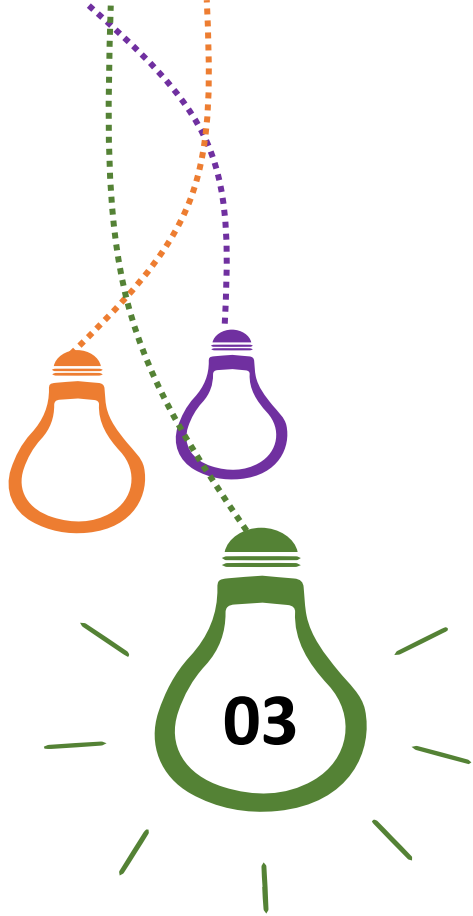
- (1) 對照組
- (2) 1.25%豆渣和米糠發酵物外加處理組
- (3) 2.5%豆渣和米糠發酵物外加處理組
- (4) 5%豆渣和米糠發酵物外加處理組

### 飼養條件：

- 試驗期35日。
- 每組7重複(籠)，每籠4隻雞，共112隻雞。
- 實驗的第4天和第14天給予新城雞瘟和雞傳染性支氣管炎疫苗。

### 分析項目：

- 每週測量採食量、體重以及飼料轉換率。
- 第21天和35天，收集雞隻血液進行血液生化分析(丙胺酸轉胺酵素、天門冬胺酸轉胺酵素、總蛋白、白蛋白、血糖)、抗體力價分析(新城雞瘟與雞傳染性支氣管炎)。
- 第35天收集雞隻的迴腸內容物進行腸道絨毛與隱窩深度分析、代謝體分析以及腸道菌相分析。



## 研究成果



# 1.最佳化豆渣與米糠之發酵條件

# 1-1.最佳化豆渣與米糠之發酵條件

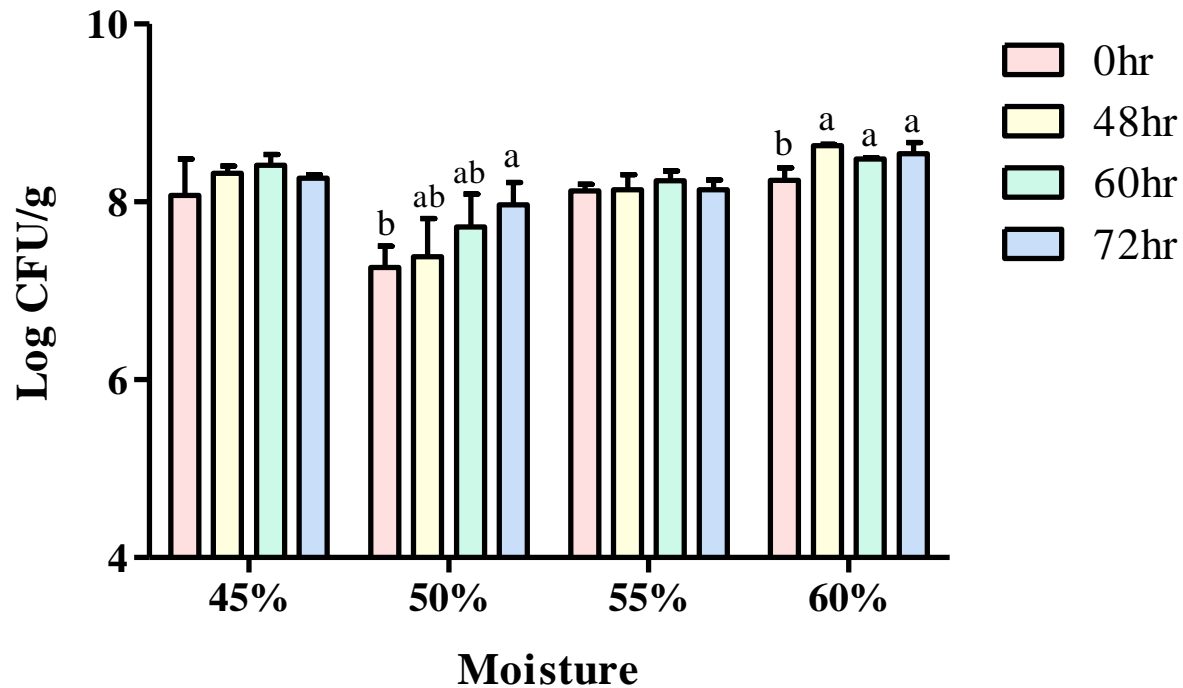


圖1、不同起始水分與發酵時間對豆渣與米糠發酵物中乳酸菌數的影響。

# 1-1.最佳化豆渣與米糠之發酵條件

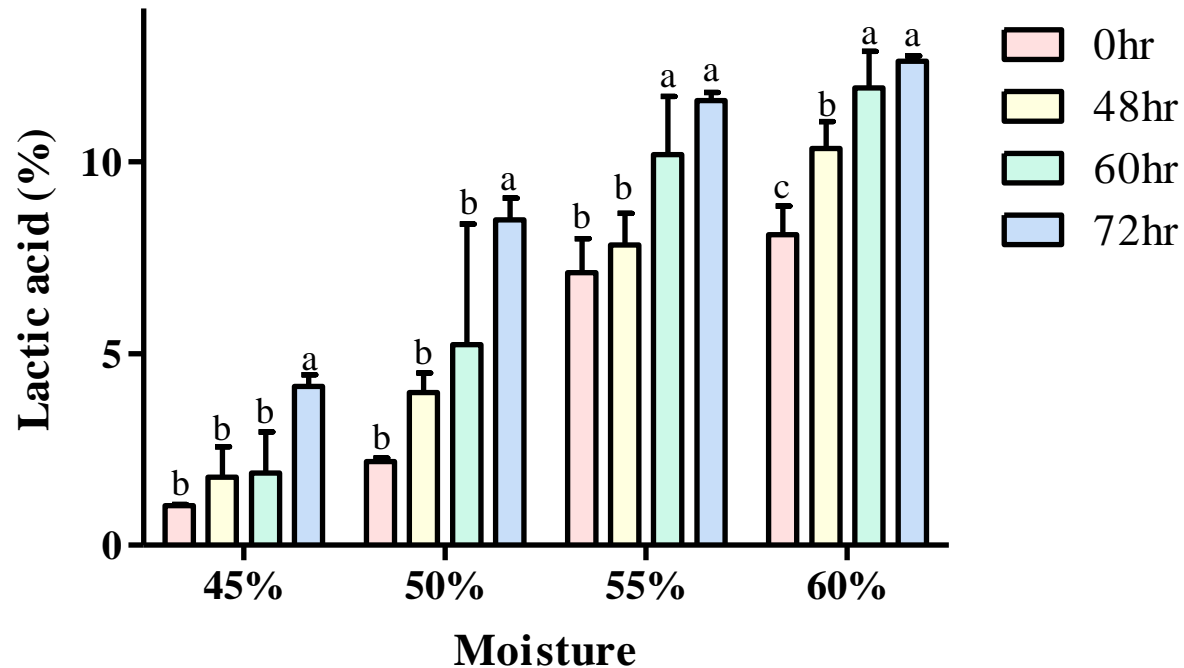


圖2、不同起始水分與發酵時間對豆渣與米糠發酵物中乳酸含量的影響。



# 1-1.最佳化豆渣與米糠之發酵條件

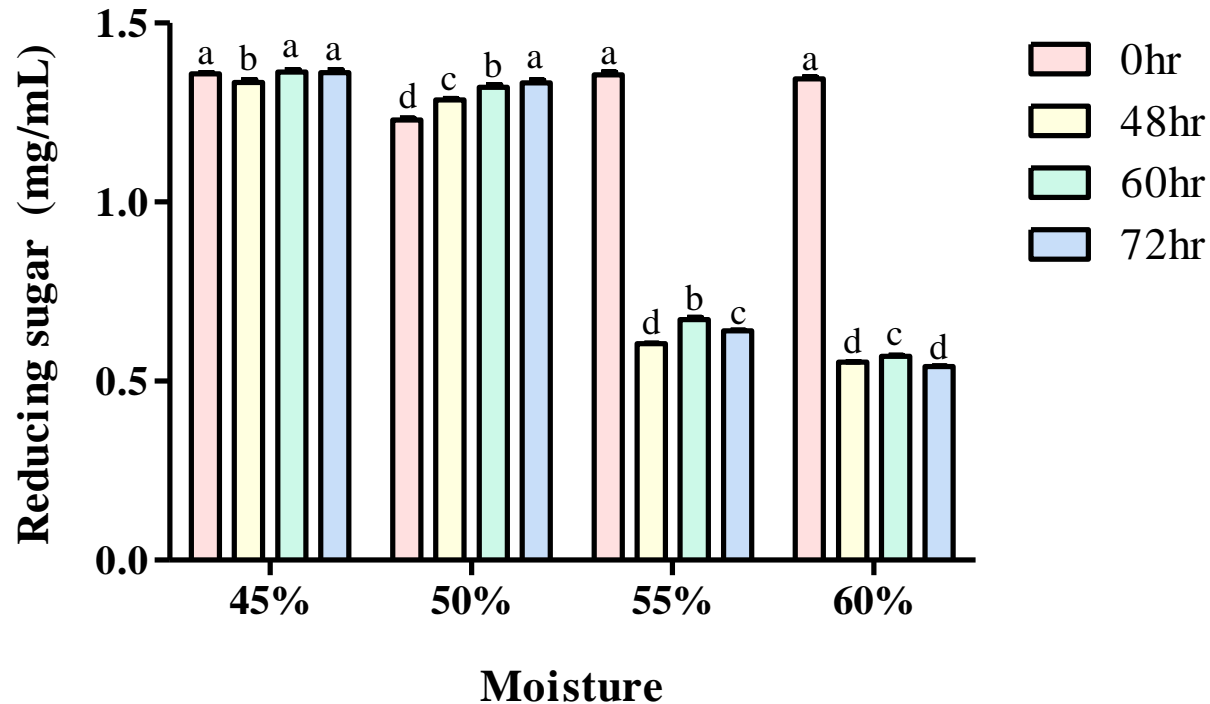


圖3、不同起始水分與發酵時間對豆渣與米糠發酵物中還原糖含量的影響。

# 1-1.最佳化豆渣與米糠之發酵條件

## 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*)

## 1-2. 發酵物抗營養因子分析

# 1-2. 發酵物抗營養因子分析

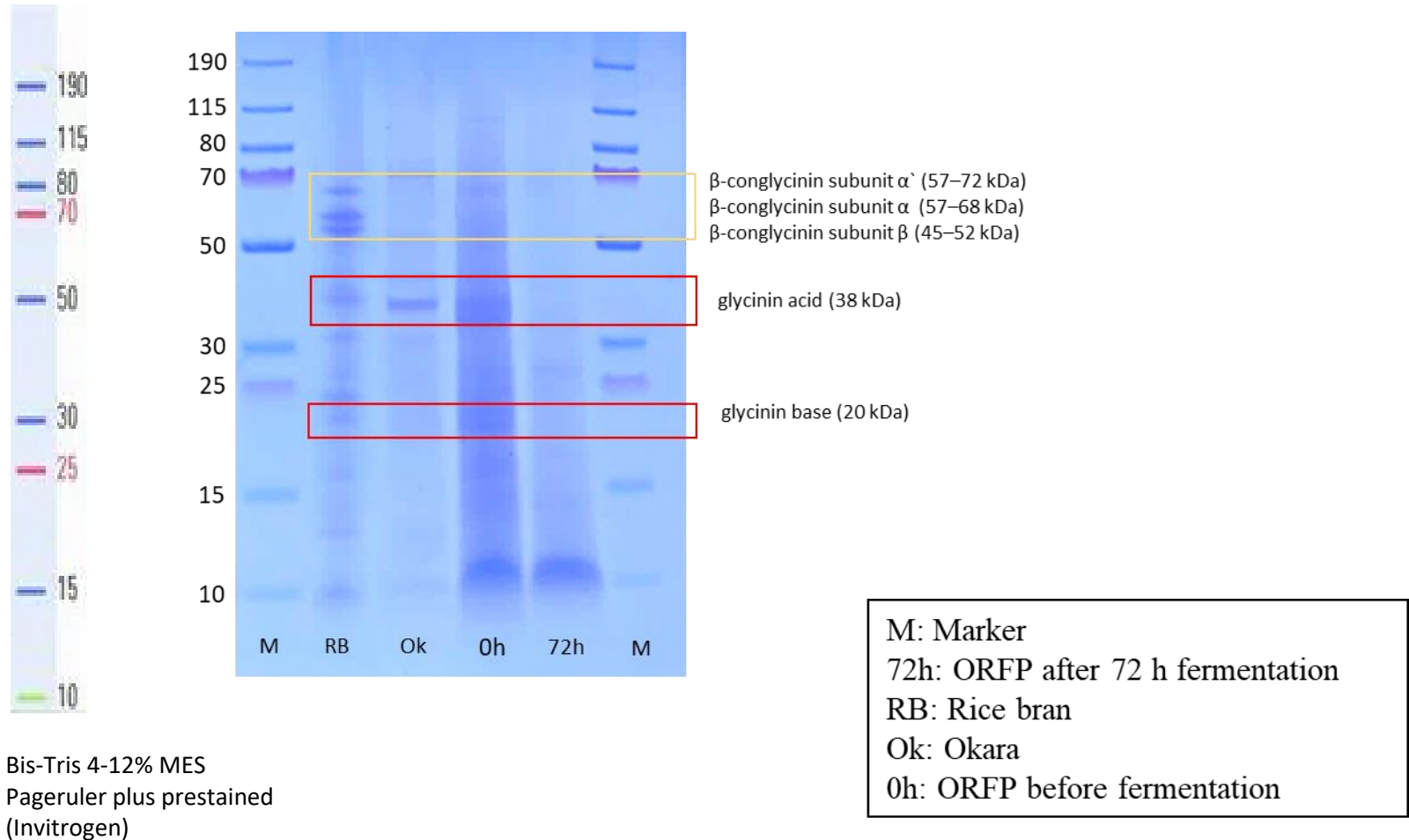


圖4、菌酶固態發酵對豆渣與米糠中抗營養因子含量的影響。

## 1-3. 發酵物微生物組分析

# 1-3. 發酵物微生物群分析：文氏圖

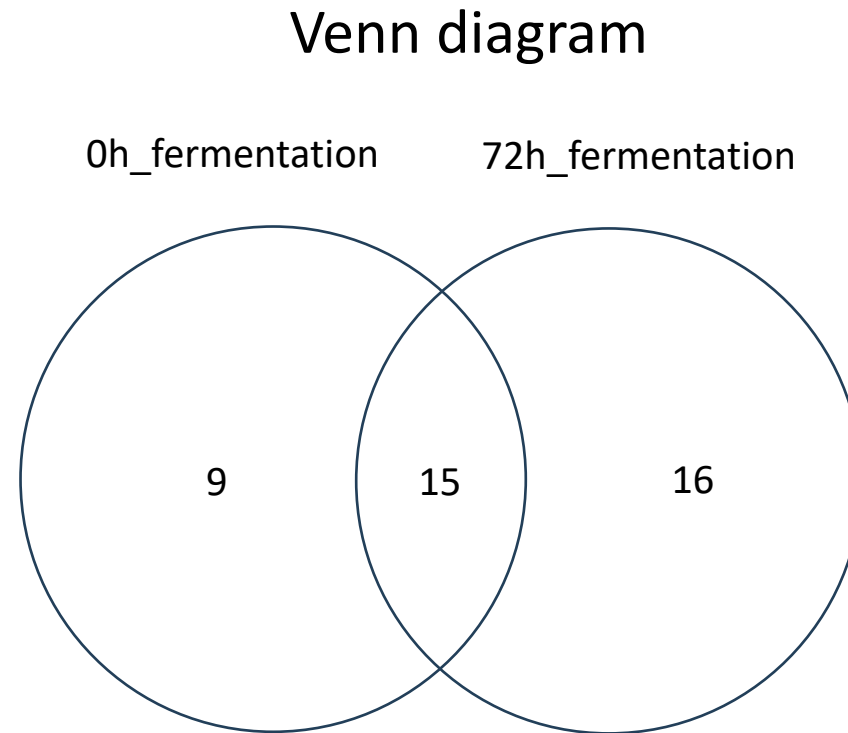


圖6、豆渣與米糠於發酵前後之文氏圖分析。

# 1-3. 發酵物微生物群分析：Alpha多樣性

表2、豆渣與米糠於發酵前後之微生物組Alpha多樣性分析。

Item	Treatment		SEM	P-value
	s0	s72		
Chao1	12.50	10.50	0.71	0.172
Fisher alpha	1.42 <sup>a</sup>	0.91 <sup>b</sup>	0.12	0.014
Shannon	1.16 <sup>a</sup>	0.08 <sup>b</sup>	0.20	<0.001
Simpson	0.59 <sup>a</sup>	0.02 <sup>b</sup>	0.11	<0.001

$\alpha$ 多樣性：衡量樣本內微生物組成多樣性。

Chao1：估算樣本中的OUT數目。

Fisher alpha：多樣性特徵值。

Shannon, Simpson：估算樣品中微生物的多樣性指數，數值越大多樣性越高。

# 1-3. 發酵物微生物群分析：Beta多樣性

Beta多樣性：衡量樣本間微生物組成相似性指標

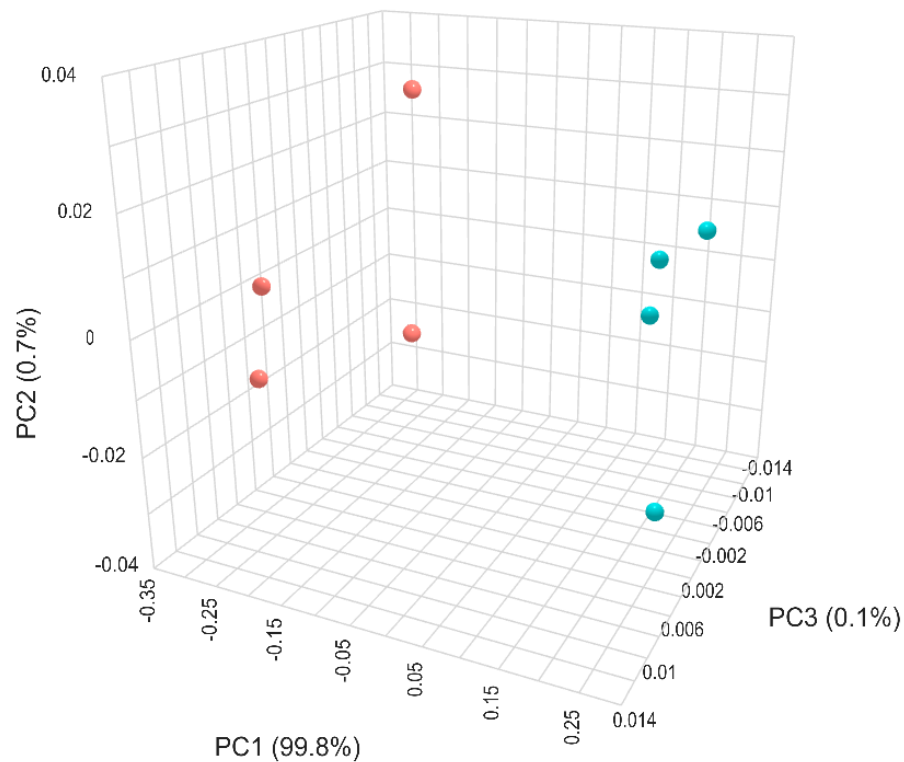


圖7、豆渣與米糠於發酵前後之微生物組Beta多樣性分析。



# 1-3. 發酵物微生物群分析：豐富度分析（科）

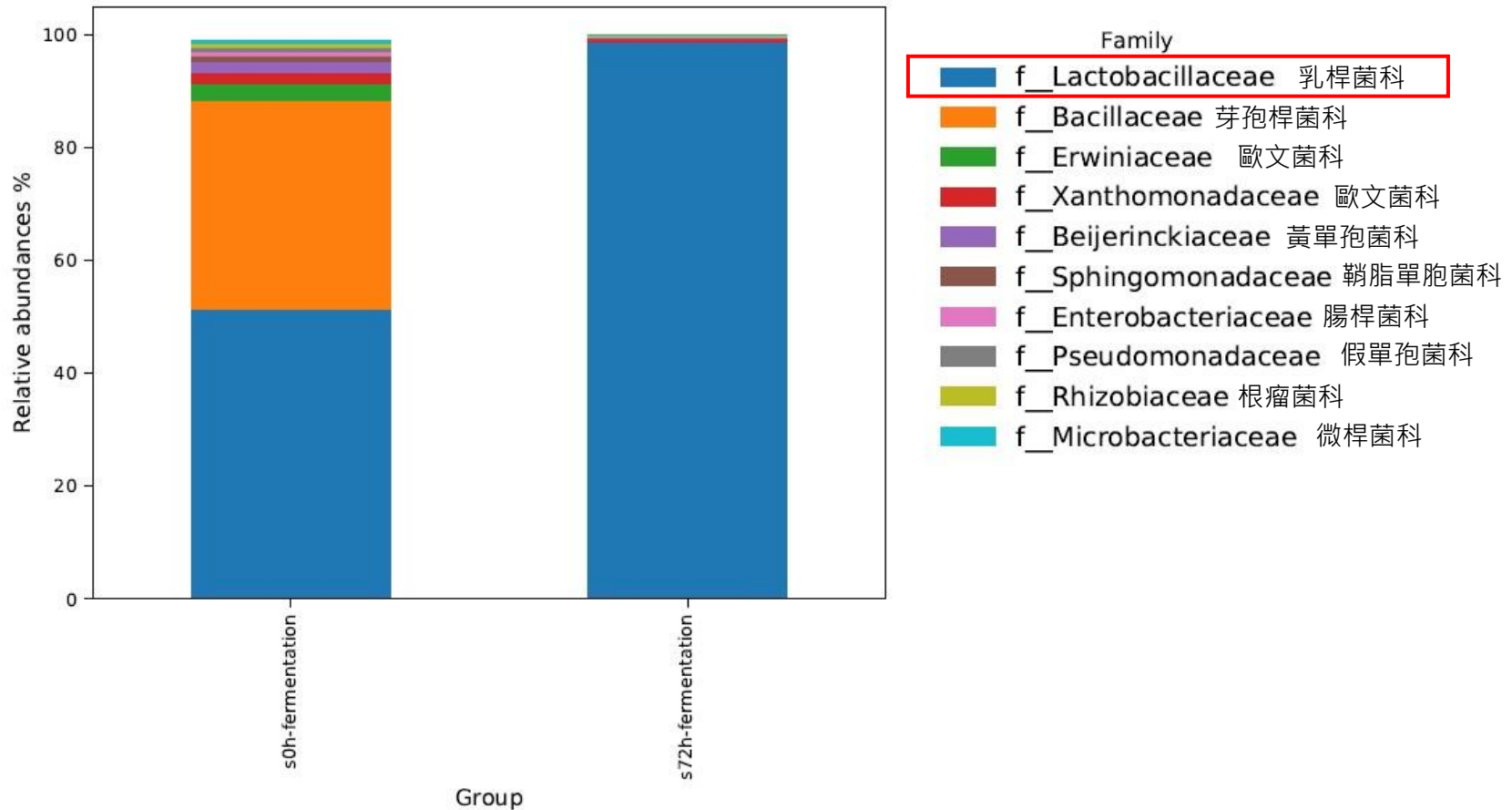


圖8、豆渣與米糠於發酵前後之微生物組豐富度分析(科層級)。

# 1-3. 發酵物微生物群分析：豐富度分析（屬）

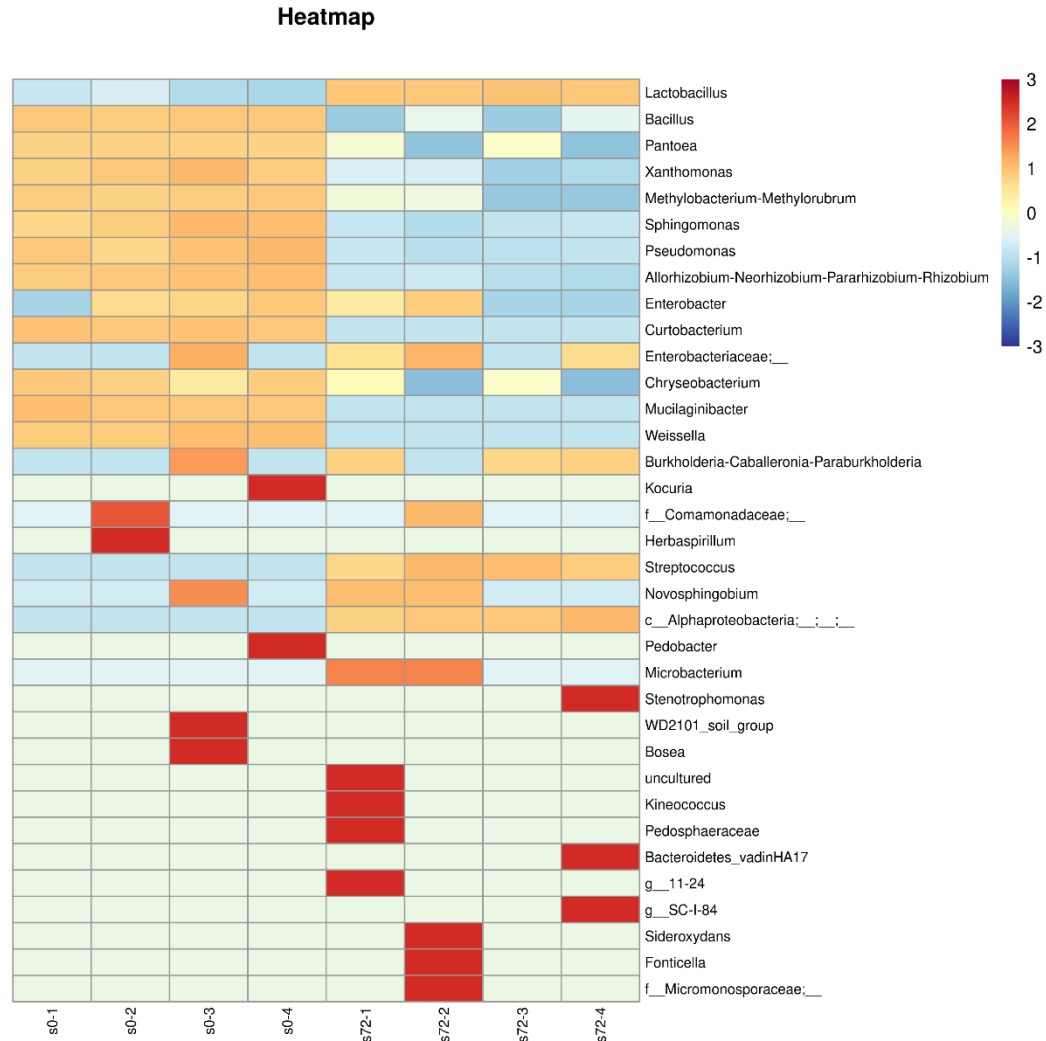


圖9、豆渣與米糠於發酵前後之微生物組熱圖分析(屬層級)。

# 1-3. 發酵物微生物群分析：豐富度分析 (屬)

表3、豆渣與米糠於發酵前後之微生物組成分析(屬層級)。

Level	Treatment		SEM	P-value	
	s-0	s-72			
<b>Phylum (%)</b>					
Firmicutes	後壁菌門：能分解脂肪、蛋白質和碳水化合物	88.43 <sup>b</sup>	98.79 <sup>a</sup>	0.02	<0.001
Bacteroidetes	擬桿菌門：發酵纖維、製造短鏈脂肪酸	0.55 <sup>a</sup>	0.02 <sup>b</sup>	<0.01	0.002
<b>Genus (%)</b>					
<i>Lactobacillus</i>	乳桿菌屬：養分吸收、腸道健康、抗生活性等	51.24 <sup>b</sup>	98.74 <sup>a</sup>	0.09	<0.001
<i>Bacillus</i>	芽孢桿菌屬：具抗生活性、強化免疫力	37.02 <sup>a</sup>	0.01 <sup>b</sup>	0.07	<0.001
<i>Pantoea</i>	泛菌屬	3.12 <sup>a</sup>	0.02 <sup>b</sup>	0.01	<0.001
<i>Xanthomonas</i>	黃單胞菌屬：具抗生活性	1.93 <sup>a</sup>	0.50 <sup>b</sup>	<0.01	<0.001
<i>Methylobacterium</i>	甲基桿菌屬	2.02 <sup>a</sup>	0.001 <sup>b</sup>	<0.01	<0.001
<i>Sphingomonas</i>	鞘氨醇單胞菌屬	0.91 <sup>a</sup>	0.10 <sup>b</sup>	<0.01	<0.001
<i>Pseudomonas</i>	假單胞菌屬	0.81 <sup>a</sup>	0.03 <sup>b</sup>	<0.01	<0.001
<i>Rhizobium</i>	根瘤菌屬	0.77 <sup>a</sup>	0.07 <sup>b</sup>	<0.01	<0.001
<i>Enterobacter</i>	腸桿菌屬：抗菌作用、改善腸道菌相	0.50	0.21	<0.01	0.373
<i>Curtobacterium</i>	短小桿菌屬	0.50 <sup>a</sup>	0 <sup>b</sup>	<0.01	<0.001
<i>Enterobacteriaceae</i>	腸桿菌屬	0.16	0.14	<0.01	0.917
<i>Chryseobacterium</i>	金黃桿菌屬	0.26 <sup>a</sup>	0.01 <sup>b</sup>	<0.01	0.012
<i>Mucilaginibacter</i>	多糖黏液桿菌屬	0.26 <sup>a</sup>	0 <sup>b</sup>	<0.01	<0.001
<i>Weissella</i>	魏斯氏菌屬	0.16 <sup>a</sup>	0 <sup>b</sup>	<0.01	0.003
<i>Burkholderia-Caballeronia</i>	伯克氏菌屬	0.07	0.02	<0.01	0.534

# 1-3. 發酵物微生物群分析：KEGG

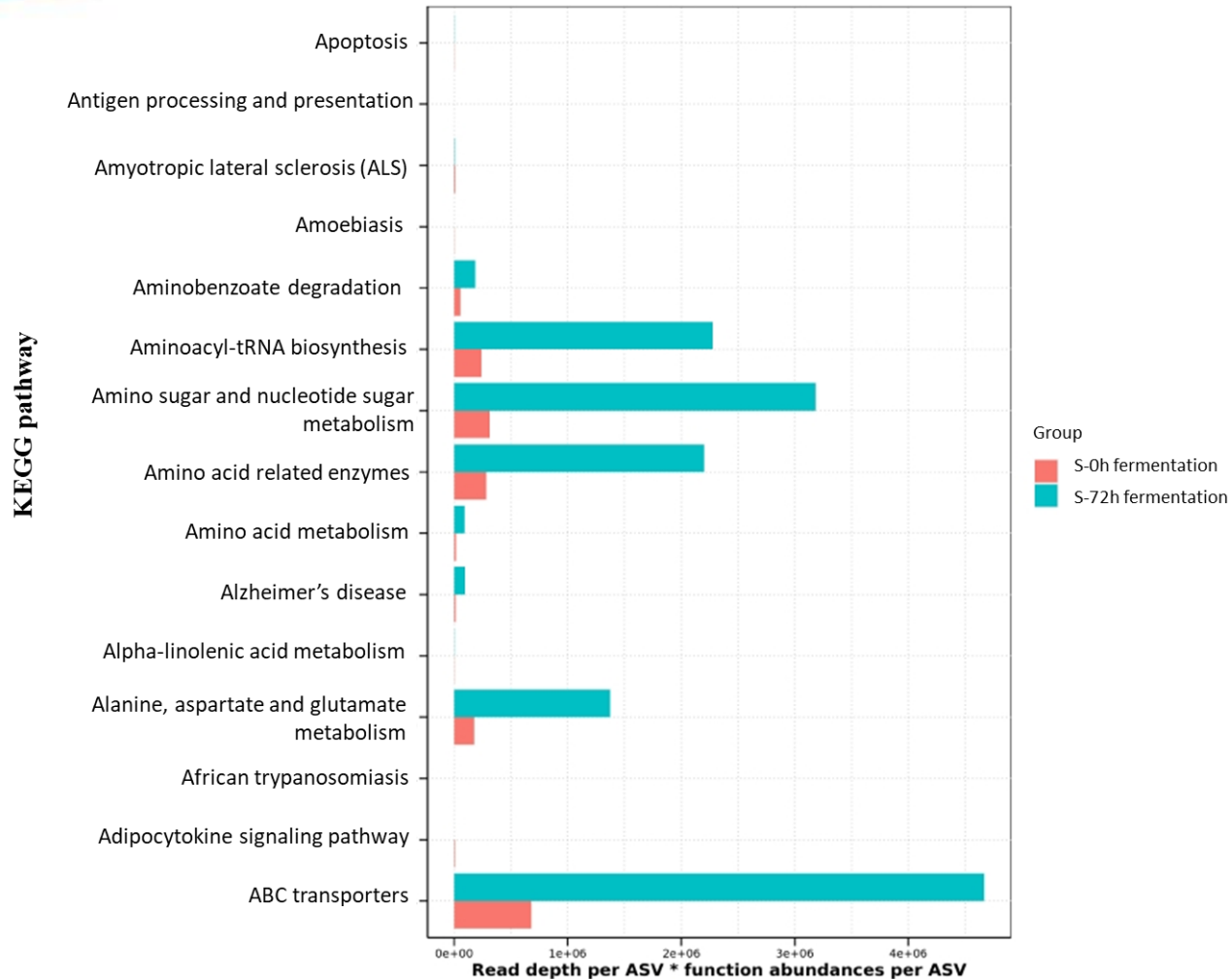


圖10、豆渣與米糠於發酵前後之微生物組KEGG分析。

# 1-3. 發酵物微生物群分析：菌群功能分析

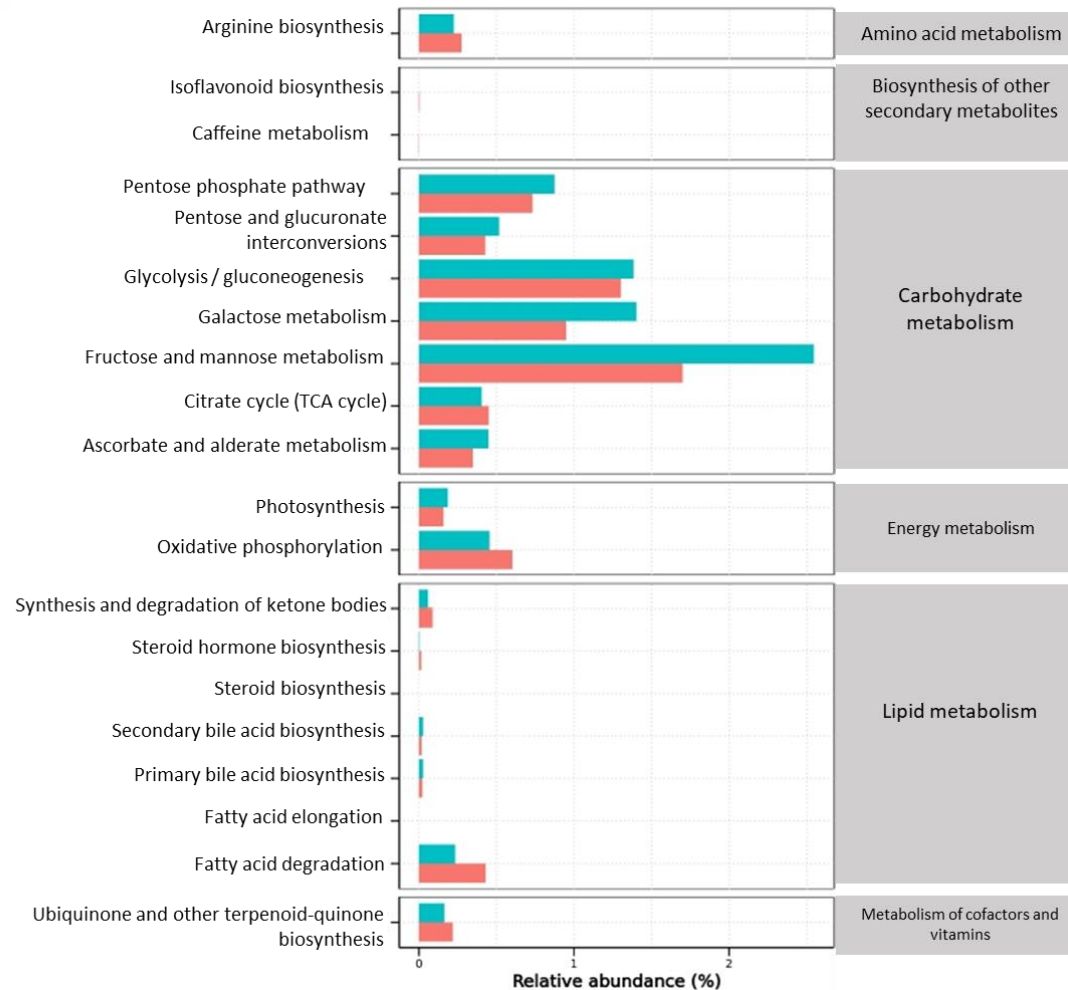


圖11、豆渣與米糠於發酵前後之微生物組營養代謝功能預測分析。

## 1-4. 發酵物微生物組分析

# 1-4. 發酵物代謝體分析

表4、發酵豆渣與米糠之差異代謝體分析。

Metabolites	<i>P</i> -value
Purine metabolism	0.00598
Arginine and proline metabolism	0.0064
Glycine, serine and threonine metabolism	0.0497
Tryptophan metabolism	0.0733
Valine, leucine and isoleucine biosynthesis	0.0853
Sulfur metabolism	0.0853
Caffeine metabolism	0.105
Biotin metabolism	0.105
Arginine biosynthesis	0.145
Steroid hormone biosynthesis	0.249
Glycerophospholipid metabolism	0.333
Pyrimidine metabolism	0.355
Arachidonic acid metabolism	0.391

# 1-4. 發酵物代謝體分析

## (1) 嘌呤代謝(purine metabolism)：

- 影響腸內微生物的生長環境和消化酶的活性，對於微生物群落的組成以及營養物質的分解和吸收相當重要。參與細胞能量的產生，對於維持消化道細胞的正常功能發揮重要作用。

## (2) 精胺酸和脯胺酸代謝(arginine and proline metabolism)：

- 精胺酸是一氧化氮的前驅物，有助於維持腸道血流和氧供，並調節腸道運動性和血液循環。也是重要的免疫調節因子，能夠調控腸道細胞的炎症反應。
- 脯胺酸在腸道受壓力情況下（如炎症或脫水）保護細胞不受損傷，並促進細胞修復和再生。

## (3) 甘胺酸、絲胺酸和羥丁胺酸代謝 (glycine, serine and threonine metabolism)：

- 甘胺酸作為神經遞質，對調節腸道運動性和分泌作用非常重要。
- 絲胺酸和羥丁胺酸則對腸道結構和功能的維持扮演關鍵角色。



## 2. 評估豆渣與米糠發酵物對肉雞生長性能、腸道健康之影響

## 2-1.豆渣與米糠發酵物對肉雞 生長性能之影響

## 2-1.豆渣與米糠發酵物對肉雞生長性能之影響

表4、發酵豆渣與米糠對肉雞生長五週內的平均體重與平均日採食量之影響。

Items	CTRL		FOR1.25		FOR2.5		FOR5.0		P-value <sup>1</sup>
	Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM	
<b>Body weight (g)</b>									
1d	46.64	0.30	45.82	0.54	46.02	0.18	45.38	0.29	0.5270
7d	144.37 <sup>ab</sup>	2.81	140.28 <sup>b</sup>	1.94	149.9 <sup>a</sup>	2.01	145.93 <sup>ab</sup>	2.29	0.0500
14d	1689.28	29.86	1678.00	23.77	1635.28	51.82	1696.42	17.08	0.5750
21d	3249.21	61.48	3119.57	41.81	3245.50	100.10	3347.35	36.26	0.1310
28d	1476.23	30.04	1338.40	21.58	1473.36	18.71	1473.36	18.71	0.4980
35d	2211.40	46.31	1966.47	38.92	2204.98	23.42	2149.08	23.42	0.6400
<b>Average daily intake (g)</b>									
1~7d	15.05 <sup>b</sup>	0.26	16.36 <sup>b</sup>	0.19	16.36 <sup>ab</sup>	0.19	17.63 <sup>a</sup>	0.38	0.0001
7~14d	42.57	0.68	42.93	0.70	40.58	1.12	43.34	0.52	0.4440
14~21d	76.69	2.23	77.86	3.24	79.60	1.50	77.60	1.25	0.0910
21~28d	125.75	6.49	139.75	15.88	131.56	3.24	130.77	4.84	0.7480
28~35d	147.35	12.26	124.39	2.09	131.56	2.31	151.14	11.38	0.1100
1~35d	94.60	3.85	89.40	3.54	91.39	1.42	92.20	3.06	0.2870

<sup>1</sup>Means of a row with no common superscript are significantly different ( $P < 0.05$ ).

## 2-1.豆渣與米糠發酵物對肉雞生長性能之影響

表5、發酵豆渣與米糠對肉雞生長五週內的平均日增重與飼料轉換效率之影響。

Items	CTRL		FOR1.25		FOR2.5		FOR5.0		P-value <sup>1</sup>
	Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM	
<b>Average daily gain (g/day)</b>									
1~7d	13.94	0.40	13.31	0.51	14.07	0.76	14.38	0.32	0.4610
7~14d	39.70	0.70	39.88	0.78	37.77	1.11	39.73	0.49	0.2350
14~21d	55.71 <sup>ab</sup>	2.14	51.11 <sup>b</sup>	1.35	59.82 <sup>a</sup>	1.35	58.96 <sup>a</sup>	0.96	0.0020
21~28d	94.85	2.97	79.79	1.82	81.12	11.73	106.00	15.31	0.2150
28~35d	105.23 <sup>a</sup>	4.55	89.72 <sup>b</sup>	3.48	102.48 <sup>ab</sup>	3.01	93.88 <sup>ab</sup>	1.72	0.0110
1~35d	61.41	1.06	54.86	2.83	61.60	0.84	56.84	3.02	0.1990
<b>FCR (feed/gain)</b>									
1~7d	1.08 <sup>b</sup>	0.04	1.23 <sup>ab</sup>	0.02	1.27 <sup>a</sup>	0.06	1.24 <sup>ab</sup>	0.02	0.0220
7~14d	1.07	0.01	1.09	0.01	1.07	0.01	1.09	0.01	0.9330
14~21d	1.38 <sup>ab</sup>	0.04	1.52 <sup>a</sup>	0.06	1.33 <sup>b</sup>	0.03	1.31 <sup>b</sup>	0.01	0.0040
21~28d	1.34	0.09	1.58	0.55	1.47	0.03	1.32	0.10	0.0700
28~35d	1.39	0.06	1.40	0.04	1.30	0.05	1.62	0.14	0.0670
1~35d	1.53	0.03	1.62	0.05	1.48	0.14	1.64	0.09	0.1980

<sup>1</sup>Means of a row with no common superscript are significantly different ( $P < 0.05$ ).

## 2-2.豆渣與米糠發酵物對肉雞 血清抗體力價之影響

## 2-2.豆渣與米糠發酵物對肉雞血清抗體力價之影響

表6、發酵豆渣與米糠對肉雞新城雞瘟與傳染性支氣管炎血清抗體力價之影響。

Items	CTRL		FOR1.25		FOR2.5		FOR5.0		P-value
	Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM	
<b>ND<sup>1</sup></b>									
21d	8.57	1.36	8.28	2.15	6.57	1.78	4.85	1.14	0.3777
35d	6.57	4.26	8.14	4.47	3.71	1.17	2.42	0.43	0.5694
<b>IB<sup>2</sup></b>									
21d	46.71	14.07	57.85	10.82	186.00	120.07	44.85	11.20	0.3113
35d	200.28	26.42	224.71	96.20	218.28	78.14	378.71	158.98	0.5827

<sup>1</sup>Newcastle disease

<sup>2</sup>Avian infectious bronchitis

## 2-3.豆渣與米糠發酵物對肉雞 血液生化之影響

## 2-3.豆渣與米糠發酵物對肉雞血液生化之影響

表7、發酵豆渣與米糠對肉雞血液生化之影響。

Items	CTRL		FOR1.25		FOR2.5		FOR5.0		P-value <sup>1</sup>
	Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM	
ALB (g/dL) <sup>2</sup>									
21d	1.10	0.05	1.07	0.03	1.15	0.03	1.17	0.05	0.3225
35d	1.28	0.08	1.18	0.08	1.12	0.11	1.31	0.01	0.3440
GOT (U/L) <sup>3</sup>									
21d	234.42	18.15	215.12	13.98	190.28	4.30	198.00	6.14	0.0729
35d	456.57	60.15	426.00	53.97	540.14	71.98	441.71	41.05	0.5200
GLU (mg/dL) <sup>4</sup>									
21d	320.71	76.34	302.85	49.68	29.42	57.00	299.28	73.32	0.9135
35d	255.57 <sup>b</sup>	43.92	306.71 <sup>a</sup>	44.70	233.71 <sup>b</sup>	30.61	224.57 <sup>b</sup>	21.31	0.0014
TP (g/dL) <sup>5</sup>									
21d	2.37	0.08	2.34	0.08	2.48	0.07	2.62	0.14	0.1740
35d	3.68	0.45	3.75	0.57	4.25	0.56	3.01	0.14	0.3327

<sup>1</sup>Means of a row with no common superscript are significantly different ( $P < 0.05$ ).

<sup>2</sup>ALB: Albumin

<sup>3</sup>GOT: Glutamic-oxaloacetic transaminase

<sup>4</sup>GLU: Glucose

<sup>5</sup>TP: Total protein



## 2-4.豆渣與米糠發酵物對肉雞 腸道型態之影響

## 2-4.豆渣與米糠發酵物對肉雞腸道型態之影響

表8、發酵豆渣與米糠對肉雞21日齡腸道型態之影響。

21 days Items	Control		FOR1.25		FOR 2.50		FOR 5.0		P-value <sup>1</sup>
	Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM	
Duodenum									
Villus height (µm)	1265.87	110.10	1238.40	137.23	1657.99	52.36	1361.18	190.58	0.0740
Crypt depth (µm)	184.84	26.38	173.17	43.13	187.03	71.23	173.62	72.15	0.9660
Villus height/Crypt depth	7.75	1.38	7.54	1.10	9.73	1.07	8.65	2.08	0.6400
Jejunum									
Villus height (µm)	819.28	115.62	921.43	102.50	907.75	60.35	826.05	121.15	0.8460
Crypt depth (µm)	191.21	32.13	132.83	9.58	179.23	13.13	155.78	12.22	0.1650
Villus height/Crypt depth	5.05	1.22	7.03	0.75	5.21	0.47	5.51	0.97	0.4010
Ileum									
Villus height (µm)	604.56	58.29	658.59	68.59	737.19	44.21	762.38	55.18	0.225
Crypt depth (µm)	218.86 <sup>a</sup>	21.30	143.36 <sup>b</sup>	8.07	164.27 <sup>b</sup>	10.22	149.59 <sup>b</sup>	5.22	0.001
Villus height/Crypt depth	2.92 <sup>b</sup>	0.41	4.59 <sup>a</sup>	0.39	4.57 <sup>ab</sup>	0.38	5.21 <sup>ab</sup>	0.52	0.006

<sup>1</sup>Means of a row with no common superscript are significantly different ( $P < 0.05$ ).

## 2-4.豆渣與米糠發酵物對肉雞腸道型態之影響

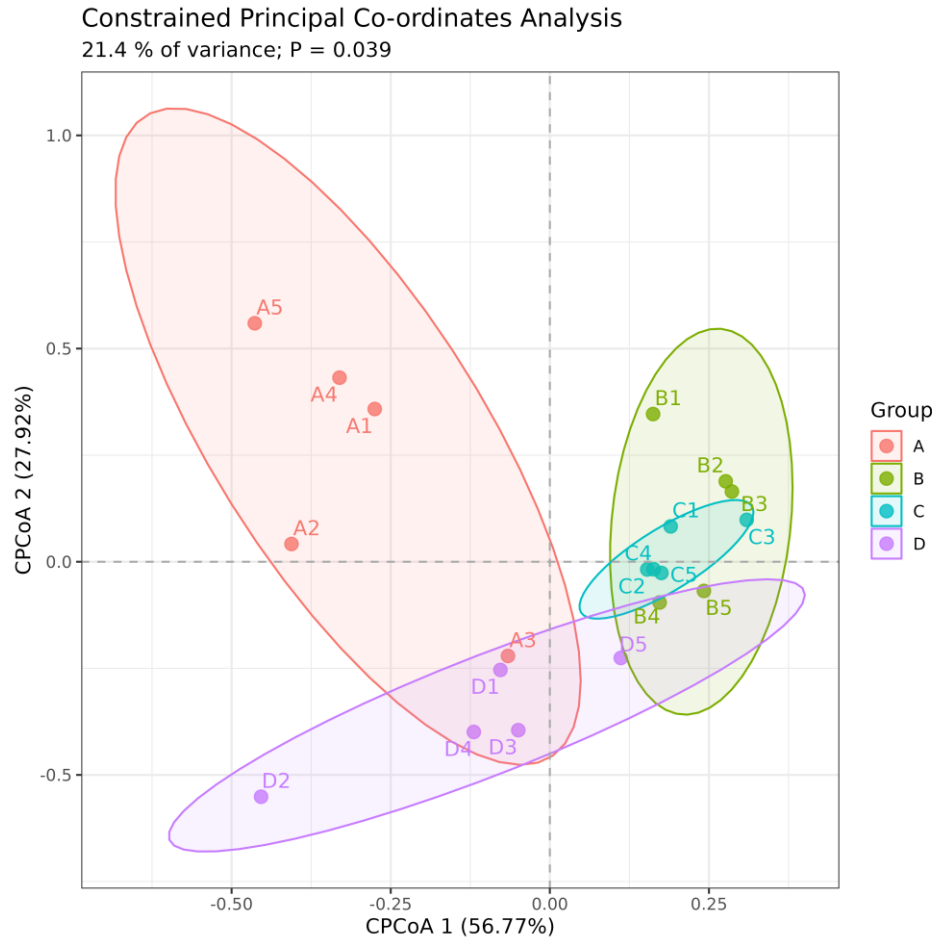
表9、發酵豆渣與米糠對肉雞35日齡腸道型態之影響。

35 days Items	Control		FOR1.25		FOR 2.50		FOR 5.0		P-value <sup>1</sup>
	Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM	Mean	SEM	
Duodenum									
Villus height (µm)	1444.11	112.69	1321.44	138.41	1519.51	110.85	1650.73	97.07	0.2610
Crypt depth (µm)	184.84	16.30	173.17	16.30	187.03	26.92	173.62	27.27	0.9660
Villus height/Crypt depth	8.52	1.18	7.69	0.61	8.65	0.80	10.32	1.09	0.2840
Jejunum									
Villus height (µm)	989.65	98.55	798.38	90.61	1019.01	83.19	1069.04	77.63	0.0970
Crypt depth (µm)	191.21	32.13	132.83	9.58	179.23	13.13	155.78	12.22	0.1650
Villus height/Crypt depth	5.54	0.41	6.18	0.48	5.71	0.40	7.16	0.87	0.2300
Ileum									
Villus height (µm)	849.43	52.93	682.17	48.88	908.58	68.29	877.63	57.03	0.2300
Crypt depth (µm)	218.86 <sup>a</sup>	21.30	143.36 <sup>b</sup>	8.07	161.78 <sup>ab</sup>	10.78	151.76 <sup>b</sup>	5.18	0.0010
Villus height/Crypt depth	4.02 <sup>b</sup>	0.32	4.83 <sup>ab</sup>	0.39	5.74 <sup>ab</sup>	0.48	5.87 <sup>a</sup>	0.54	0.0240

<sup>1</sup>Means of a row with no common superscript are significantly different ( $P < 0.05$ ).

## 2-5.豆渣與米糠發酵物對肉雞 腸道菌相之影響

## 2-5.豆渣與米糠發酵物對肉雞腸道菌相之影響



### 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。

A1-A5: CTRL

B1-B5: FOR 1.25%

C1-C5: FOR 2.5%

D1-D5: FOR 5.0%

圖12、豆渣與米糠發酵物對肉雞腸道微生物群主成分分析。

## 2-5.豆渣與米糠發酵物對肉雞腸道菌相之影響

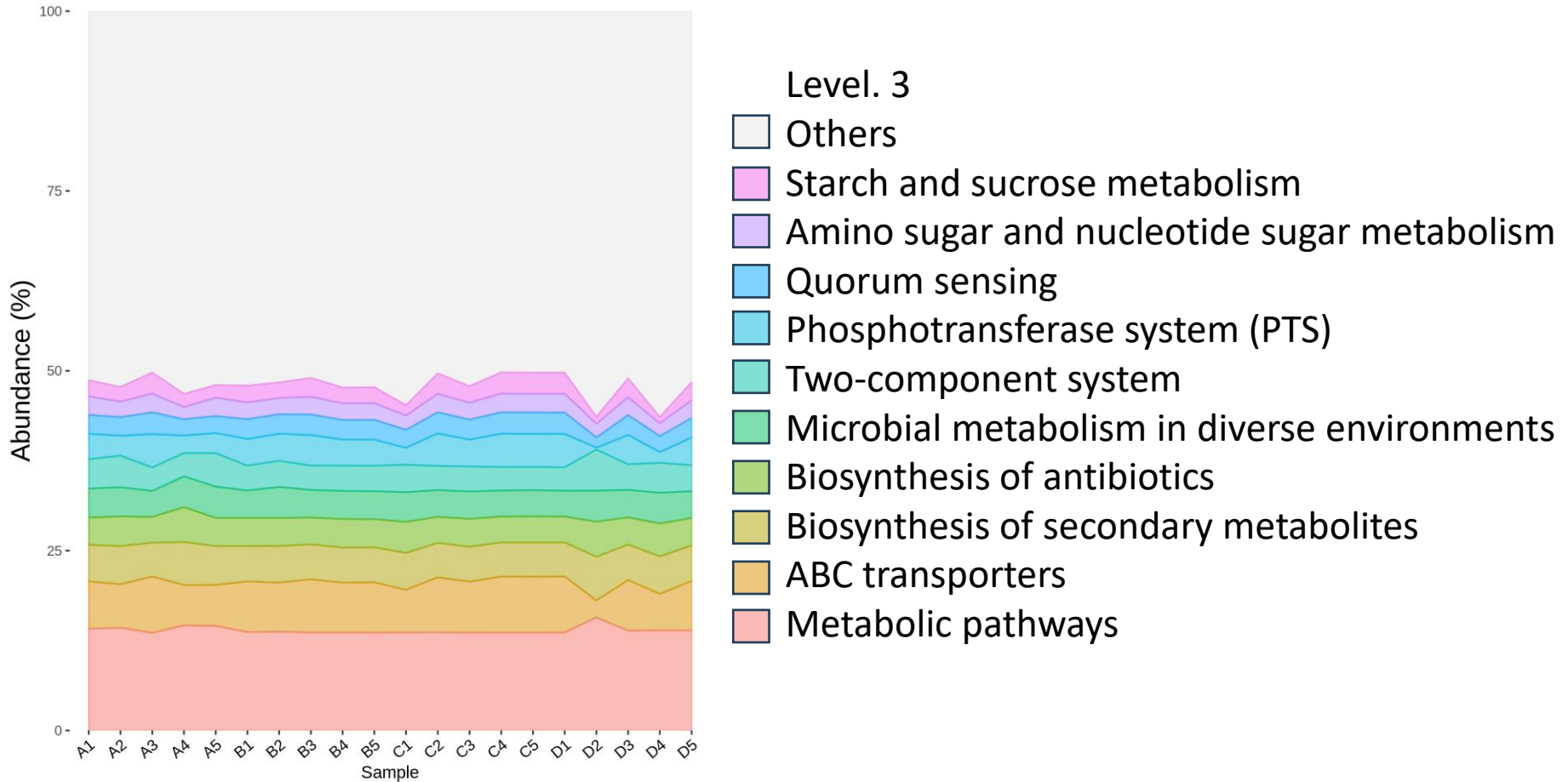


圖13、豆渣與米糠發酵物對肉雞腸道微生物群之KEGG分析。

## 2-5.豆渣與米糠發酵物對肉雞腸道菌相之影響

- Others
- Starch and sucrose metabolism (澱粉與蔗糖代謝)
- Amino sugar and nucleotide sugar metabolism (氨基醣與核醣代謝)
- Quorum sensing (群體感應)：細菌感應群體之行為表現，如基因轉錄或生物模形成。
- Phosphotransferase system (磷酸轉移酶系統)：幫助細菌利用與運輸碳源
- Two-component system (兩組件系統)：允許細胞感應和響應環境的變化(生存和繁衍)
- Microbial metabolism in diverse environments (不同環境中的微生物代謝)
- Biosynthesis of antibiotics (抗生素合成)
- Biosynthesis of secondary metabolites (次級代謝物)：防禦或生態適應
- ABC transporters (ATP Binding Cassette 運輸系統)：使用ATP來驅動物質跨膜運輸
- Metabolic pathways (代謝途徑)

## 2-6.豆渣與米糠發酵物對肉雞 腸道代謝體之影響



## 2-6.豆渣與米糠發酵物對肉雞腸道代謝體之影響

表10、發酵豆渣與米糠之差異代謝體分析。

Items	<i>P</i> value
FOR1.25	
Valine, leucine and isoleucine biosynthesis	0.0155
Taurine and hypotaurine metabolism	0.0155
Valine, leucine and isoleucine degradation	0.0742
Tryptophan metabolism	0.0779
Primary bile acid biosynthesis	0.0871
FOR2.5	
Valine, leucine and isoleucine biosynthesis	0.0258
Taurine and hypotaurine metabolism	0.0258
Starch and sucrose metabolism	0.0572
Biosynthesis of unsaturated fatty acids	0.112
Valine, leucine and isoleucine degradation	0.121
Arachidonic acid metabolism	0.135
Primary bile acid biosynthesis	0.141
FOR5.0	
Linoleic acid metabolism	0.00649
Glycine, serine and threonine metabolism	0.0424
Arginine and proline metabolism	0.0463
Biosynthesis of unsaturated fatty acids	0.0463

## 2-6.豆渣與米糠發酵物對肉雞腸道代謝體之影響

### (1) 不飽和脂肪酸生物合成 (biosynthesis of unsaturated fatty acids) :

- 含有雙鍵，可讓細胞膜保持必要的流動性，有助於細胞功能和物質交換。也是製造涉及炎症反應的前列腺素和白三烯等物質的基礎，對免疫反應和腸道健康重要。

### (2) 亞麻油酸代謝 (linoleic acid metabolism) :

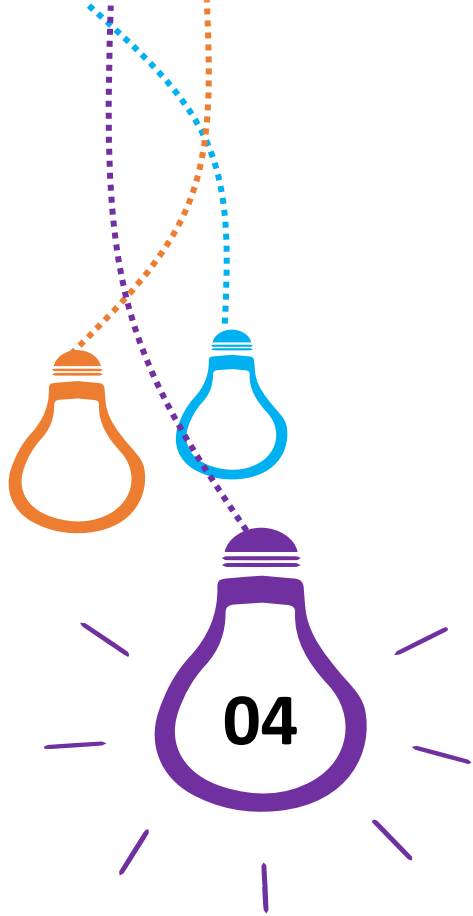
- 合成炎症調節分子如前列腺素和白三烯的 $\omega$ -6多不飽和脂肪酸，對腸道免疫和炎症反應調節至關重要。

### (3) 支鏈氨基酸生物合成 (valine, leucine and isoleucine biosynthesis) :

- 涉及蛋白質合成、細胞功能及葡萄糖代謝，對腸黏膜完整性及細胞修復重要。

### (4) 牛磺酸和次牛磺酸代謝 (taurine and hypotaurine metabolism) :

- 含硫氨基酸，參與膽酸的形成，對脂肪消化和維持腸道細胞膜完整性重要。



## 成果效益



## 1. 最佳化豆渣與米糠之菌酶發酵條件：

- 乳酸菌能產生乳酸和短鏈脂肪酸等代謝產物，有助於維持腸道健康，抑制有害微生物，並增強免疫系統功能。
- 通過固態發酵，豆渣和米糠中的單糖和其他碳源被釋放，促進乳酸菌生長。乳酸菌將簡單糖類轉化為乳酸等代謝產物，從而降低原料中的還原糖含量，並能改善豆渣和米糠等發酵產品的口感與風味。
- 乳酸菌生產的有機酸，如乳酸，既能作為天然防腐劑延長產品保存期(有效抑制雜菌生長)，又能為飼料或食品增添獨特酸味，豐富其風味。
- 固態發酵中的微生物活動能降解和失活基質原料中的抗營養因子，提高農業副產品作為飼料或食品原料的安全性和營養價值。

## 2. 評估豆渣與米糠發酵物對肉雞生長性能、腸道健康之影響：

- 透過發酵產製之發酵豆渣與米糠具替代飼料中少量豆粕與玉米之潛力，不僅有益於動物生長性能，並能進一步降低飼料之成本。
- 添加豆渣與米糠發酵物可顯著改善腸道型態。絨毛的健康是影響養分吸收的關鍵因素，較長的絨毛有較多成熟的上皮細胞與較大的表面積增加吸收能力
- 餵飼豆渣和米糠發酵物可以顯著改善腸道菌群結構。
- 餵飼豆渣與米糠發酵物可顯著提升腸道健康有益之代謝物，進一步為發酵食品對動物腸道健康的影響提供了有價值的見解。

## 3. 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1.25 ~ 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1.25% ~ 5%，每公噸飼料的添加成本介於112.5 ~ 450元之間。



# 謝謝聆聽

Thank you for your attention