

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高級中等學校組 農業與食品學科

佳作

052205

低氧處理對發芽米 GABA 含量的影響

學校名稱：臺中市立臺中女子高級中等學校

作者： 高二 程逸家 高二 蔡斯晴	指導老師： 謝金山
-------------------------	--------------

關鍵詞：發芽米、GABA

摘要

本研究探討發芽米在不同的低氧處理方式與條件下，對米內 GABA(γ -aminobutyrate acid)含量變化的影響。從茶葉 GABA 研究的報告中發現，經低氧處理再回氧重複多次能夠提升 GABA 含量。因此本研究透過帶殼、糙米、去胚糙米的材料，並以低氧與回氧交互處理，找出合適的處理方式與條件。首先，觀察不同發芽米經低氧處理後之 GABA 含量的變化，發現帶殼米的中 GABA 含量最高。接著我們以帶殼米為材料，調整低氧與回氧處理之時間點，發現帶殼米經 12 小時浸水加上回氧 2 小時再加上 12 小時浸水為最佳處理方式。最後，我們比較不同材料在真空和浸水處理後 GABA 含量的變化，並測定 GAD 酵素的活性變化。結果發現在真空環境下帶殼米 GABA 的含量最高，且 GABA 含量隨 GAD 酵素提升而增加，而隨後去殼會減少 20%的 GABA。

研究動機

近幾年老人失眠的問題日漸增加，除了壓力原因導致之外，其中在白天攝取過多的茶葉咖啡因也會有所影響，為了更了解如何幫助人睡，我們發現在各大健康雜誌同時報導一種具有促進睡眠、緩解壓力等功效的高 GABA(γ -aminobutyrate acid)含量茶品，名為佳葉龍茶。另有一種將茶和玄米混合製成的產品名為玄米茶，在得知發芽米粒中存在著 GABA 後，我們以此做為發想，於是開始研究如何提升米粒的 GABA 含量，期加上佳葉龍茶以產製高 GABA 含量之 GABA 玄米茶。在佳葉龍茶的製程中，除了以基本的低氧處理製造 GABA 茶，常會與有氧發酵交替作為提升 GABA 含量處理，因此我們想了解在使用不同米型之發芽米經相同模式的處理是否也會有相同的效果

壹、 研究目的

- 一、 探討去胚糙米、糙米、帶殼米，經低氧處理後 GABA 含量的變化情形。
- 二、 藉由調整回氧時間的順序，比較帶殼米中 GABA 含量的變化情形。
- 三、 藉由調整帶殼米回氧時間與低氧時間的先後順序，比較帶殼米 GABA 含量的變化

情形。

四、藉由將帶殼米脫殼後，檢視 GABA 含量主要分布的位置。

五、藉由製造真空環境，分析氧氣濃度對 GABA 含量變化的影響。

六、探討糙米與帶殼米在經浸水和真空處理後 GAD 酵素活性變化情形。

貳、 研究設備與器材

一、研究設備

		
HPLC	離心機	脫殼機
		
烘箱	生長箱	磨碎機
		
0.45 μ m 尼龍濾膜	微量吸管	真空包裝機



圖 1 研究實驗使用設備

二、研究材料

鄰苯二甲醛 (o-phthalaldehyde, *OPA*)、70%乙醇、 台南十一號米、3%次氯酸鈉 (NaClO)、KHPO₄(酵素緩衝液) 錯

參、 研究過程或方法

一、 文獻探討

(一). GABA

1. 簡介:

GABA(γ -aminobutyrate acid)是一種非蛋白胺基酸，在自然界中，組成蛋白質的氨基酸大部分為 α -胺基酸，然而 GABA 的胺基位於 γ 位置上。因其胺基的位置不同，其結構具彈性也賦予其高溶水性的特性。此外，其耐酸鹼、高溫、不易受熱破壞之特性，使其有利於食品加工之應用。

GABA 分布於動植物體內。在植物體內，在種子、根莖、組織液都含有 GABA 存在，可調節植物體內的碳氧代謝平衡與胞質 pH 值，保護植物免於逆境下氧化或防禦害蟲的危害，以維持植物正常生理功能。在動物體內，GABA 只存在於神經系統中，是人體神經傳導抑制劑，也是脊髓動物中樞神經和神經系統結合點的刺激性傳導物質。正常情況下，GABA 介質釋出後，刺激 GABA 受體開放，選擇性的讓氯離子通過，引起神經元過極化作用，抑制神經信號傳遞。目前 GABA 之功效已被廣泛研究，也被證實含有許多生

理功效，如：降低血壓、精神疾病改善、抗癌、降血糖等功能，因此近年來，GABA 成為廣泛研究目標。

2. GABA 的代謝路徑:

在植物體中，GABA 主要以名為 GABAshunt 的代謝途徑進行合成，過程中主要為將麩胺酸（glutamate）通過酵素轉換成 GABA，再經轉換達成形成琥珀酸（succinate）。GABA shunt 可分為三步驟進行，第一步為麩胺酸經麩胺酸脫羧酶(glutamate decarboxylase, GAD)作用轉變為 GABA，緊接著隨即透過 GABA 轉胺酶(GABA transaminase,GABA-T)轉變為琥珀酸半醛(succinic semialdehyde,SSA)，最後則是經由琥珀酸半醛脫氫酶(SSA dehydrogenase,SSADH)將琥珀酸半醛催化轉變為琥珀酸(succinate)並進入 TCA cycle 中。(如圖 2)

3. GABA 的作用機制

GABA 為主要在大腦合成之神經傳導抑制物質。GABA 之神經調節受體分為三種：GABAA、GABAB、GABAC。GABAA 及 GABAC 為離子通透性受體(ionotropic GABA receptor)，當其與 GABA 結合時，會促使氯離子(Cl⁻)通道打開，使氯離子流入細胞內，使細胞膜過極化(hyperpolarization)，達到抑制神經傳導之效果(Bormann et al., 1987)。生理活性上，GABAA 主要調節快速之抑制性突觸傳遞，可調節神經元之興奮及情緒上之急速轉換，因此被認為與癲癇、焦慮、緊張及壓力調節有關(Borden et al., 1994)。GABAB 則為代謝性受體(metabotropic GABA receptor)，為一種 G 蛋白耦合受體(G protein-linked receptor)，其通過增加細胞鉀離子(K⁺)之通透性及降低鈣離子(Ca²⁺)之通透性，進而抑制神經衝動(Bowery et al., 1989)。所以 GABAB 主要調節慢速之抑制傳遞，因此被認為與記憶、情緒及疼痛有關。

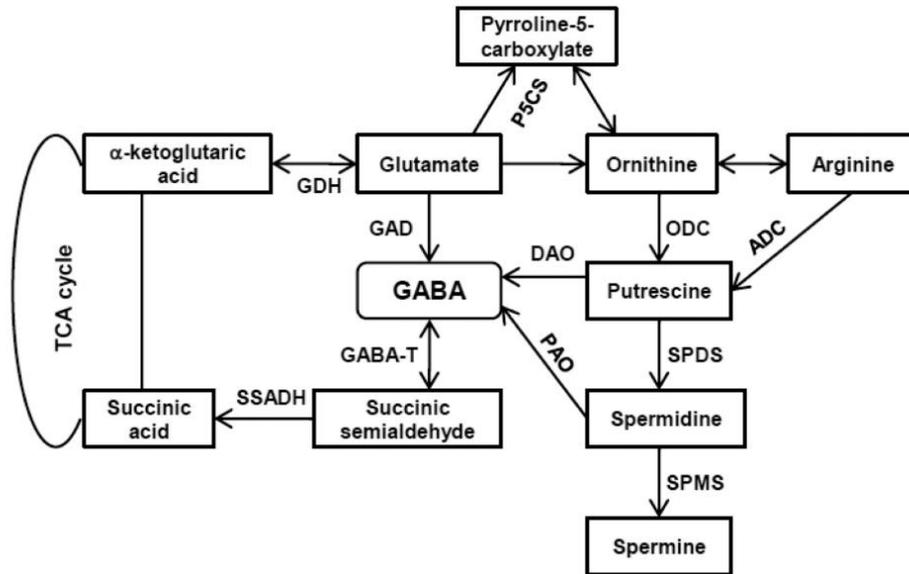


圖 2 GABA shunt 的代謝途徑 (Meldrum & Chapman, 1999)。

(二). 發芽米

1. 發芽米介紹

所謂發芽米主要是利用糙米之胚體經過浸泡與催芽，使稻胚萌出長約 0.05~0.1 公分之芽體，即為發芽米。

2. 營養成分

在發芽的時候，因休眠中的酵素開始活化，營養成分會高於白米(圖 3)，酵素會將大分子物質轉為讓嫩芽易利用的小分子物質，由這些小分子組成的新營養物質，不僅人體能較容易吸收，在口感方面，因堅硬外皮軟化後，更易於咀嚼因而提高發芽米的風味。

3. 功效

發芽米具有豐富的 GABA，因此具有降低血壓、精神疾病改善、抗癌、降血糖等功能除此之外發芽米也含有六磷肌酸醇 IP6，具有預防癌症、心血管疾病的效果，豐富食物纖維可預防便秘高血脂肪症與大腸癌症的發生，多種抗脂質氧化物質如阿魏酸、質酸、谷維素等可有效抑制黑色素生成，促進皮膚新陳代謝防止皮膚老化。

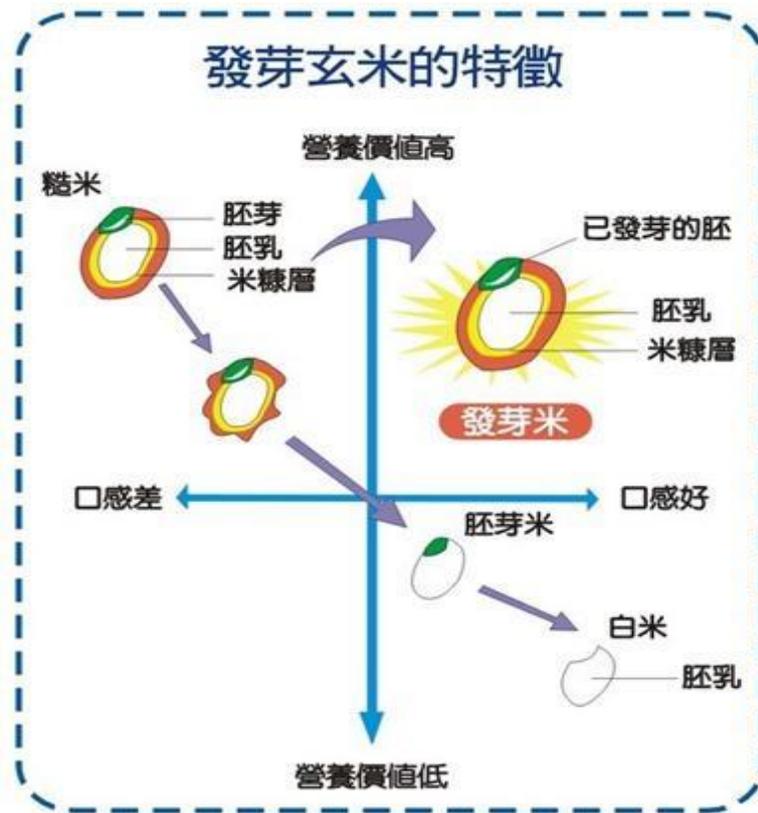


圖 3 發芽玄米的特徵

二、研究方法

(一). 水稻種子催芽與處理

1. 催芽方法

- (1). 消毒: 將 200g 的帶殼米泡入常溫水中，加入 3%次氯酸鈉(NaClO)靜置 15 分鐘。
- (2). 進行篩選，將浮在水面的米粒撈出。
- (3). 洗清: 反覆沖水至無次氯酸鈉的味道，分裝進培養皿，用水覆蓋至表層。
- (4). 為製造黑暗環境，先以鋁箔紙完整覆蓋培養皿，再放至 37° 度培養箱中 51 小時。

2. 揀選初白

- (1). 選出芽長約為 0.5mm-1mm 的發芽米。(如圖 4)



圖 4 芽長約為 0.5mm-1mm 的發芽米

(2). 將發芽米分裝至培養皿。

(二). 實驗變因

1. 不同米型態對發芽米低氧處理的影響

(1). 將米處理為發芽帶殼米,發芽糙米,去胚糙米

A. 發芽帶殼米：取出經製備後的帶殼米 4*3 克。

B. 發芽糙米：取出經製備後的帶殼米 4*3 克放入脫殼機脫殼。

C. 去胚糙米：取糙米 4*3 克去胚。



A.

B.

C.

圖 5 發芽帶殼米、發芽糙米、去胚糙米處理情形

(2). 浸水處理 12 小時,在回氧處理 2 小時之後再浸水處理 12 小時

- A. 初始狀態：帶殼米、糙米、去胚糙米皆取 3 克作為 0 小時取樣直接裝入牛皮紙袋中。
- B. 浸水(低氧)處理 12 小時：加水（常溫）至淹過米的高度，因米密度較小會浮起而在表層，需加上一張濾紙覆蓋(圖 6)放置 27°C 生長箱，再將帶殼米、糙米、去胚糙米各取出一盤裝入牛皮紙袋中。



圖 6 浸水(低氧)處理情形

- C. 回氧處理 2 小時：將水倒出並開蓋放回 30°C 生長箱，並各取出 3 克，裝入牛皮紙袋。
- D. 浸水(低氧)處理 12 小時：重複 B 點步驟，並取出 3 克裝入牛皮紙袋中。

(3). 此實驗重複三次

2. 浸水(低氧)處理中不同回氧期位置對發芽帶殼米及發芽糙米 GABA 含量的影響，實驗過程如表一

(1). 實驗一

- A. 將製備後的發芽帶殼米浸在常溫水中 26 小時，並放至 27°C 生長箱中。
- B. 分別在 0、26 小時取出 3 克裝入牛皮紙袋中，3 克進行去殼處理。
- C. 此實驗重複 3 次。

(2). 實驗二

- A. 將製備後的發芽帶殼米浸水處理 12 小時，經 2 小時回氧處理，再經浸水處理 12 小時。
- B. 分別在 12、14、26 小時取出 3 克裝入牛皮紙袋中，3 克進行去殼處理。
- C. 此實驗重複 3 次。

(3). 實驗三

- A. 將製備後的發芽帶殼米回氧處理 2 小時，再浸水處理 24 小時。
- B. 分別在 2、26 小時取出 3 克裝入牛皮紙袋中，3 克進行去殼處理。
- C. 此實驗重複 3 次。

(4). 實驗四

- A. 將製備後的發芽帶殼米浸水處理 24 小時，再回氧處理 2 小時。
- B. 分別在 24、26 小時取出 3 克裝入牛皮紙袋中，3 克進行去殼處理。
- C. 此實驗重複 3 次。

(5). 實驗五

- A. 將發芽帶殼米回氧處理 26 小時。
- B. 在 26 小時取出 3 克裝入牛皮紙袋中，3 克進行去殼處理。
- C. 此實驗重複 3 次。

表 1 浸水(低氧)處理實驗過程

1	26 小時浸水		
2	12 小時浸水	2 小時回氧	12 小時浸水
3	2 小時回氧	24 小時浸水	
4	24 小時浸水		2 小時回氧
5	26 小時回氧		

3. 比較真空與浸水對發芽帶殼米和發芽糙米 GABA 總量變化的影響

(1). 控制組(室溫)

- A. 將製備後的發芽帶殼米放置有氧乾燥環境 26 小時。
- B. 分別在 0, 26 小時取出 2*3 克，3 克放入牛皮紙袋，3 克進行去殼處理。
- C. 此實驗重複 3 次。

(2). 對照組(真空)

- A. 將製備後的帶殼發芽米真空處理 12 小時，經 2 小時回氧處理，再真空處理 12 小時。
- B. 分別在 12、14、26 小時取出 2*3 克，3 克放入牛皮紙袋，3 克進行去殼處理。
- C. 此實驗重複 3 次。

(3). 對照組(低氧)

- A. 將製備後的帶殼發芽米浸水處理 12 小時，經 2 小時回氧處理，再浸水處理 12 小時。
- B. 分別在 12、14、26 小時取出 2*3 克，3 克放入牛皮紙袋，3 克進行去殼處理。
- C. 此實驗重複 3 次。

4. 探討不同階段發芽帶殼米和發芽糙米 GAD 酵素的活性變化情形

(1). 控制組(室溫)

- A. 將製備後的發芽帶殼米放置有氧乾燥環境 26 小時。

- B. 分別在 0, 26 小時取出 2*0.5g，0.5 克放入夾鏈袋，0.5 克進行脫殼，再將兩夾鏈袋放置冰櫃(-20°C)以維持酵素的活性。
 - C. 此實驗重複 3 次。
- (2). 對照組(真空)
- A. 將製備後的發芽帶殼米真空處理 12 小時，經 2 小時回氧處理，再經真空處理裝 12 小時。
 - B. 分別在 12、14、26 小時取出 2*0.5g，0.5 克放入夾鏈袋，0.5 克進行脫殼，再將兩夾鏈袋放置冰櫃。
 - C. 此實驗重複 3 次。
- (3). 對照組(低氧)
- A. 將製備後的發芽帶殼米浸水處理 12 小時，經 2 小時回氧處理，再浸水處理 12 小時。
 - B. 分別在 12、14、26 小時取出 1g，0.5 克放入夾鏈袋，0.5 克進行脫殼，再將兩夾鏈袋放置冰櫃。
 - C. 此實驗重複 3 次。

(三). 實驗處理

1. GABA 含量測定

- (1). 將發芽米裝進牛皮紙袋，放入 70 度烘箱中約兩天，到水份完全烘乾。
- (2). 將以烘乾的米放入機器磨成粉末狀，再將粉末倒入小夾鏈袋。
- (3). 配置萃取液:各取 1g 的粉末加入 10ml 的乙醇(70%)，並搖晃混合。
- (4). 將萃取液使用離心機進行離心(4°C ,2000G)沉澱(圖 7)。
- (5). 離心後，過濾雜質留下澄清液體(圖 8)。
- (6). HPLC 測定 GABA 含量
 - A. 取 50ul 澄清液與 250ul IOPA 混和。
 - B. 靜置 1 分鐘。

C. 取 20ul 混合液打入儀器中。

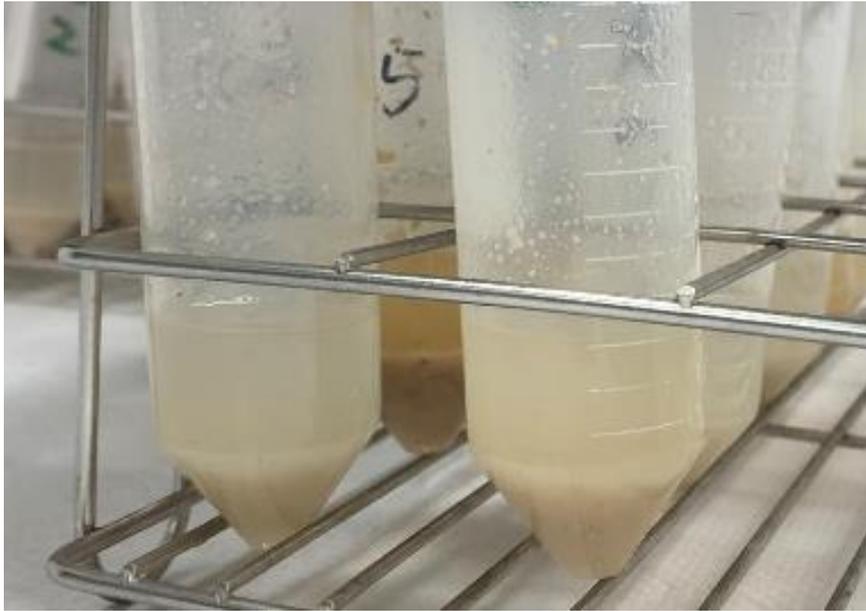


圖 7 將萃取液使用離心機進行離心



圖 8 離心後過濾雜質留下澄清液體

2. 測 GAD 酵素

- (1) 將發芽米放入夾鏈袋中，放入零下 20 度的冰櫃中保存
- (2) 將發芽米放入機器磨成粉末狀(打碎細胞壁)
- (3) 配置緩衝液: 加入 70mM KHPO₄
- (4) 緩衝溶液與粉末混合
- (5) 將(3)之混合液以 10000g 離心 20 分鐘
- (6) 離心後取出上清液，加入 10000ppm 谷氨酸水溶液，於 40°C 下反應兩小時

(7) HPLC 測定混合液 GABA 含量

- A. 取 50ul 反應完成之混合液與 250ulOPA 混和
- B. 靜置 1 分鐘
- C. 取 20ul 混合液打入儀器中

3. 統計分析方法

統計分析以 IBM SPSS statistics 20 進行變方分析 (ANOVA) 判斷差異顯著性 ($P < 0.05$)，並以最小顯著差異法 (Least Significant Difference Procedure, LSD) 比較不同處理之間平均值之差異顯著性，同英文字母表示無顯著差異 ($P < 0.05$)。圖中垂直線為平均值之標準誤差 (standard error, SE) ($n=3$)。

肆、 研究結果

一、不同米型態在浸水處理後之 GABA 含量變化

- (一).經過 12 小時浸水處理的發芽帶殼米的 GABA 含量在任何取樣點皆高於發芽糙米和去胚糙米。
- (二).發芽帶殼米和發芽糙米有氧階段的 2 小時 GABA 含量下降，再次浸水處理後 GABA 增加幅度有微量增加。
- (三).去胚糙米的 GABA 量無明顯提升，推測以低氧處理促進 GABA 量升高需經催芽或轉換成 GABA 處不在發芽白米之內。
- (四).經過 26 小時處理後，發芽帶殼米的 GABA 含量大約增為 3 倍，而發芽白米的 GABA 含量大約增為 2.5 倍，去胚糙米則無顯著差異。

表 2 不同米型態對發芽米 GABA 低氧處理統計

小時 \ mg/g	發芽帶殼米(RR)	發芽糙米(BR)	發芽白米(MR)
0	0.133	0.115	0.061
12	0.245	0.153	0.078
14	0.175	0.132	0.076
26	0.392	0.283	0.082

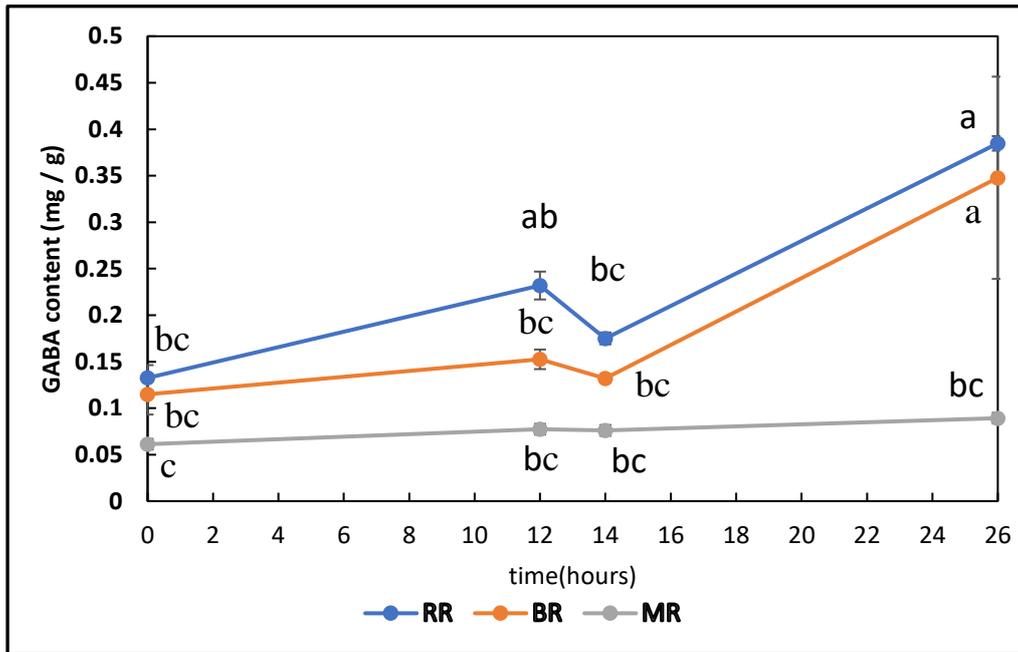


圖 9 不同米型態對發芽米低氧處理

註:英文字母不同表示 GABA 含量有顯著性差異

二、低氧中不同回氧期位置對發芽米 GABA 含量的影響

(一). 發芽帶殼米

1. 從圖 10 中可知先進行 2 小時回氧處理再進行 24 小時浸水處理、先進行 24 小時浸水處理再進行 2 小時回氧處理、先進行 12 小時浸水處理接著進行 2 小時回氧處理再進行 12 小時浸水處理、26 小時回氧處理，四種處理的回氧階段皆無顯著性差異，因此回氧階段對發芽米的 GABA 含量無顯著性影響。
2. 從表格中可知先進行 12 小時浸水處理接著進行 2 小時回氧處理再進行 12 小時浸水處理的 GABA 含量大約增為 4 倍，先進行 2 小時回氧處理再進行 24 小時浸水處理的 GABA 含量大約增為 2.8 倍，先進行 24 小時浸水處理再進行 2 小時回氧處理 GABA 含量大約增為 3.5 倍，26 小時浸水處理的 GABA 含量增為 3.7 倍。

表 3 低氧中不同回氧期位置帶殼發芽米 GABA 含量調查

Mg / g 小時	12S+20+12S	20+24S	24S+20	26S	26O
0	0.062	0.062	0.062	0.062	0.062
2		0.084			
12	0.206				
14	0.169				
24			0.184		
26	0.251	0.174	0.217	0.232	0.042

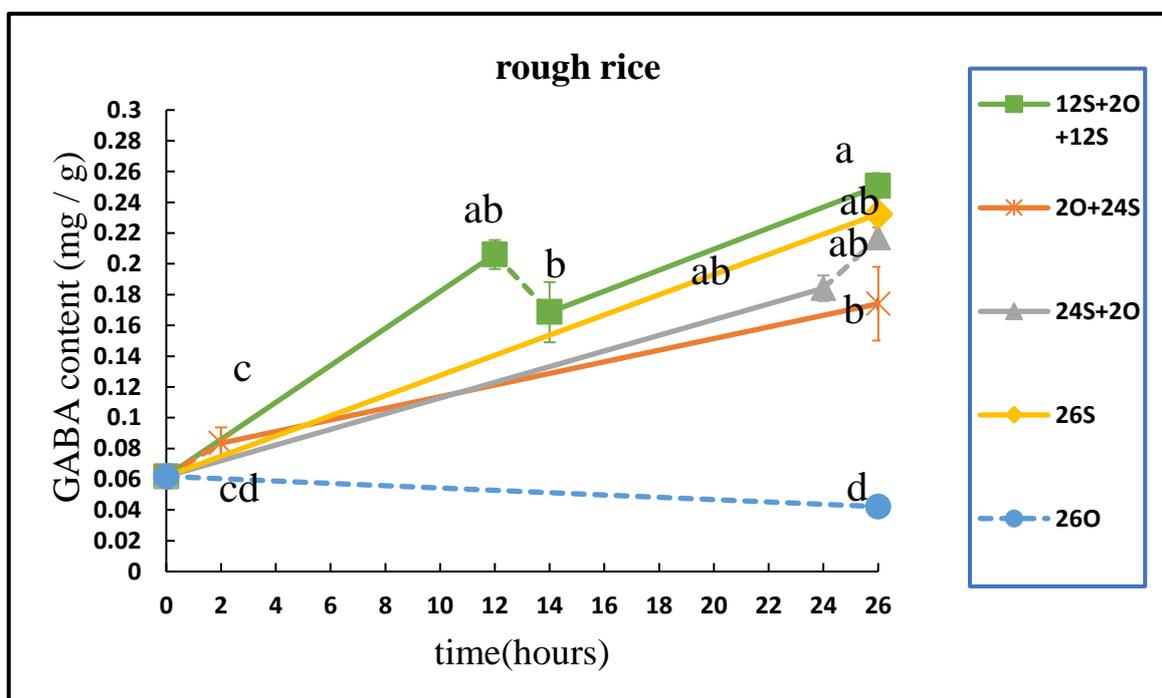


圖 10 低氧中不同回氧期位置帶殼發芽米 GABA 含量

註：虛線表示有氧處理

註：英文字母不同表示 GABA 含量有顯著性差異

(二). 發芽糙米

1. 從發芽帶殼米和發芽糙米的摺線圖中可知，發芽糙米 0 小時的 GABA 含量略高於發芽帶殼米。

表 4 低氧中不同回氧期位置發芽糙米 GABA 含量變化調查

Mg/g 小時	12S+2O+12S	2O+24S	24S+2O	26S	26O
0	0.107	0.107	0.107	0.107	0.107
2		0.089			
12	0.199				
14	0.167				
24			0.182		
26	0.200	0.169	0.254	0.225	0.054

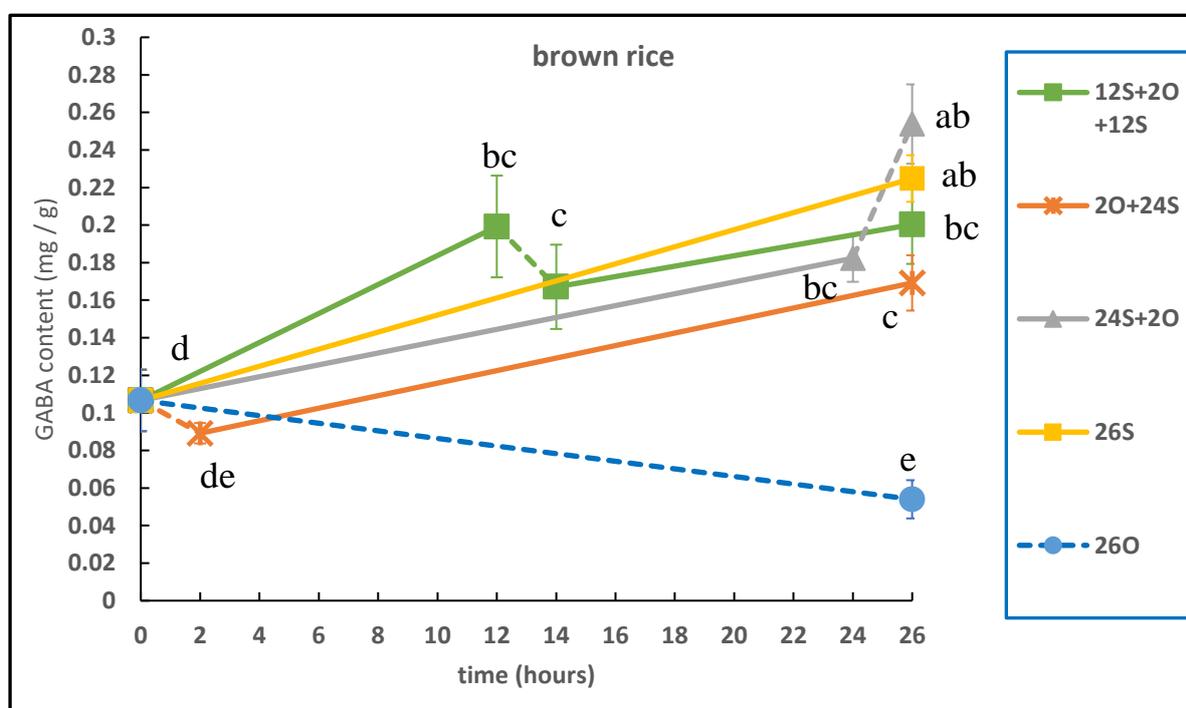


圖 11 低氧中不同回氧期位置發芽糙米 GABA 含量變化

註:英文字母不同表示 GABA 含量有顯著性差異

三、比較真空處理與浸水處理對發芽米 GABA 含量變化的影響

(一).由實驗可知，在真空環境下 GABA 含量約為浸水環境的兩倍，而控制組的 GABA 含量則又為浸水環境的二分之一倍。

(二).以每克重為單位時，發芽帶殼米及發芽糙米沒有太大差異，而以百顆粒為單位時，真空處理之發芽糙米 GABA 含量顯著低於發芽帶殼米。

(三).以顆粒為單位時，真空處理下，發芽糙米的 GABA 含量約為發芽帶殼米的 80%。

表 5 真空處理和浸水處理下發芽米 GABA 含量變化調查

(12S/20/12S) 百顆粒	CONTROL	SOAKING	VACUUM
帶殼米(RR)	0.077	0.168	0.405
糙米(BR)	0.082	0.159	0.393

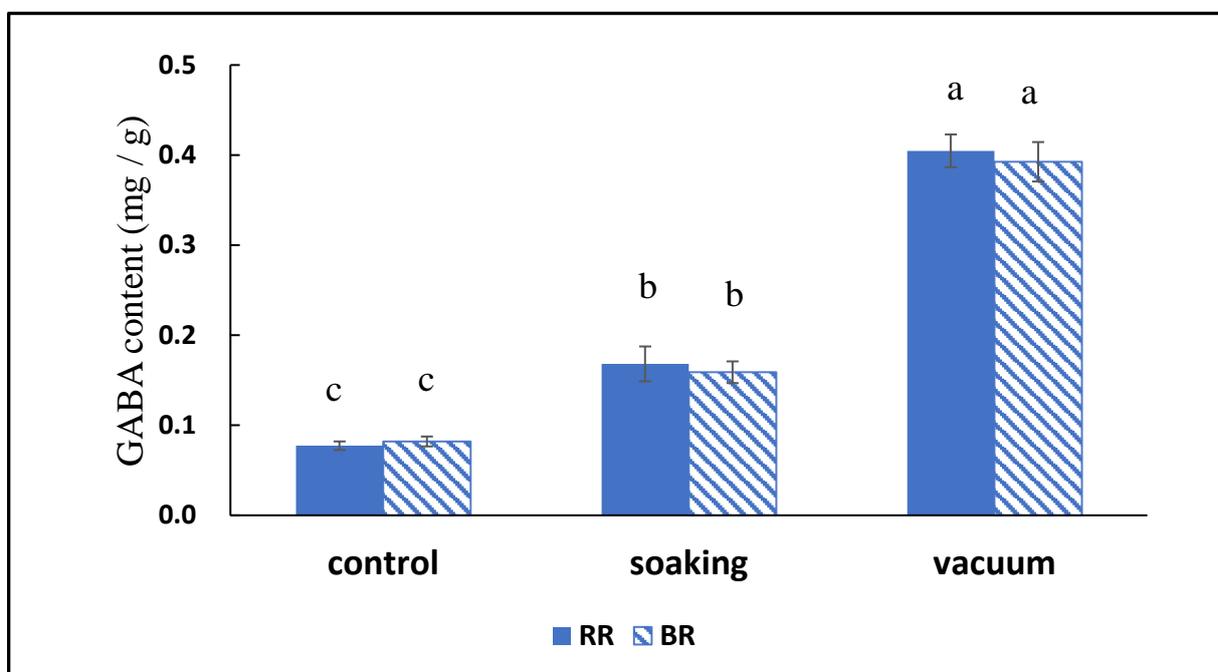


圖 12 真空處理和浸水處理下發芽米 GABA 含量變化

註:英文字母不同表示 GABA 含量有顯著性差異

表 6 真空處理與浸水處理下發芽米 GABA 含量變化調查

(12S/2O/12S) 百顆粒	CONTROL	SOAKING	VACUUM
帶殼米(RR)	0.180	0.406	0.978
糙米(BR)	0.157	0.350	0.818

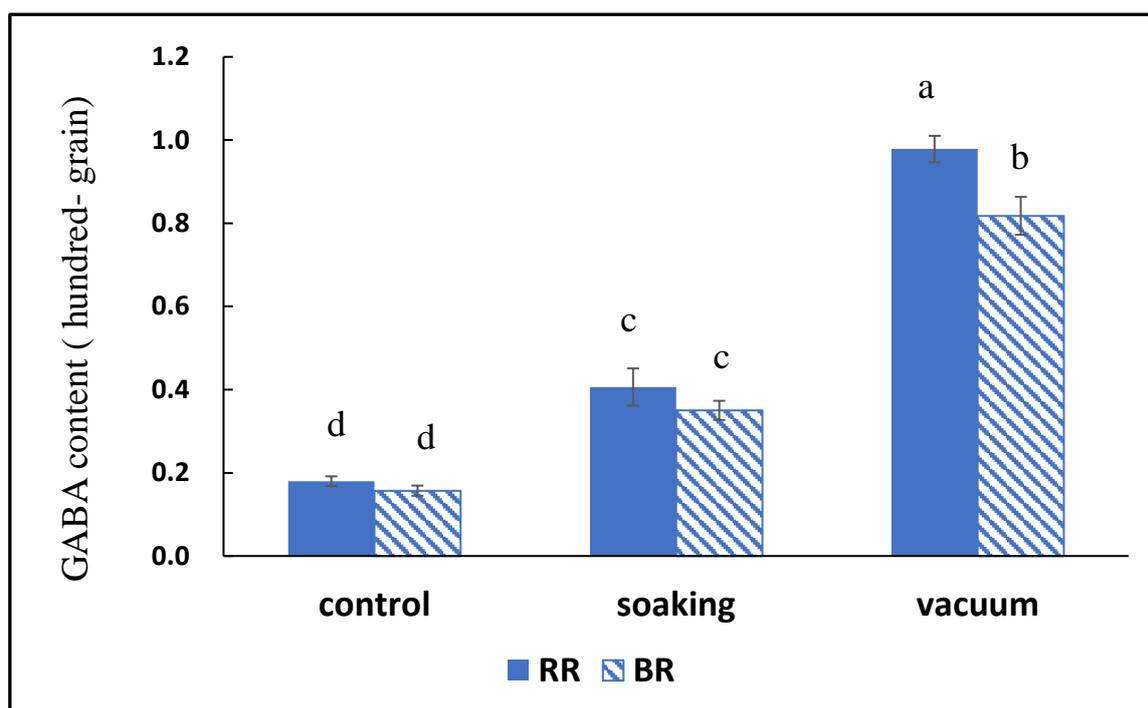


圖 13 真空處理與浸水處理下發芽米 GABA 含量變化

註:英文字母不同表示 GABA 含量有顯著性差異

四、比較真空處理與浸水處理對 GAD 酵素活性的影響

(一).發芽帶殼米和發芽糙米真空中 0 到 12 小時的無氧階段有顯著性上升，且 12 到 14 小時的回氧階段皆有顯著性下降，而在 14 到 26 小時的無氧階段只有發芽糙米有顯著性下降。

(二).發芽帶殼米和發芽糙米浸水處理中 0 到 12 小時的無氧階段有顯著性上升，而 12 到 14 小時的回氧階段只有糙米有顯著性下降，在 14 到 26 小時的無氧階段則皆無顯著性差異。

(三).控制組在任何階段皆無顯著性差異。

表 7 真空處理與浸水處理下發芽帶殼米 GAD 酵素活性的變化調查

mg/g \ 小時	0	12	14	26
CONTROL	0.208	0.243	0.260	0.188
SOAKING	0.208	0.324	0.242	0.174
VACUUM	0.208	0.547	0.422	0.305

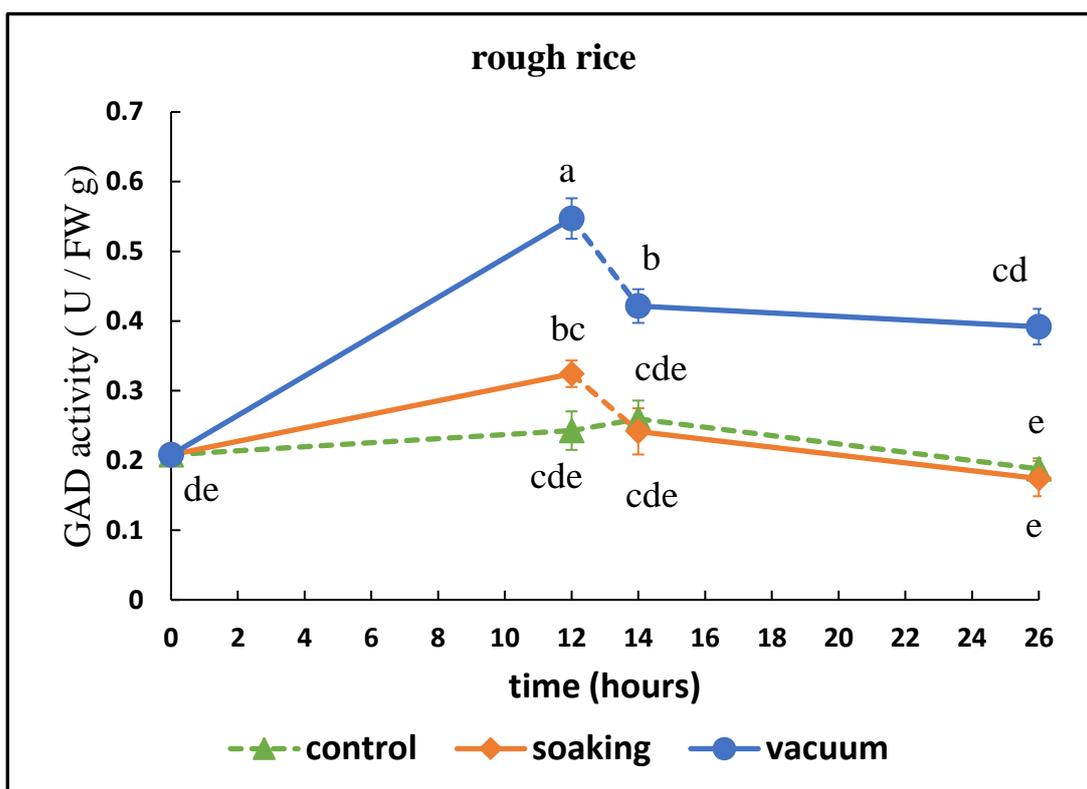


圖 14 真空處理與浸水處理下發芽帶殼米 GAD 酵素活性的變化

註:英文字母不同表示 GABA 含量有顯著性差異

表 8 浸水處理下發芽帶殼米 GAD 酵素活性的變化調查

mg/g \ 小時	0	12	14	26
CONTROL	0.187	0.118	0.090	0.152
SOAKING	0.187	0.524	0.394	0.342
VACUUM	0.187	0.780	0.209	0.264

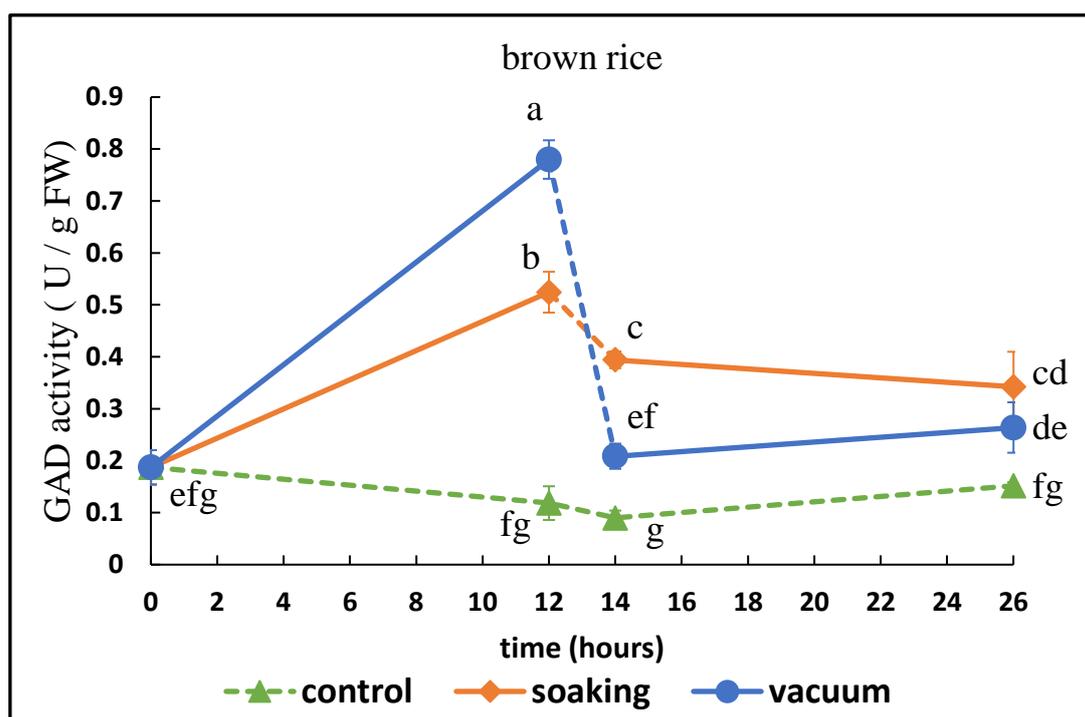


圖 15 浸水處理下發芽帶殼米 GAD 酵素活性的變化

註:英文字母不同表示 GABA 含量有顯著性差異

伍、 討論

一、不同米型態在浸水處理後之 GABA 含量變化

(一).從圖表可知，發芽帶殼米和發芽糙米經回氧處理再經浸水處理 12 小時後，GABA 含量增加，但因其增加幅度未達顯著差異，因此不足以推測回氧階段有助於 GABA 含量的提升，為了驗證這個問題，我們設計下一個實驗浸水(低氧)處理中不同回氧期位置對帶殼發芽米 GABA 含量的影響。

二、浸水中不同回氧期位置對發芽帶殼米和發芽糙米 GABA 含量的影響

- (一).觀察圖表可知，實驗四(24 小時浸水後回氧 2 小時)中，發芽米中的 GABA 含量不減反增，因此違背先前實驗一所觀察到的現象，我們懷疑可能是實驗過程中造成的誤差，因為，在浸水 24 小時後發芽米中，位於糊粉層中的一些物質會溶於水中，在回氧階段時會將水倒掉，這時，可溶於水的物質會隨著流失，導致一顆發芽米的重量減少；又因為計算數據時是以每克的粉末所含的 GABA 含量為單位，因此每克會有較多顆的米粒，GABA 含量相對增多。
- (二). 將發芽米分為帶殼米及糙米，目的是想藉由去殼處理破壞麩粉層知道 GABA 含量是否會受到影響，但在表格中可以看到 0 小時的 GABA 量不減反增，推測為受到單位計算(mg/g)的影響，由此可知每克發芽糙米所含之 GABA 含量較發芽帶殼米多，但無法藉由此實驗驗證去殼會使 GABA 含量降低多少，因此設計下一個實驗，並將單位改為 mg/百顆粒。

三、比較真空和浸水對發芽帶殼米和發芽糙米 GABA 含量變化的影響

- (一).以每克和百顆粒所含之 GABA 含量為單位比較，可以驗證若以每克發芽米之 GABA 含量進行比較，去殼對 GABA 含量影響並不大，但若以百粒為單位，可以發現 GABA 含量會因為去殼而減少大約 17%。
- (二).比較真空與浸水處理，可以發現浸水處理時，去殼影響並不大，但若進行真空處理，糙米之 GABA 含量則會顯著低於帶殼米。進行去殼時會連帶去除部分麩粉層，而胚為 GABA 主要生合成部位，因此造成 GABA 減少。
- (三).比較真空與浸水處理的 GABA 含量，可得知真空處理的 GABA 含量顯著大於浸水處理，原因可能為二:
1. 浸水過程中，溶於水中的物質會隨著將水倒掉時而流失，因此含量減少
 2. 真空處理的壓力較浸水處理小，因此在水分散失的情況下，不易於接收氧氣；相較之下，經浸水處理的發芽米，在水中更易於接收氧氣，因此推測經真空處理的發芽米，因接收的氧氣量較少，所以產生的 GABA 含

量相較於浸水處理多。

四、探討不同階段發芽帶殼米和發芽糙米 GAD 酵素的活性變化情形

- (一).在真空處理後回氧時，糙米之 GAD 活性急遽下降，由 0.77U 降至 0.2U，而帶殼米則由 0.54U 降至 0.42U，經過查閱文獻資料，其原因可能為在脫去殼時，因外力影響，真空處理較乾因此脫去部分 GABA

陸、 結論

- 一、帶殼米中的 GABA 含量最高，因此若欲製作高 GABA 之玄米茶，無須再經過去殼處理，採用帶殼米為最佳材料。
- 二、真空處理之 GABA 含量顯著高於浸水處理，因此可以得知 GABA 含量因環境不同而對氧氣的吸收程度亦不同，若欲提高 GABA 含量，真空處理為最佳之方法。
- 三、真空及浸水皆可提升 GAD 酵素的活性，其中又以真空效果最佳，也得以驗證 GABA 含量增加其原因為 GAD 酵素活性之提升。

柒、 參考資料

- 一、紀玉婷（2015）·利用 *Lactobacillus plantarum* NCD2 生產-胺基丁酸之較適生產條件探討及其製作發酵乳可行性之研究·台中: 國立中興大學食品暨應用生物科技學系
- 二、張雅琪(2012)，提升發芽米 γ -胺基丁酸與抗氧化活性之研究·屏東: 國立屏東科技大學農園生產系
- 三、Jieren Liao，Xiayuan Wu，Zhiqiang Xing，Qinghui Li，Yu Duan，Wanping Fang and Xujun Zhu · Aminobutyric Acid (GABA) Accumulation in Tea (*Camellia sinensis*L.) through the GABA Shunt and Polyamine Degradation Pathways under Anoxia
- 四、Anuchita Moongngarm，Nattawat Saetung(2010) · Comparison of chemical compositions and bioactive compounds of germinated rough rice and brown rice

【評語】 052205

1. 探討比較真空與浸水處理之發芽米的 γ -aminobutyrate acid (GABA) 含量，結果發現以真空環境下帶殼米的 GABA 含量顯著大於浸水處理。
2. 實驗設計可再加強，例如：米品種的選擇應加以考量；在探討不同階段發芽帶殼米和發芽糙米 GAD 酵素的活性變化情形時，可再加入發芽帶殼米浸水處理 26 小時之真空組與低氧組，實驗將更周延，且結論結果更具應用性。
3. GAD 全名在摘要中要述明；關於 GABA 的簡介多處需要加入文獻出處。
4. 百粒米在各組 (control, soaking and vacuum) 的重量各是多少克？重量的差異影響計算的 GABA content。測定 GABA 含量是本研究一項最重要的方法與數據，應該要呈現代表性的 HPLC data，還有定量用的標準曲線。
5. 每種樣品是否有重複測試 (biological repeats and technical repeats) 再求平均值，需要述明。樣品含水率不同會影響單位活性的換算數值。GAD activity 的單位換算，應用乾重計算。
6. 結論提及帶殼米中的 GABA 含量最高，因此建議若欲製作高 GABA 之玄米茶用帶殼米，但實際風味、衛生問題是否亦需考量？真空處理是否符合經濟效益？
7. 撰寫內文有一些小錯誤，實驗記錄宜加強。

摘要

本實驗探討發芽米在不同的低氧處理條件下，對發芽米內GABA含量變化的影響。從GABA茶的研究經驗中發現，經低氧處理再回氧重複多次能夠使GAD活性增加及GABA-T活性降低而使GABA含量增加，因此本研究透過低氧與回氧交互處理提升發芽米GABA含量。首先，將發芽米分為發芽帶殼米、發芽糙米、白米，觀察不同發芽米經低氧處理後，GABA含量的變化情形，發現發芽帶殼米所含的GABA含量最高，變化也最明顯。接著我們以發芽帶殼米為實驗材料，調整有氧處理之時間點，得出發芽帶殼米經12小時浸水加上回氧2小時再加上12小時浸水的處理方式能提升最多的GABA含量，最後，我們觀察以不同米型之發芽帶殼米在真空處理和浸水處理後GABA含量的變化，同時測定GAD酵素的活性。得知在真空環境下發芽帶殼米GABA的含量最高，分布位置在胚上居多，且GABA含量增加其原因為GAD酵素活性之提升。

壹、研究動機

我們得知佳葉龍(GABA)茶，一種經低氧有氧交替處理而提升GABA含量的茶具有促進睡眠、緩解壓力等功效。在得知米粒中存在著麩胺酸後，由佳葉龍茶和玄米混合的玄米GABA茶做為發想，開始研究如何提升米粒的GABA含量，而我們也好奇發芽米在經與佳葉龍茶相同模式的處理後是否也會有相同的效果。

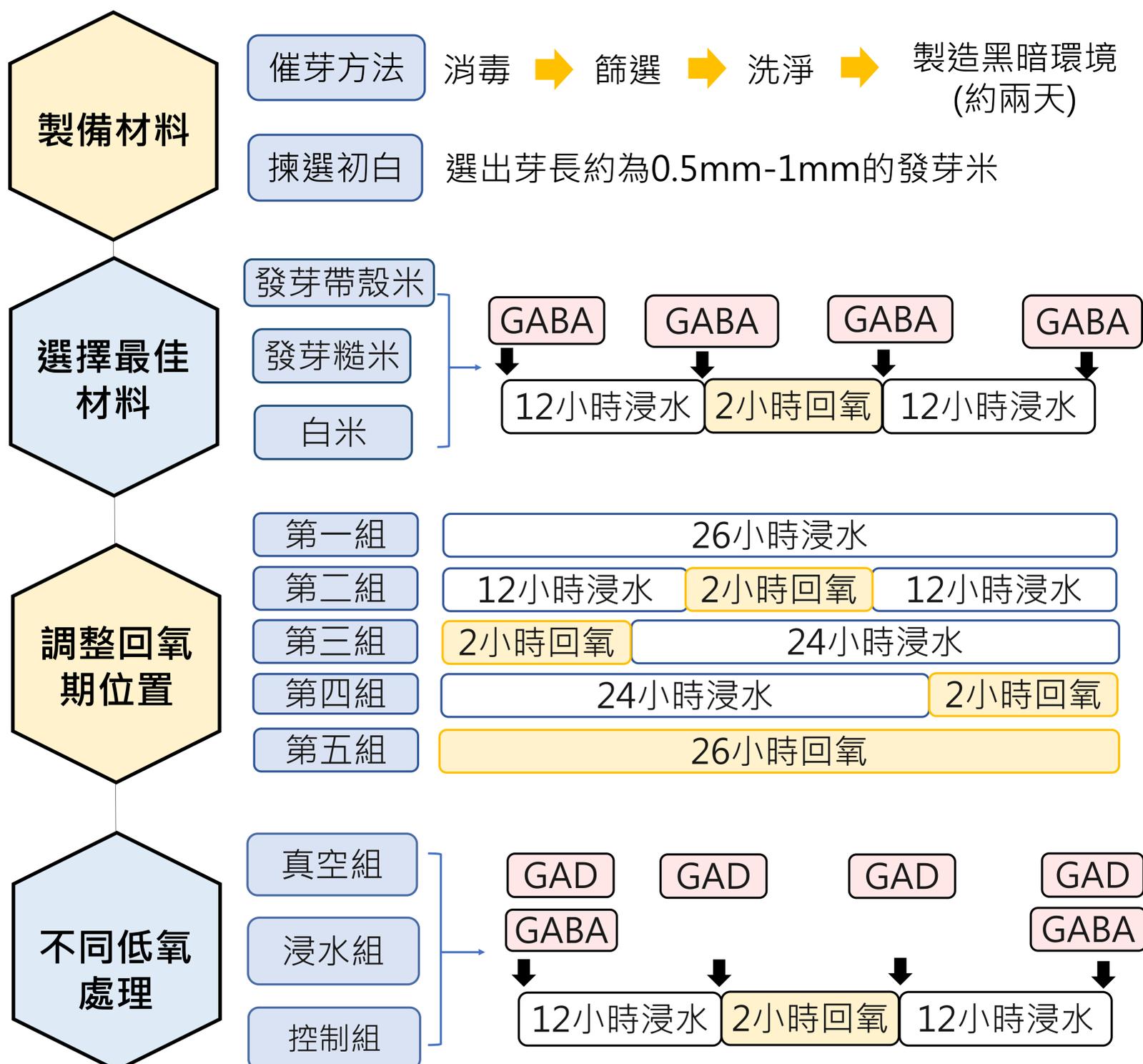
貳、研究目的

- 一.探討白米、發芽糙米、發芽帶殼米，經低氧回氧處理後GABA含量的變化情形
- 二.經由調整低氧中發芽帶殼米回氧期位置的先後順序，觀察發芽帶殼米GABA含量的變化情形。
- 三.探討發芽米，經低氧回氧處理後GABA含量的分布位置。
- 四.製造真空環境，分析不同氧氣濃度對GABA含量變化的影響。
- 五.探討發芽糙米與發芽帶殼米在經浸水和真空處理後GAD酵素活性變化情形。

參、研究設備及器材

- 一.台南十一號米
- 二.高效液相層析儀、真空包裝機、離心機、脫殼機、烘箱等。

肆、研究過程及方法



實驗處理

GABA
量測定

70度烘箱
(約兩天)

磨成粉末狀 → 離心
(4°C, 2000G)

留下澄清液體 → HPLC

GAD酵素
測定

-20度
冰櫃

磨成粉末狀 → 加入70mM KHPO4
緩衝溶液

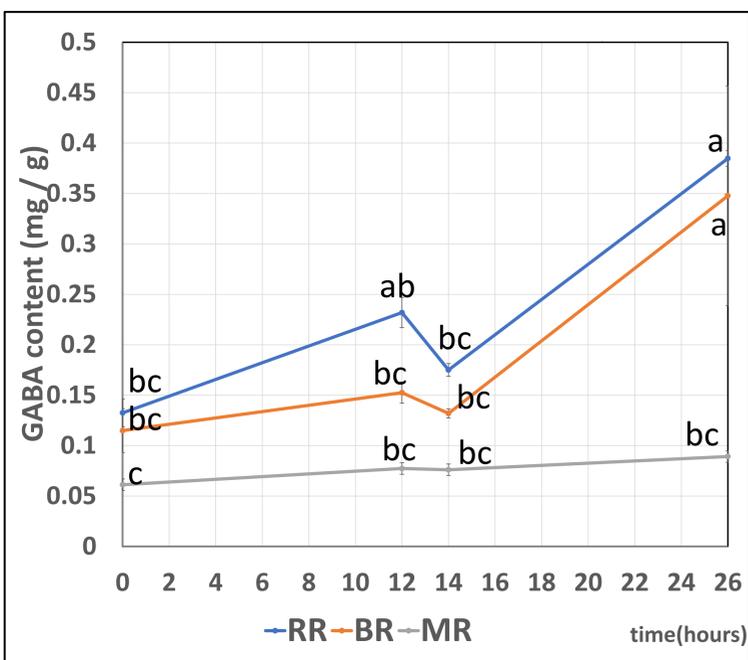
離心
(20min, 1000G) → 上清液加入
10000ppm 谷胺酸水溶液 → HPLC

統計
分析

以IBM SPSS statistics 20進行變方分析 (ANOVA) 判斷差異顯著性 (P<0.05) , 並以最小顯著差異法 (Least Significant Difference Procedure, LSD) 比較不同處理之間平均值之差異顯著性, 同英文字母表示無顯著差異。

伍、研究結果

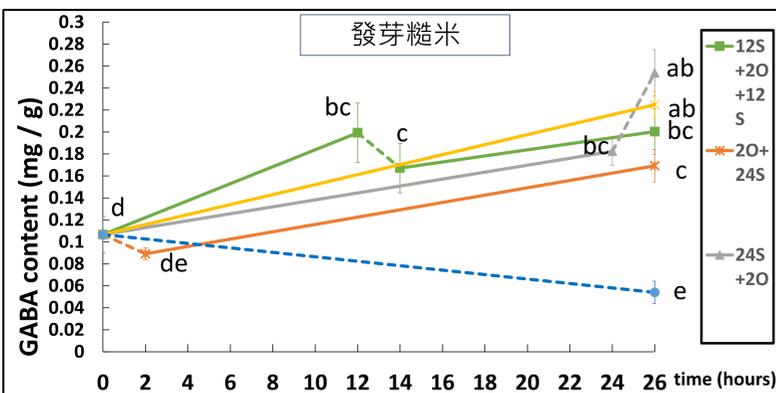
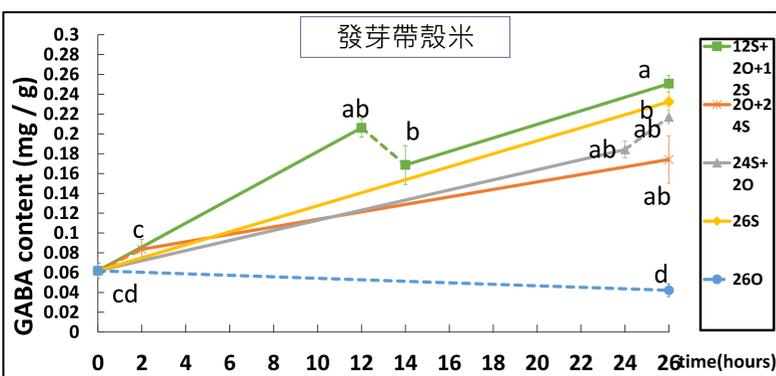
一、不同米型態浸水處理後GABA含量變化



註：RR(Rough rice)為發芽帶殼米、BR(Brown rice)糙米、MR(Milled rice)為白米

1. 發芽帶殼米GABA含量在任何取樣點皆高於發芽糙米和白米。
2. 回氧階段未達顯著性差異。

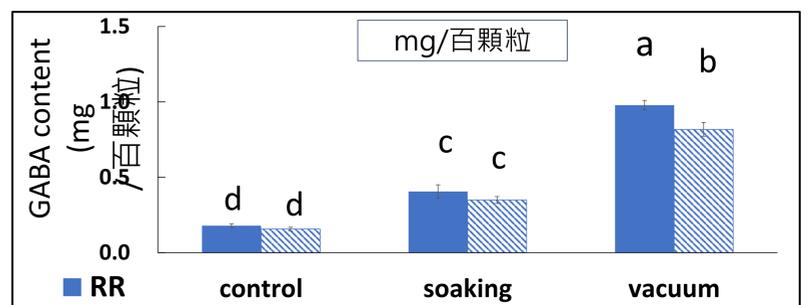
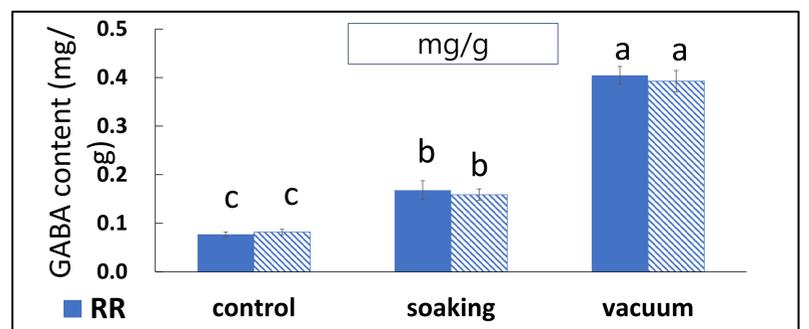
二、低氧中不同回氧期位置對發芽米GABA含量的影響



註：S 浸水處理、O 有氧處理、12S指12小時浸水處理

1. 四種處理的回氧階段皆無顯著性差異，因此回氧階段對發芽米的GABA含量無顯著性影響。
2. 12S⇒20⇒12S GABA含量增為4倍為最佳處理方式。
3. 發芽糙米0小時的GABA含量略高於發芽帶殼米。

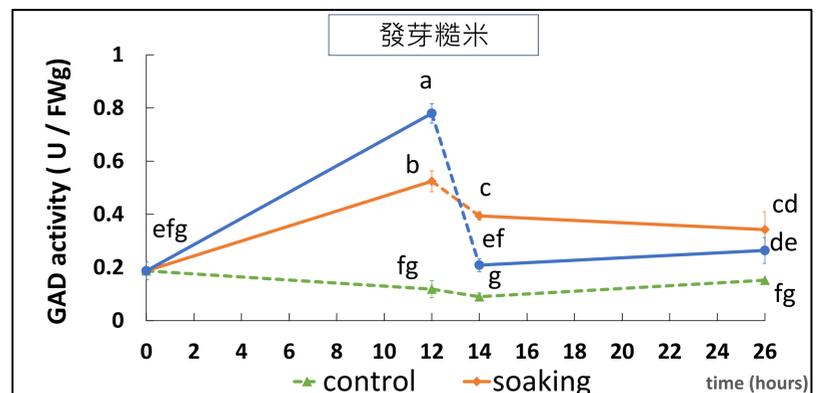
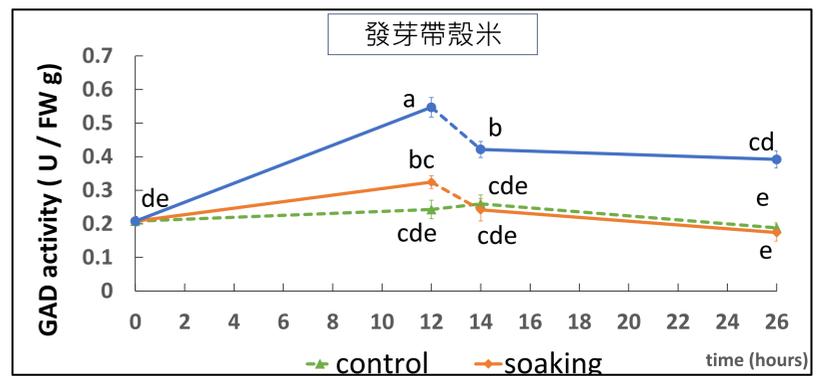
三、真空處理與浸水處理對發芽米GABA含量變化影響



註：RR(Rough rice)為發芽帶殼米、BR(Brown rice)糙米

1. 發芽帶殼米的GABA含量(以百顆粒為單位)：真空環境=浸水環境×2=控制組×5
2. 以百顆粒為單位時，真空處理下的GABA含量發芽糙米=發芽帶殼米×0.8，達顯著性差異。而以mg/g為單位時無顯著性差異。

四、真空處理與浸水處理對發芽米GAD酵素活性的影響



註：單位U/FWg (將每小時產生1 μM GABA定義植體GAD活性為1U·FW為FreshWeight鮮重)

1. 真空處理: 發芽糙米在有氧階段的顯著性下降較發芽帶殼米大。
2. 浸水處理: 僅發芽糙米在有氧階段有顯著性下降。
3. 控制處理: 在任何階段皆無顯著性差異。

陸、討論

一、不同米型態在浸水處理後之GABA含量變化

- (一)經過處理後，可以得知2小時回氧期有助於第二次浸水處理的提升，於是以調整回氧期位置做為下一個實驗的實驗變因。
- (二)白米的GABA量無明顯提升，推測為白米內無GABA合成所需的酵素，或需經催芽過程才能使回氧階段有助於提升GABA含量。

二、浸水中不同回氧期位置對發芽帶殼米和發芽糙米GABA含量的影響

- (一)由於去殼處理會破壞麩粉層，進而影響GABA含量，但在表格中可以看到0小時的GABA量不減反增，推測為受到單位計算(mg/g)的影響，因此設計下一個實驗，將單位改為(mg/百顆粒)。

三、比較真空和浸水對發芽帶殼米和發芽糙米GABA含量變化的影響

- (一)以百顆粒為單位時，真空處理發芽帶殼米和糙米GABA含量會呈顯著性差異大約減少17%。所以推測GABA主要位於糙米內。
- (二)真空處理的GABA含量顯著大於浸水處理，原因可能為浸水處理可能受其他因子影響。

四、探討不同階段發芽帶殼米和發芽糙米GAD酵素的活性變化情形

- (一)先真空處理再回氧時，發芽糙米之GAD活性相較於帶殼米有急遽下降，推測受外力影響，因真空環境較乾燥，在去殼時會脫去麩粉層。

柒、結論

- 一、帶殼米中的GABA含量最高，因此若欲製作高GABA之玄米茶，無須再經過去殼處理採用帶殼米為最佳材料。
- 二、真空處理之GABA含量顯著高於浸水處理，因此可以得知GABA含量因環境不同而對氧氣的吸收程度亦不同，若欲提高GABA含量，真空處理為最佳之方法。
- 三、真空及浸水皆可提升GAD酵素的活性，其中又以真空效果最佳，也得以驗GABA含量增加其原因為GAD酵素活性之提升。

捌、未來展望

- 一、將高GABA發芽米製成玄米茶，在玄米茶製作過程中需高溫烘培，此階段易導致GABA降低，因此製作過程中及玄米茶成品之GABA含量尚待研究。
- 二、由於佳葉龍茶常有悶酸口感，許多消費者無法接受，許多業者以烘培方法除此悶酸口感，但此過程會導致GABA降低。因此在GABA含量及風味之間取得平衡仍待研究。
- 三、抗氧化力測定
 - (一)分析浸水處理和真空處理對發芽米抗氧化能力的差異。
 - (二)藉由回氧處理，探討發芽米抗氧化能力的變化。

玖、參考資料

- [1]紀玉婷(2015)·利用 Lactobacillus plantarum NCD2 生產-胺基丁酸之較適生產條件探討及其製作發酵乳可行性之研究·台中: 國立中興大學食品暨應用生物科技學系。
- [2]張雅琪(2012)·提升發芽米γ-胺基丁酸與抗氧化活性之研究·屏東: 國立屏東科技大學農園生產系。
- [3]Jieren Liao · Xiayuan Wu · Zhiqiang Xing · Qinghui Li · Yu Duan · Wanping Fang and Xujun Zhu(2017) · Aminobutyric Acid (GABA) Accumulation in Tea (Camellia sinensisL.) through the GABA Shunt and Polyamine Degradation Pathways under Anoxia.
- [4]Anuchita Moongngarm · Nattawat Saetung(2010) · Comparison of chemical compositions and bioactive compounds of germinated rough rice and brown rice.
- [5]Noriko komatsuzak · KikuichiTsukahara · HidechikaToyoshima · TadanaoSuzuki NaotoShimizu(2005) · Effect of soaking and gaseous treatment on GABA content in germinatedbrown rice.