

中華民國第 52 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高職組 農業及生物科技科

第一名

091401

被遺忘的黃金－添加豆渣製作土司之探討

學校名稱：國立民雄高級農工職業學校

作者： 職二 黃堃泰 職二 江泯浩 職二 倪楚驄	指導老師： 廖頤蓊 王俊雄
---	-----------------------------

關鍵詞：黃豆、豆渣、土司

得獎感言

一開始我們對科展完成沒有概念，高二上了「專題製作」之後，觀摩了許多的歷屆科展作品，漸漸地對科學研究有了初步的認識，於是也著手進行我們自己的科展研究。

我們實習課製作豆漿時，發現了豆渣未被妥善利用，開始探討豆渣中殘留的營養價值，發現豆渣是值得回收利用，於是研究如何將豆渣進行加工處理及保存，並探討豆渣添加在土司中之可行性。為了順利完成科展作品，我們犧牲假日不斷地嘗試改良實驗方法。

「一分耕耘；一分收穫」，分區科展時幸運受得評審的青睞榮獲「特優」，能進一步參加全國科展。整個研究過程中，幾乎每個早午休、假日都與實驗生活在一起，也和隊友培養出非常良好的團隊默契與情感，一路上有老師的陪伴，細心的指導正確方向，從旁協助我們解決所遇到的困難，使我們學到許多正規課程裡無法學到的知識技能。榮獲「第一名」時，感覺到皇天不負苦心人，流過汗水所採收得果實非常甜美，我們歡欣鼓舞與老師同學們分享喜悅，這是一件多麼開心與光榮的事啊。

在這分區與全國科展中，我們認識了很多來自不同學校的同學，並且彼此競爭觀摩學習，這也是科展的意外收穫。最後要感謝老師在百忙之中抽空教導我們，也感謝同學的加油鼓勵，更感謝在背後默默支持我們的父母，以及所有協助支持我們的人，真的非常感謝。走過的路留下了痕跡，帶走的是忘不了的回憶，希望未來有機會還可以繼續參加這麼有意義的比賽。



壹、摘要

以黃豆製作豆漿時，留下的豆渣中各種營養成分(粗蛋白、粗脂肪、灰分、碳水化合物等)之殘留率不低，豆渣有回收再利用之價值。

豆渣較適之處理條件：溼豆渣先經粗篩，再以 120°C 熱風乾燥，豆渣之香氣、色澤、乾燥效果均佳。

以豆渣取代 15%之麵粉時，消費者喜好程度最高，但豆渣取代麵粉含量越高，則土司之高度卻越低。若改為額外添加 15%豆渣之製作方法（麵粉含量不變），明顯改善土司高度過低之問題。測試土司內部組織之質地，發現豆渣土司硬度明顯高於白土司。

官能品評試驗結果顯示，不同年齡、性別或整體消費者，對豆渣土司、白土司之喜好程度相近，並無顯著差異。

貳、研究動機

上食品加工實習課時，發現以黃豆製作豆漿時，留下大量的豆渣。「豆漿」在台灣是十分普遍的飲品，我們很好奇食品工廠製造豆漿留下大量的豆渣是流落何方？我們實地去參訪味全公司，得知豆渣都被賤價販賣給畜牧業者，作為畜牧飼料用，或是被當成有機肥料來使用。我們初步認為豆渣有更高的利用價值，因此，想進一步探討豆渣之加工條件及應用。



參、研究目的

1. 探討豆渣之營養成分及利用價值。
2. 探討豆渣較適之乾燥處理條件。
3. 探討豆渣吐司較適之製造條件。
4. 探討消費者對豆渣吐司之喜好程度。

肆、研究設備



熱風乾燥機



分析篩(自製)



蛋白質測定氮蒸餾器



高溫灰化爐



推拉力計



色差儀



水浴保溫槽



切片機



烘箱



濕磨機



粗脂肪萃取裝置



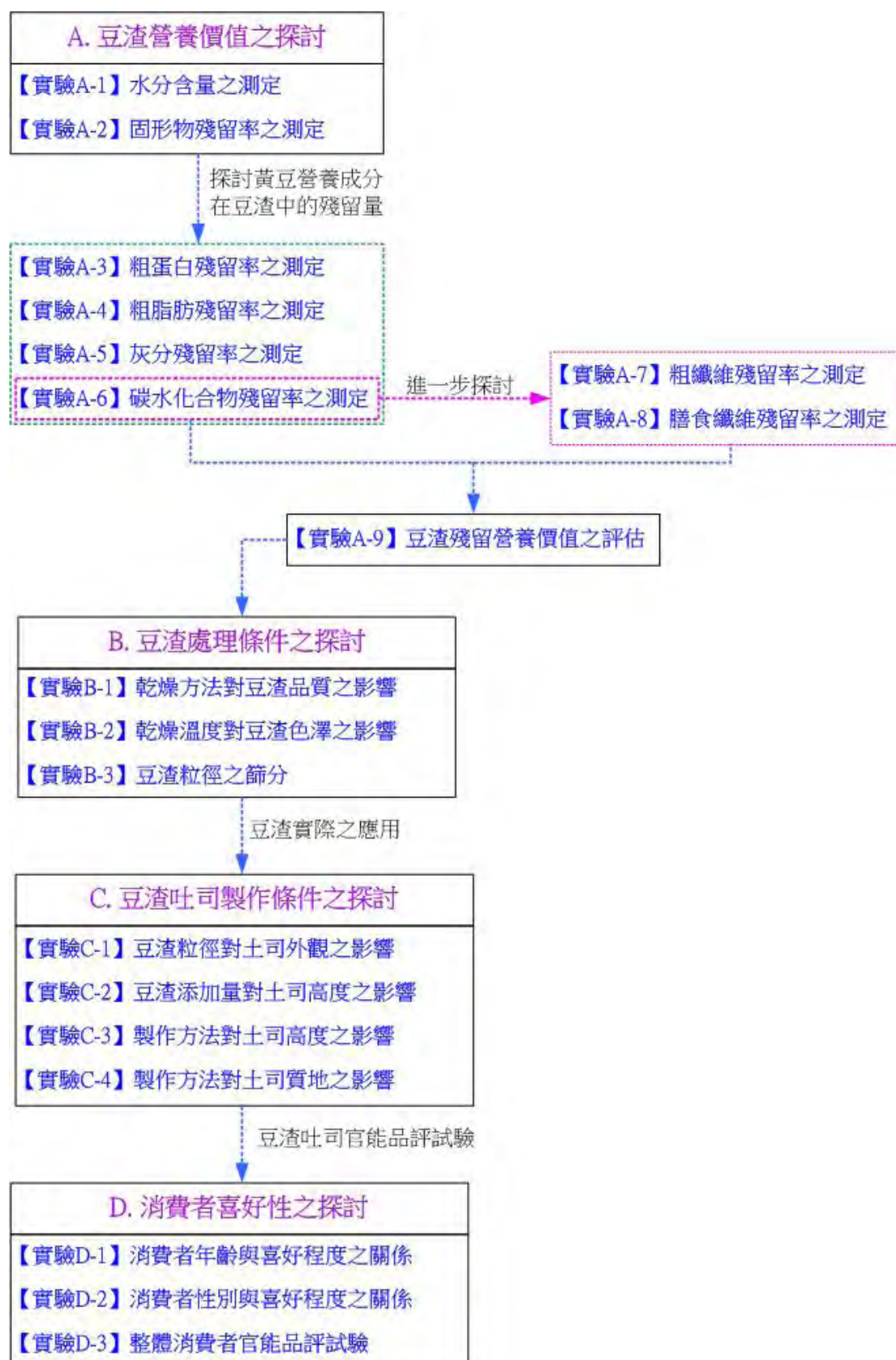
蛋白質測定氮蒸餾器

伍、研究過程與方法

一、文獻探討⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾⁽⁸⁾

1. 大豆蛋白質，屬於一種完全蛋白質，可提供九種必需胺基酸，主要為球蛋白含84%，有12種異黃酮，大豆異黃酮成分屬於植物性的雌激素，生物活性比動物性雌激素要低，也不會產生動物性雌激素具促癌效果的代謝產物，易消化，有降低血液膽固醇濃度的作用，是素食者蛋白質的主要來源。
2. 大豆脂肪，含有豐富的維他命 E，是天然的抗氧化劑，而其脂肪酸的組成分別是由酸(單元不飽和 24%)，亞油酸多元不飽和 54%、亞麻酸(多元不飽和)7%及飽和脂肪酸 15%，這些脂肪酸以不飽和居多，高達 85%的含量，對血中膽固醇濃度有降低的作用，含 1.5~2.0%的卵磷脂可提煉為乳化劑，亞油酸與亞麻酸的比例相當接近身體內凝血與溶血所需比例，因此有保持血管彈性和健腦的功用。
3. 纖維質，飲食中的纖維，稱為膳食纖維(dietary fiber)。膳食纖維分為兩大類，即水溶性與非水溶性，水溶性膳食纖維包括植物及微生物細胞內的多醣類，食物來源有蔬菜與水果，如果膠、半纖維素等；非水溶性膳食纖維包括幾丁質、木質素。膳食纖維的功能包括食後具飽足感，人體難消化吸收，而可作為減肥食品；可增加糞便量及吸收水分，促進腸蠕動及排便，防止便秘；降低血中膽固醇，有助於改善血脂肪減少心臟病罹患率；降低葡萄糖吸收，改善血糖控制，有助於控制及預防糖尿病。本身不具熱量可以減少食物之熱能，增加產品咀嚼度，多食具有飽足感，延遲胃的排空及營養吸收率，並調節胃中荷爾蒙，幫助熱量的排除，協助肥胖者減輕體重壓力。近年來，隨著健康意識抬頭，膳食纖維的補充是不可或缺的。
4. 礦物質，黃豆含有鈣、鎂、磷、鉀等礦物質，鈣是構成骨骼和牙齒的主要成分；鎂可調節生理機能，並為組成幾種肌肉酵素的成分，且能調節血糖、維持正常血壓；磷可促進脂肪與醣類的新陳代謝；鉀為細胞內、外液之重要陽離子，可維持體內水分之平衡集體液之滲透壓。

二、研究架構



三、研究方法

A. 豆渣營養價值之探討

【實驗 A-1】水分含量之測定⁽²⁾⁽⁷⁾

前言：爲了瞭解黃豆與豆渣內的固形物重量，必須先得知其水分含量。

步驟：

1. 樣品：黃豆與豆渣
2. 樣品前處理：
黃豆：直接粉碎裝於試料瓶中備用。
豆渣：在 40~60°C 烘箱中預先乾燥，風乾後稱重，求出風乾物重量，然後將風乾物粉碎，裝於試料瓶中備用。
3. 稱量瓶洗淨倒置於 100~105°C 烘箱中加熱 2~3 小時，取出置於乾燥器冷卻 30 分，置於電子天平稱重，重複操作至恆重爲止。
4. 以秤量瓶精稱 4 克並記錄重量，置於 100~105°C 烘箱加熱 3 小時，蓋子必須斜蓋於一邊，以利水分蒸發，取出後置於乾燥器內冷卻到室溫(約 30 分)，取出置於電子天平稱重並記錄，重複步驟直到恆重爲止。
5. 計算樣品水分含量(%)。

$$\text{水分含量(\%)} = \frac{\text{水分重量}}{\text{樣品重量}} \times 100\%$$

結果：由表 1、圖 1 顯示，黃豆的水分含量約 10.33%、豆渣的水分含量約 4.47%。

表 1 黃豆與豆渣之水分含量

樣品	水分含量 (%)				
	實驗一	實驗二	實驗三	平均	標準差
黃豆	10.30	10.40	10.30	10.33	0.06
豆渣	4.40	4.50	4.50	4.47	0.06

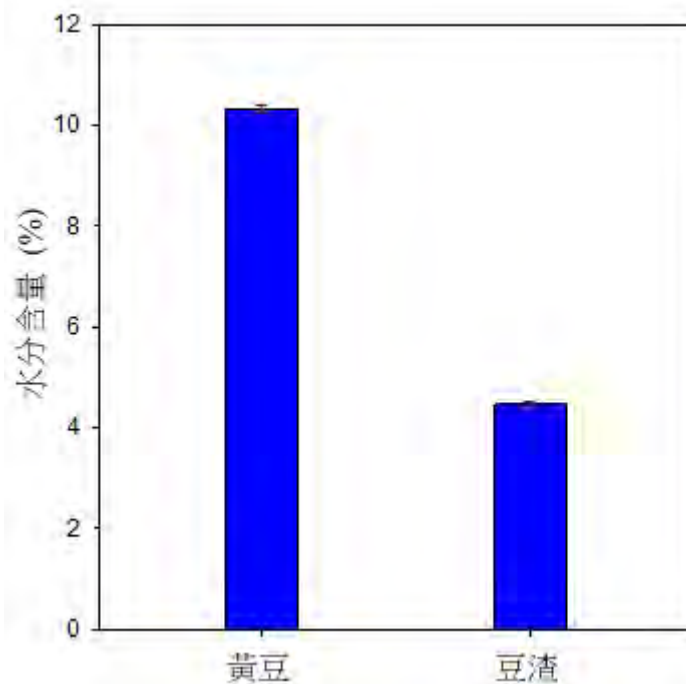


圖 1 黃豆與豆渣之水分含量

討論：經實驗測得黃豆、豆渣的水分含量之後，我們可以進一步算出固形物含量。

【實驗 A-2】固形物含量之測定

前言：得知樣品的水分含量之後，可以推算出製作豆漿時，固形物的殘留率。

步驟：

1. 秤取 600g 的黃豆並且泡水 6 小時。
2. 將泡水過後的黃豆加重量 10 倍的水磨碎製成豆漿。
3. 使用濾布過濾出豆渣，使用熱風乾燥機乾燥，取出稱重並記錄。
4. 計算樣品固形物含量（%）。

$$\text{固形物含量 (\%)} = (100\% - \text{水分含量 \%}) \times 100\%$$

5. 計算樣品固形物殘留率（%）。

$$\text{固形物殘留率 (\%)} = \frac{\text{豆渣固形物重量}}{\text{黃豆固形物重量}} \times 100\%$$

結果：如表 2 所示，製作豆漿時所回收豆渣的固形物殘留率約 24.87%。

表 2 固形物殘留率

樣品	重量 (g)				
	實驗一	實驗二	實驗三	平均	標準差
黃豆(含水量 12.03%)	600.00	600.00	600.00	600.00	0.00
黃豆固形物	527.82	527.82	527.82	527.82	0.00
豆渣(含水量 8.83%)	144.00	149.00	139.00	144.00	5.00
豆渣固形物	131.28	135.84	126.73	131.28	4.56
固形物殘留率	24.87%	25.74%	24.01%	24.87%	0.86%

討論：用黃豆製作豆漿時會產生大量的豆渣，經實驗證明，固形物殘留率不低。

【實驗 A-3】粗蛋白殘留率之測定⁽²⁾

前言：黃豆蛋白質含量很高，我們想要瞭解殘留在豆渣內的蛋白質含量有多少。

步驟：

1. 分別精確稱取樣品（黃豆、豆渣），置於分解瓶中。
2. 加入分解促進劑(硫酸銅:硫酸鉀=1：4)約 0.5g 及硫酸 20ml。
3. 再加高溫煮沸至分解液變成透明無色或極淡之藍色。
4. 放冷，徐徐加水定量至 100ml 後，置於蒸餾裝置上。
5. 以凱氏氮蒸餾器進行蒸餾，至蒸餾出液約 100ml 後，使冷凝管末端離開液面，再蒸餾取蒸餾出液數 ml 後，以少量水沖洗冷凝管末端，洗液併入受液器內，供作檢液。
6. 以 0.05N 氫氧化鈉溶液滴定至檢液紫紅色轉變為綠色為止。並應另作空白試驗對照，每 ml 之 0.05N 硫酸相當於 0.7003mg 之氮。
7. 分別計算樣品中粗蛋白含量（%）。

$$\text{總氮(TN\%)} = \frac{0.0007 \frac{\text{g}}{\text{ml}} \times (a - b) \text{ml} \times F \times \text{D.F.}}{W_{(g)}} \times 100\%$$

$$\text{粗蛋白質含量(\%)} = \text{TN\%} \times N$$

$0.0007 \frac{\text{g}}{\text{ml}}$ ：每毫升之 0.05N NaOH 相當於 0.0007g 之氮

a：空白對照實驗時，所消耗的 0.05N NaOH 標準溶液之毫升數

b：樣品滴定时，所消耗的 0.05N NaOH 標準溶液之毫升數

F：0.05N NaOH 標準溶液的力價

N：氮係數

D.F.：稀釋倍數

W：樣品重 (g)

8. 計算樣品粗蛋白殘留率 (%)。

$$\text{粗蛋白殘留率}(\%) = \frac{\text{豆渣粗蛋白含量}(\%)}{\text{黃豆粗蛋白含量}(\%)} \times 100\%$$

結果：由表 3 顯示，豆渣中粗蛋白殘留率 22.15%。

表 3 粗蛋白殘留率

樣品	粗蛋白含量 (%)				
	實驗一	實驗二	實驗三	平均	標準差
黃豆(含水量 10.33%)	35.90	36.30	35.70	35.97	0.31
豆渣(含水量(4.47%))	32.30	32.60	38.90	34.60	3.73
黃豆固形物	40.04	40.48	39.81	40.11	0.34
豆渣固形物	8.29	8.37	9.98	8.88	0.96
粗蛋白殘留率	20.71%	20.67%	25.08%	22.15%	2.53%

討論：經實驗證明，用黃豆製作豆漿時產生的豆渣中，其粗蛋白殘留率不低。

【實驗 A-4】粗脂肪殘留率之測定⁽²⁾

前言：黃豆脂肪含量很高，我們想要了解殘留在豆渣內的脂肪含量到底有多少。

步驟：

1. 精確稱取已成粉末狀之樣品 5g，放入圓筒濾紙中，其上輕塞適量脫脂棉，置於粗脂肪自動萃取儀上，在底部放置鋁杯以正己烷進行萃取。
2. 取出鋁杯(不含圓筒濾紙)，置於 100°C 之烘箱中乾燥約 1 小時，移入乾燥器中放冷約 30 分鐘後，稱重至恆量。
3. 計算樣品粗脂肪含量 (%)。

$$\text{粗脂肪含量(\%)} = \frac{W - W_0}{S} \times 100\%$$

W_0 ：空鋁杯重 (g)

W ：抽出粗脂肪經乾燥後之鋁杯重 (g)

S ：樣品重量 (g)

4. 計算樣品粗脂肪殘留率 (%)。

$$\text{粗脂肪殘留率(\%)} = \frac{\text{豆渣粗脂肪含量(\%)}}{\text{黃豆粗脂肪含量(\%)}} \times 100\%$$

結果：由表 4 顯示，豆渣中粗脂肪殘留率 23.03%。

表 4 粗脂肪殘留率

樣品	粗脂肪含量 (%)				
	實驗一	實驗二	實驗三	平均	標準差
黃豆(含水量 10.33%)	13.6	12.8	12.4	12.93	0.61
豆渣(含水量(4.47%))	13.4	12.6	12.8	12.93	0.42
黃豆固形物	15.17	14.27	13.83	14.42	0.68
豆渣固形物	3.44	3.23	3.29	3.32	0.11
粗脂肪殘留率	22.68%	22.66%	23.76%	23.03%	0.63%

討論：用黃豆製作豆漿時會產生大量的豆渣，經實驗證明，粗脂肪殘留率不低。

【實驗 A-5】灰分殘留率之測定⁽²⁾

前言：黃豆灰分含量很高，我們想要了解殘留在豆渣內的灰分含量到底有多少。

步驟：

1. 精秤 2~3 克樣品於坩鍋中，移入灰化爐中，使溫度逐漸上升至 550~600℃ 後，灰化至少 6 小時
2. 待檢體成白色或灰白色灰分，使溫度下降至 50℃，移入乾燥器中，達室溫時，取出稱量。

3. 計算樣品灰分含量 (%)。

$$\text{灰分含量(\%)} = \frac{W_1 - W_0}{S} \times 100\%$$

W_0 : 坩堝重 (g)

W_1 : 灰化後坩堝與灰分之重量 (g)

S : 樣品乾重重量 (g)

4. 計算樣品灰分殘留率 (%)。

$$\text{灰分殘留率(\%)} = \frac{\text{豆渣灰分含量(\%)}}{\text{黃豆灰分含量(\%)}} \times 100\%$$

結果：由表 5 顯示，豆渣中灰分殘留率約 16.83%。

表 5 灰分殘留率

樣品	灰分含量 (%)				
	實驗一	實驗二	實驗三	平均	標準差
黃豆(含水量 10.33%)	5.3	5.3	5.4	5.33	0.06
豆渣(含水量(4.47%))	3.9	3.9	3.9	3.90	0.00
黃豆固形物	5.91	5.91	6.02	5.95	0.06
豆渣固形物	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
灰分殘留率	16.94%	16.94%	16.62%	16.83%	0.18%

討論：用黃豆製作豆漿時會產生大量的豆渣，經實驗證明，灰分殘留率不低。

【實驗A-6】碳水化合物殘留率之測定⁽²⁾

前言：黃豆碳水化合物含量很高，我們想要了解殘留在豆渣內的碳水化合物含量到底有多少。

步驟：

1. 計算樣品碳水化合物含量 (%)：一般測定碳水化合物含量之方法是以扣除法測定，以 100g 的豆渣來講，去除粗蛋白、粗纖維、脂肪、以及灰分還有水份，所剩即是碳水化合物含量 (%)。

2. 計算樣品碳水化合物殘留率(%)。

$$\text{碳水化合物殘留率(\%)} = \frac{\text{豆渣碳水化合物含量(\%)}}{\text{黃豆碳水化合物含量(\%)}} \times 100\%$$

結果：由表 6 顯示，豆渣中碳水化合物殘留率約 29.94%。

表 6 碳水化合物殘留率

樣品	碳水化合物含量 (%)				
	實驗一	實驗二	實驗三	平均	標準差
黃豆(含水量 10.33%)	33.9	33.5	34.2	33.87	0.35
豆渣(含水量(4.47%))	46.1	46.1	39.9	44.03	3.58
黃豆固形物	37.81	37.36	38.14	37.77	0.39
豆渣固形物	11.83	11.83	10.24	11.30	0.92
碳水化合物殘留率	31.30%	31.67%	26.85%	29.94%	2.68%

討論：用黃豆製作豆漿時會產生大量的豆渣，經實驗證明，碳水化合物殘留率不低。

【實驗A-7】粗纖維殘留率之測定⁽²⁾

前言：因粗纖維是包含在碳水化合物之內，於是我們進一步探討粗纖維的含量。

步驟：

1. 精秤 0.5 克樣品，置於 250mL 之燒瓶中，加入磁石、1.25% 硫酸溶液約 150ml。
2. 將燒瓶及冷凝管連接後安置在已預熱之加熱器上。加熱使沸騰 60 分鐘，定時旋轉燒瓶以防止固體沾附於壁上而分解不完全。
3. 冷卻、離心。
4. 取沉澱物置入原燒瓶，加入 1.25% 氫氧化鈉溶液約 150ml，加熱使沸騰 60 分鐘。
5. 將過濾裝置備妥，啟動抽氣裝置；將鹼分解液倒入漏斗中抽氣過濾之。
6. 過濾完畢後，濾渣在 110°C 灰化爐中灼燒 6 小時，乾燥後移置乾燥器內冷卻至室溫，稱重後再置於 550°C 下加熱乾燥 6 小時；置於乾燥器中冷卻後稱量之，灰化前後二次稱得重量之差，即為樣品之粗纖維含量。

7. 計算樣品粗纖維含量 (%)。

$$\text{粗纖維含量 (\%)} = \frac{W - W_0}{S} \times 100.$$

W = 110°C 加熱後重量 (g)

W₀ = 550 灰化後重量 (g)

S = 磨碎樣品使用量 (g)

8. 計算樣品粗纖維殘留率 (%)。

$$\text{粗纖維殘留率 (\%)} = \frac{\text{豆渣粗纖維含量 (\%)}}{\text{黃豆粗纖維含量 (\%)}} \times 100\%$$

結果：由表 7 顯示，豆渣中粗纖維殘留率約 29.94%。

表 7 粗纖維殘留率

樣品	粗纖維含量 (%)				
	實驗一	實驗二	實驗三	平均	標準差
黃豆(含水量 10.33%)	13.6	12.8	12.4	12.93	0.61
豆渣(含水量(4.47%))	13.4	12.6	12.8	12.93	0.42
黃豆固形物	15.17	14.27	13.83	14.42	0.68
豆渣固形物	3.44	3.23	3.29	3.32	0.11
粗纖維殘留率	22.68%	22.66%	23.76%	23.03%	0.63%

討論：用黃豆製作豆漿時會產生大量的豆渣，經實驗證明，粗纖維殘留率不低。

【實驗 A-8】膳食纖維殘留率之測定⁽¹⁾

前言：我們想進一步探討碳水化合物中，含有多少膳食纖維。

步驟：食品中總膳食纖維(Total dietary fiber)含量，也就是可溶性膳食纖維(SDF)和不可溶性膳食纖維 (IDF)的總和。先以 α -amylase、protease、amyloglucosidase 等三種水解酵素，然後以 95%酒精沉澱過濾後，再扣除殘餘物中之蛋白質及灰分即得 TDF 之含量。



1. 計算樣品膳食纖維含量 (%)。

$$\text{膳食纖維含量 (\%)} = \frac{W - W_0}{S} \times 100\%$$

W = 110°C 加熱後重量 (g)

W₀ = 550°C 灰化後重量 (g)

S = 磨碎樣品使用量 (g)

2. 計算樣品膳食纖維殘留率 (%)。

$$\text{膳食纖維殘留率 (\%)} = \frac{\text{豆渣膳食纖維含量 (\%)}}{\text{黃豆膳食纖維含量 (\%)}} \times 100\%$$

結果：由表 8 顯示，豆渣中膳食纖維殘留率為 48.69%。

表 8 膳食纖維殘留率

樣品	粗纖維含量 (%)			
	實驗一	實驗二	平均	標準差
黃豆(含水量 10.33%)	24.78	23.35	24.07	1.01
豆渣(含水量(4.47%))	51.64	50.19	50.92	1.03
黃豆固形物	27.63	26.04	26.84	1.13
豆渣固形物	13.25	12.88	13.07	0.26
粗纖維殘留率	0.48	0.49	0.49	0.01

討論：用黃豆製作豆漿時會產生大量的豆渣，經實驗證明，膳食纖維殘留率不低。

【實驗A-9】豆渣殘留營養價值之評估

步驟：我們將【實驗 A-3】～【實驗 A-6】測得的各種營養成分，嘉以彙整製成圖表。

表 9 豆渣中各種營養成分之殘留率

樣品	殘留率 (%)				
	實驗一	實驗二	實驗三	平均值	標準差
粗蛋白	20.71%	20.67%	25.08%	22.15%	2.53%
粗脂肪	20.49%	20.48%	20.46%	20.48%	0.02%
灰分	16.94%	16.94%	16.62%	16.83%	0.18%
碳水化合物	31.30%	31.67%	26.85%	29.94%	2.68%

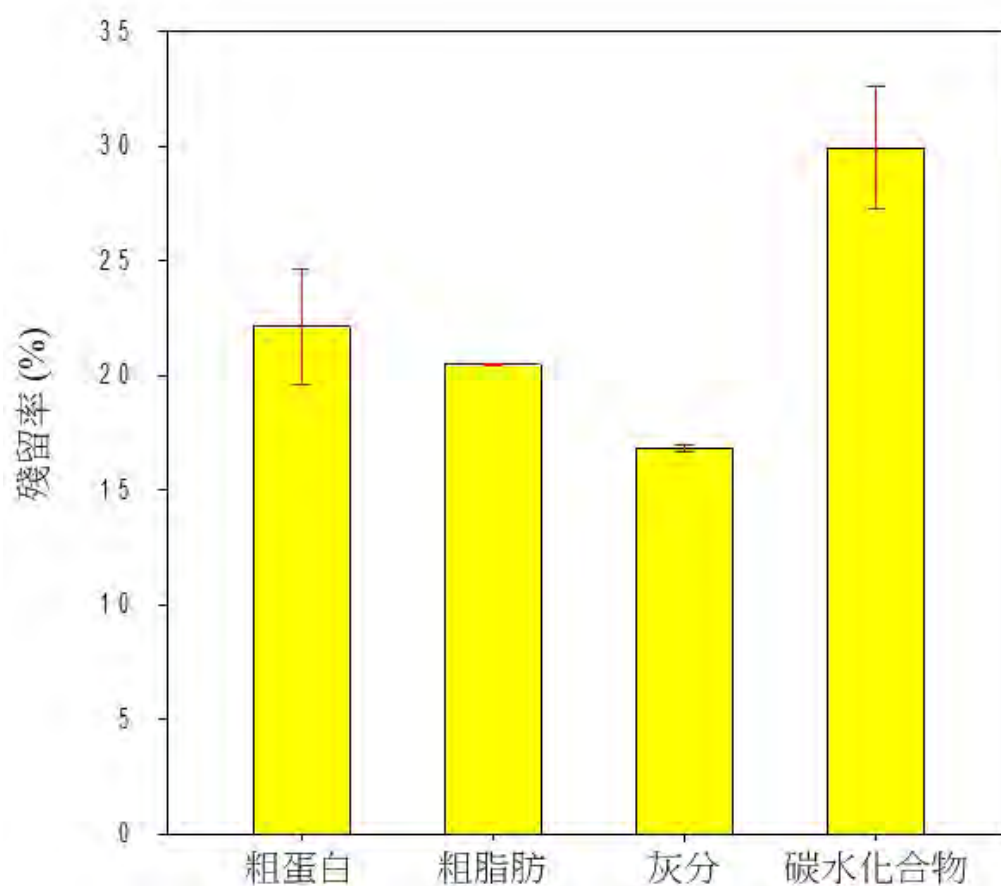


圖 2 豆渣中各種營養成分之殘留率

討論：使用黃豆製作豆漿時會產生大量的豆渣，經實驗證明，各種營養價值殘留率很高，豆渣有回收再利用之價值。

B. 豆渣處理條件之探討

【實驗 B-1】乾燥方法對豆渣品質之影響

前言：爲了使豆渣可以有效地被利用，必須找出乾燥最適方法。

步驟：

1. 方式A：使用乾燥盤，上面放置蒸籠布防止豆渣太細小而掉入熱風乾燥機中，用手將豆渣分散，如下圖所示。
2. 方式B：使用乾燥盤，上面放置蒸籠布，用手將豆渣均勻分散以及上面放置煙燻盤，以手將豆渣壓入乾燥盤中，以利增加乾燥速度，如下圖所示。
3. 將溫度設定在100°C，半小時翻面(前後對調)，使豆渣能均勻乾燥，在乾燥半小時即可。



方式A



方式B

結果：方式A乾燥的豆渣，外乾內濕、乾燥未完全；方式B乾燥的豆渣，大小一致且乾燥完全，如圖3所示。



方式A



方式B

圖 3 豆渣乾燥完成之情形

討論：

1. 方式A：用手撥開來分散豆渣以增加表面積進行烘乾，但因每個人力道不同而無法控制其顆粒大小；方式B：利用煙燻盤上固定的孔徑，可以粗篩出細小的豆渣。

2. 雖然已達到烘乾效果，但是乾燥出來的色澤卻有些偏白，香味欠佳，推測可能是因為溫度不足所造成。
3. 是否能透過焙炒或者是調整烘乾溫度使豆渣產生香氣。

【實驗B-2】乾燥溫度對豆渣色澤之影響

前言：因為100°C烘乾未能上色，因此我們以100°C、120°C、140°C、160°C與180°C。進行試驗，並尋求其最適溫度。

步驟：

1. 將豆渣分別100、120、140、160、180°C熱風乾燥一小時。
2. 使用色差儀分別測定將j五種樣品之L、a、b值。
3. 以100°C樣品之L、a、b值為比較基準，計算出 ΔE_{ab} 值。

$$\Delta E_{ab} = \sqrt{(L_1 - L_2)^2 + (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2}$$

(L_1, a_1, b_1) ：樣品1 之L、a、b值

(L_2, a_2, b_2) ：樣品2 之L、a、b值

ΔE_{ab} ：樣品1、樣品2之色差值

結果：

1. 由圖 4、表 10 結果顯示，以 120°C烘乾豆渣，其著色程度較佳；140°C表面已過黃；160°C表面已稍微焦黑；180°C已完全焦黑。
2. 由表 11、圖 5 顯示，若溫度上升，則 L 值、b 值越低； ΔE_{ab} 值、a 值越高，且呈現明顯的線性關係。

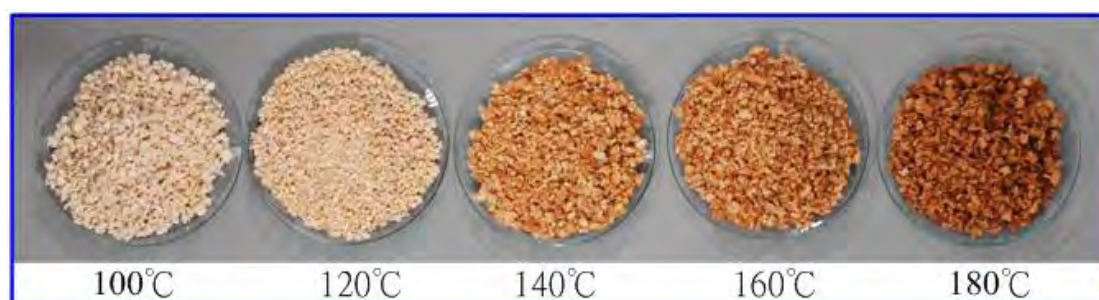


圖 4 不同烘乾溫度之比較(100°C、120°C、140°C、160°C與 180°C)

表 10 各種乾燥溫度顏色香氣之比較

乾燥溫度(°C)	顏色	香氣
100	偏白	無
120	著色佳	香氣佳
140	偏黃	微焦
160	微焦黑	焦味過重
180	完全焦黑	焦味過重

表 11 乾燥溫度與豆渣 L、a、b、 ΔE_{ab} 值之關係

乾燥溫度		Lab 值			色差值
		L	a	b	ΔE_{ab}
100°C	平均值	74.4	3.867	18.433	0
	標準差	1.992	0.252	0.503	0
120°C	平均值	67.867	6.7	21.2	7.69061
	標準差	1.692	0.3	0.4	1.394648
140°C	平均值	56.833	11	20.933	19.18913
	標準差	1.95	0.2	1.716	1.741128
160°C	平均值	46.967	11.333	19.267	28.44464
	標準差	24.457	4.189	7.262	0.216037
180°C	平均值	34.4	10.667	14.867	40.73248
	標準差	0.458	0.451	0.289	0.499559

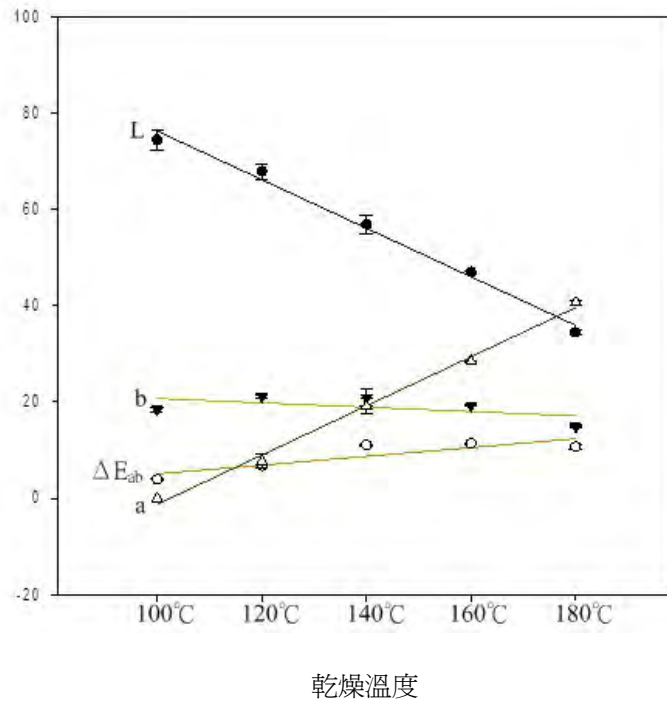
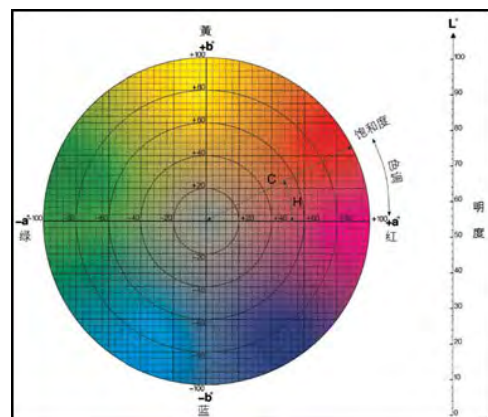


圖 5 乾燥溫度與豆渣 L、a、b、 ΔE_{ab} 值之關係

討論：

1. 以 100°C 烘乾豆渣較無香氣；120°C 香味已充足；140°C 以已些微焦味；160°C 以及 180°C 焦味過重。
2. 以 100°C 烘乾豆渣顏色明顯偏白；120°C 著色效果佳；140°C 偏黃；160°C 微焦以及 180°C 完全焦黑。
3. 我們選擇使用 120°C，但是發現在 120°C 已烘乾豆渣裡顆粒有大有小，因此有必要探討其粒徑大小。
4. Lab 值的定義：

Lab 模式由三個通道組成，L 通道表示亮度，它控制圖片的亮度和對比度，a 通道包括的顏色從深綠（低亮度值）到灰色（中亮度值）到亮粉紅色（高亮度值），b 通道包括的顏色從亮藍色（低亮度值）到灰色到焦黃色（高亮度值）。



【實驗B-3】豆渣粒徑之篩分

前言：由實驗三發現熱風乾燥出來的豆渣會有大小顆粒之分，所以我們用自製分析篩(4.00mm、2.00mm、1.00mm、0.50mm)篩分出不同粒徑之豆渣。

步驟：

1. 準備4個分析篩分別標示為1號(0.5mm)、2號(1mm)、3號(2mm)、4號(4mm)。
2. 將以120°C烘乾完成的豆渣放入4號分析篩，篩分之後留在上面的即是5號豆渣(4.00mm以上)。
3. 以4號分析篩篩出的顆粒繼續以3號分析篩篩分，篩分之後留在上面的就是4號豆渣(4.00mm~2.00mm)。
4. 以3號分析篩篩出的顆粒繼續以2號分析篩篩分，篩分之後留在上面的就是3號豆渣(2.00mm~1.00mm)。
5. 以2號分析篩篩出的顆粒繼續以1號分析篩篩分，篩分之後留在上面的就是2號豆渣(1.00~0.50mm)。
6. 剩下的粉末就是1號豆渣(0.50mm以下)。

結果：篩分出5種不同粒徑的豆渣顆粒，如圖6所示。

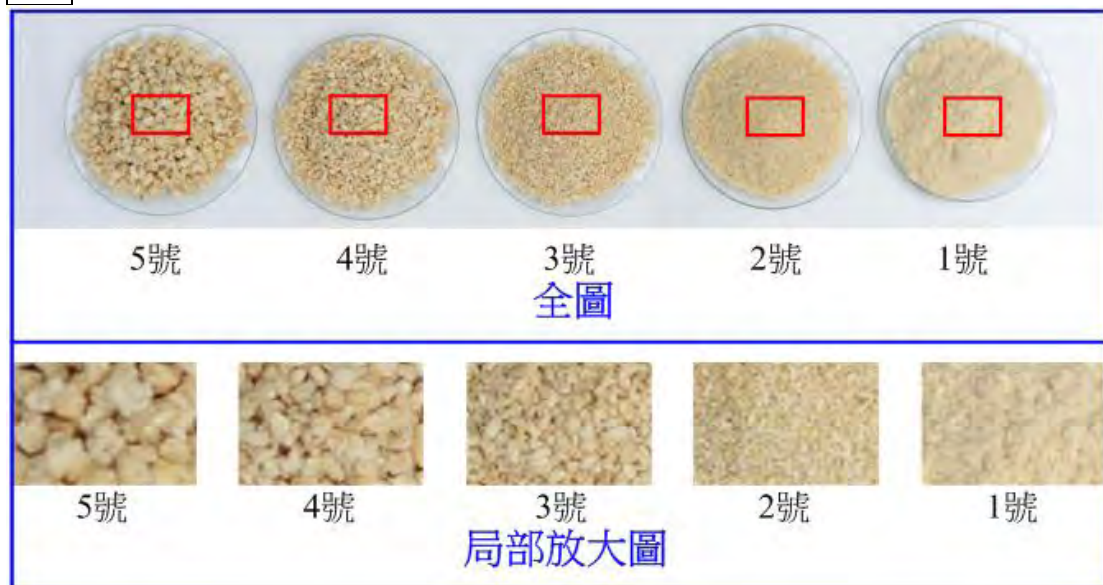


圖6 豆渣顆粒大小之比較

討論：

1. 篩分出不同粒徑，推測可能不同大小的顆粒會造成不同的口感以及外觀，所以要選出最適合的粒徑來製作。
2. 利用分析篩篩分出5種不同粒徑的豆渣，再來可以做出5種含有不同顆粒大小豆渣的土司。

C. 豆渣吐司製作條件之探討

【實驗 C-1】豆渣粒徑大小對土司外觀之影響

前言：以 1 號、2 號、3 號、4 號不同的粒徑進行土司製作，5 號因顆粒過大而不進行討論。

步驟：

1. 使用1號的粒徑取代10%之麵粉進行土司製作。
2. 使用2號的粒徑取代10%之麵粉進行土司製作。
3. 使用3號的粒徑取代10%之麵粉進行土司製作。
4. 使用4號的粒徑取代10%之麵粉進行土司製作。



結果：1 號以及 2 號顆粒較不明顯，3 號顆粒已可以明顯看出，表面顆粒較恰當，4 號高度明顯比 1 號、2 號、3 號低，表面也比較粗糙，如圖 7 所示。

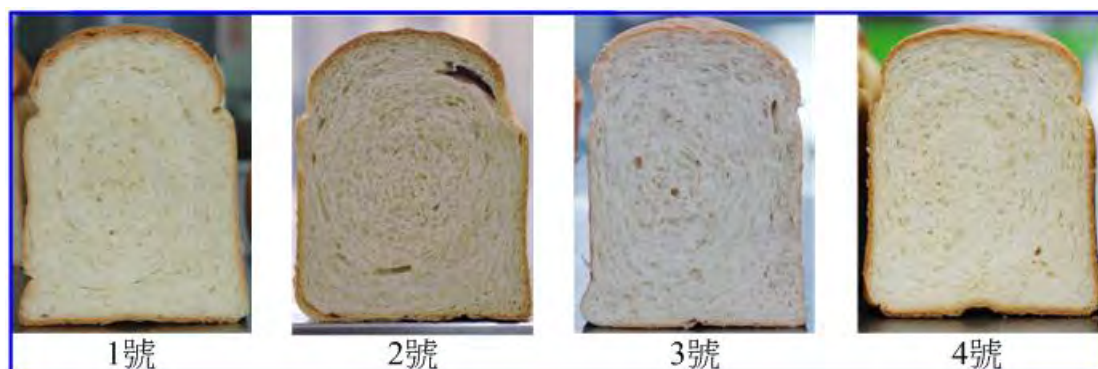


圖 7 不同粒徑豆渣取代 10%麵粉打法之比較

討論：

1. 因 1、2 號豆渣過於細緻，表面顆粒不明顯，所以無法清楚地觀察到豆渣。
2. 3 號豆渣可在土司內部中可清楚的觀察到，表面顆粒適中。
3. 4 號豆渣可在土司內部中可清楚的觀察到，表面顆粒雖然明顯，但豆渣顆粒會過度將表皮撐破。
4. 因此我們採用 3 號豆渣進行以下的實驗。

【實驗 C-2】豆渣添加量對土司高度之影響

前言：我們想以不同百分比之豆渣取代麵粉製作土司，並進行初步品評。

步驟：

1. 分別以 5%、10%、15%、20%、25% 之 3 號豆渣取代麵粉製作土司。

2. 測量土司之高度，並製程圖表，如下圖所示。



3. 將 10%(編號 193)與 15%(編號 383)的土司進行初步品評，詢問消費者對哪一種的接受度較高。

結果：

1. 0%、5%、10%的高度相差不多，15%高度有些偏矮，20%、25%高度很明顯的過矮，如圖 8、圖 9、表 12 所示。
2. 5%、10%高度雖然很好但是香味與口感不佳，15%香氣足夠口感佳，20%、25%雖然香氣很夠但是口感過於緊實，沒有土司的口感。
3. 初步品評結束之後數據顯示 383 的香味以及整體感的分數較 193 高，如圖 10 所示。



圖 8 豆渣添加量對土司高度之影響

表 12 豆渣添加量對土司高度之影響

樣品	高度 (cm)					
	0%	5%	10%	15%	20%	25%
實驗一	13.1	13.1	12.9	10.1	8.2	6.5
實驗二	12.7	11.9	12	9.6	7.4	6.8
實驗三	13.1	12.5	12.3	9.5	7.6	6.6
平均值	12.97	12.50	12.40	9.73	7.73	6.63
標準差	0.23	0.60	0.46	0.32	0.42	0.15

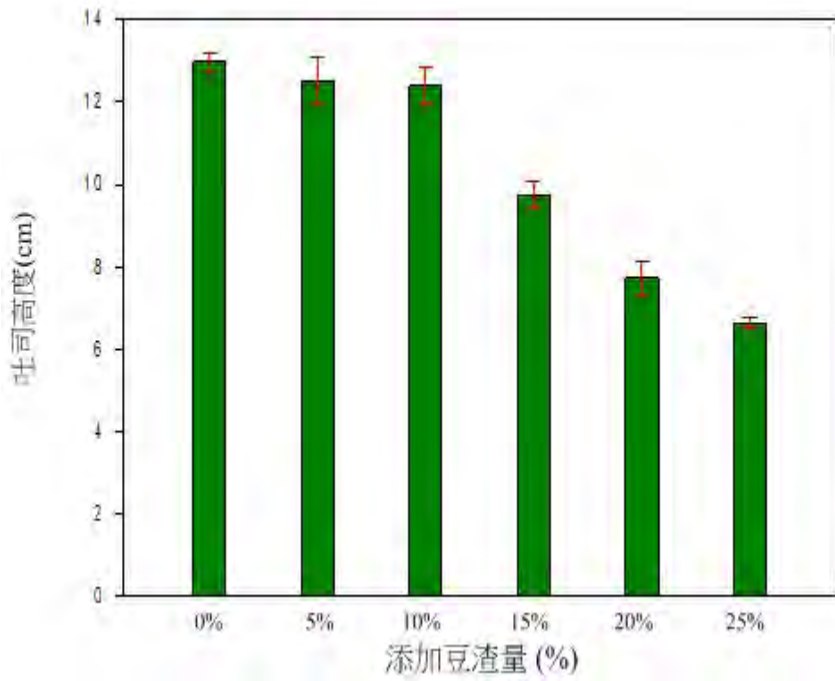


圖9 豆渣添加量對土司高度之影響

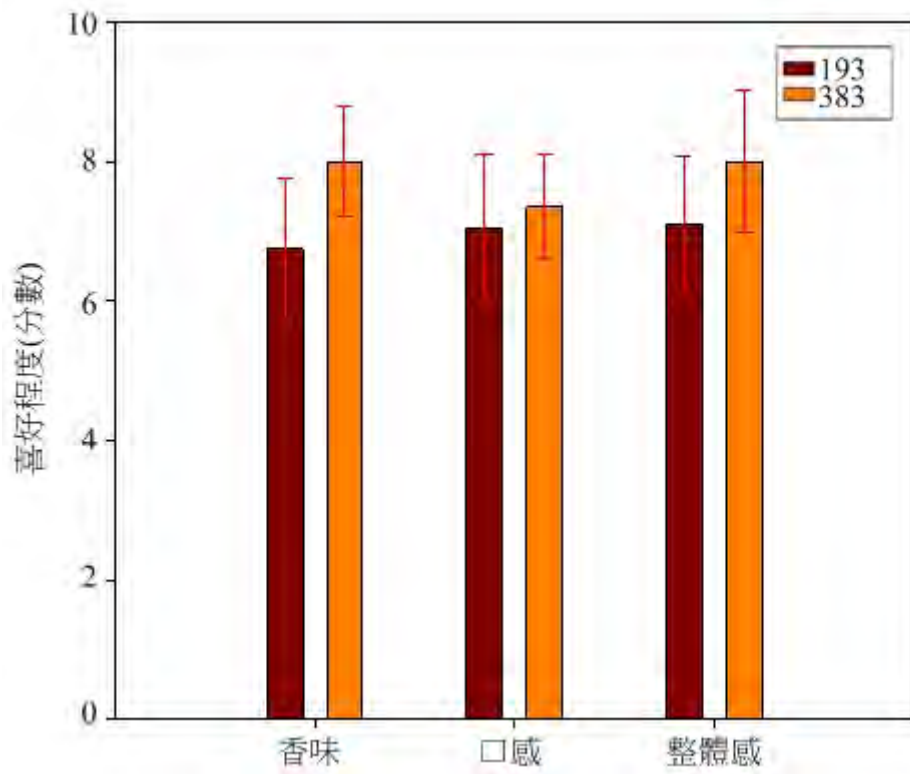


圖10 初步品評結果 (豆渣添加量對土司高度之影響)

討論：

1. 隨著添加豆渣比例越高，土司高度明顯的降低。
2. 5%之土司與 10%之土司高度並無明顯差異，15%之土司的高度偏低，20%與 25%高度過低，推測因為豆渣取代麵粉比例太高，導致筋性不夠，所以無法充分發酵。
3. 因此我們討論以不減少麵粉含量而外添加豆渣，類似葡萄乾土司的製作方法，以下簡稱「葡萄乾打法」。(葡萄乾打法是在麵糰接近完成階段時，再添加豆渣。

【實驗C-3】製作方法對土司高度之影響

前言：因為實驗 B-4 製作出來的產品體積比一般土司小，所以我們改用不減麵粉的配方進行比較。

步驟：

1. 取 3 號粒徑大小之豆渣 15%。
2. 參考葡萄乾司土司製作方法豆渣是額外添加，麵粉百分比含量不變。
3. 比較不同製作方法對土司高度之影響。
(A：白土司、B：本方法製作之土司、C：豆渣取麵粉製作之土司)

結果：

1. 使用本方法製作之土司與白土司之高度相差不遠，如圖 11 所示。
2. 此做法豆渣顆粒比豆渣取代麵粉打法更加明顯。

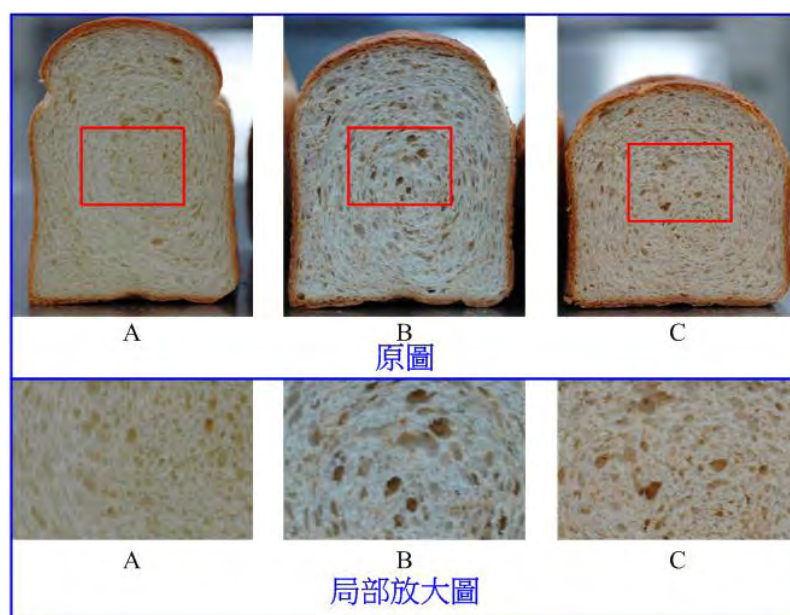


圖11 不同製作方法對土司高度及組織之影響

討論：

1. 利用葡萄乾打法可由內部組織的照片明顯的看到豆渣，因為豆渣是在麵糰接近完成階段的時候加的，所以不會吸水糊掉。
2. 由圖 12 顯示，看得到明顯的豆渣顆粒，香氣、高度也不輸取代麵粉的方法。
3. 我們將以此方法，進行嗜好評分品評調查消費者對此土司的意見。

【實驗 C-4】製作方法對土司硬度之影響

前言：為了將硬度確實的量化，我們使用推拉力計測試兩個樣品的硬度。

步驟：

1. 將樣品 A(白吐司)以及樣品 B(葡萄乾打法之土司)使用切片機，切成約 1 cm 之大小。
2. 將三片吐司疊起來，使用齒狀的探頭模擬牙齒的形狀，測試硬度。
3. 測試時會產生波形，最高點即為硬度。
4. 測試完畢，紀錄數據並繪製圖形。

結果：如圖 12 所示，葡萄乾打法之土司的硬度明顯比白土司還要高。

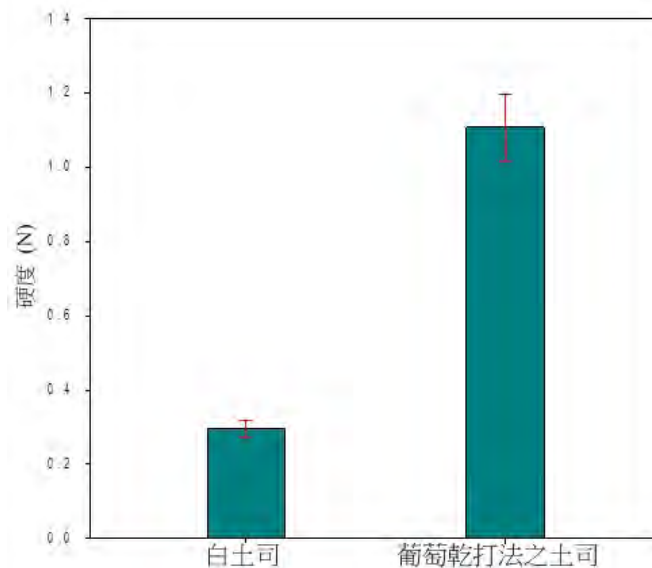


圖 12 兩種土司硬度之比較

討論：由實驗結果顯示，樣品 A 的硬度明顯的比樣品 B 還要來得低，推測樣品 B 的口感會比樣品 A 更佳，我們打算進行嗜好評分品評，測試消費者對於樣品 B 的接受度。

D. 消費者喜好性之探討

【實驗D-1】消費者年齡與喜好程度之關係

前言：以年齡層區分消費者，調查消費者對於土司的喜好程度之關係。

步驟：

1. 以樣品編號 827 與 106 進行嗜好評分品評，評分表請參見附錄一。
2. 進行嗜好評分品評的時候，必須要在密閉的空間，不可以有其他異味，且溫度必須在 18~20°C 之間。
3. 品評產品前後都必須漱口，避免餘味殘留，且須在安靜的環境進行品評。
4. 總共調查了 75 位消費者的意見。
5. 將不同年齡層的整體感數據單獨比較。

結果：由圖 13 得知，30 歲以下的年齡層對於兩種土司的喜好程度是不相上下，但是在 30 歲以上的年齡層對於葡萄乾打法之土司的喜好程度較高。

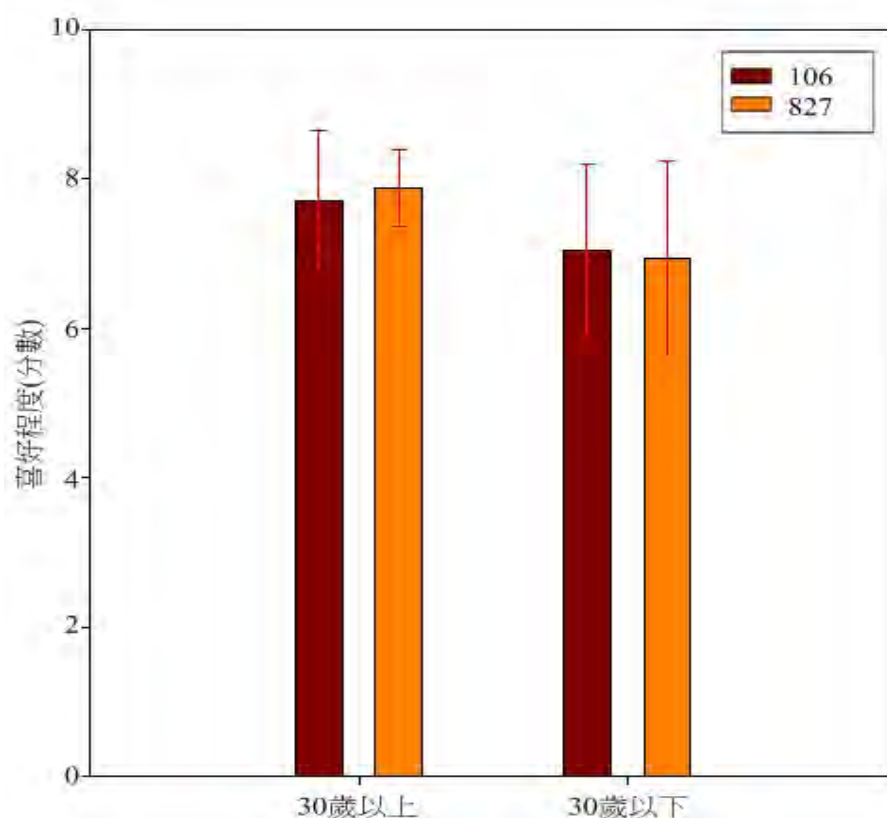


圖 13 年齡對土司喜好程度之影響

討論：30 歲以下與 30 歲以上年齡層的喜好程度並無顯著差異。

【實驗 D-2】消費者性別與喜好程度之關係

前言：以性別區分消費者，調查消費者對於土司的喜好程度之關係。

步驟：將不同性別的整體感數據單獨比較。

結果：由圖 14 得知，男性對於白土司的喜好程度較高，女性對於葡萄乾打法的喜好程度較高。

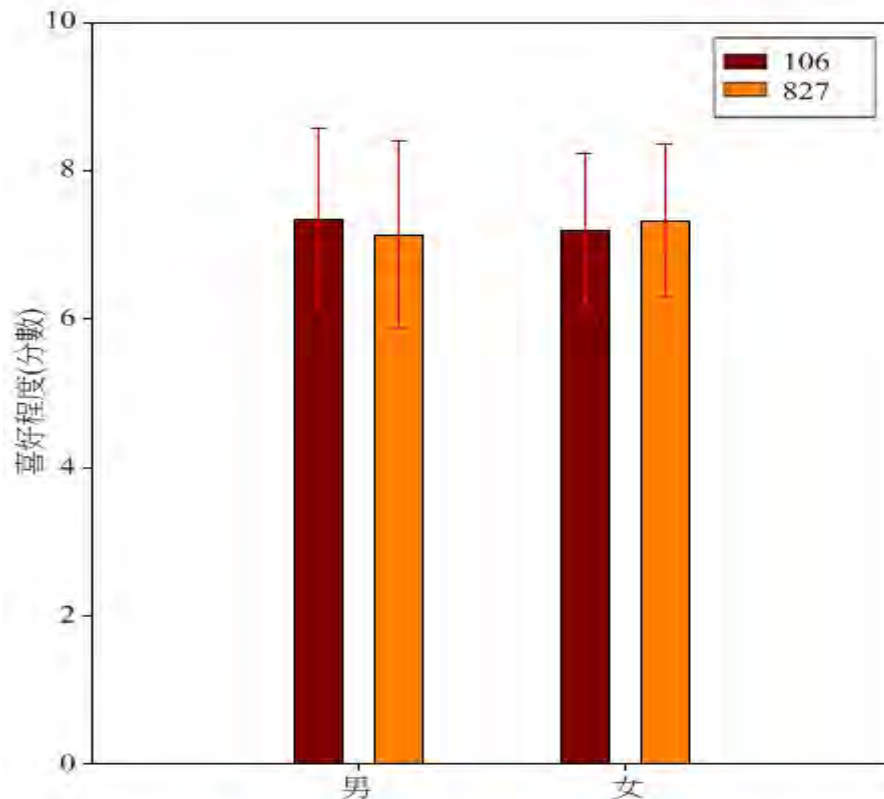


圖 14 性別年齡對土司喜好程度之影響

討論：男性與女性的喜好程度並無顯著差異。

【實驗 D-3】整體消費者官能品評試驗

前言：

1. 進行嗜好評分品評
2. 編號 827：代表添加 15%的豆渣，以葡萄乾打法製作。
3. 編號 106：代表白土司。
4. 使用性別以及年紀層分出不同族群。

步驟：

1. 以樣品編號 827 與 106 進行嗜好評分品評，評分表請參見附錄一。
2. 進行嗜好評分品評的時候，必須要在密閉的空間，不可以有其他異味，且溫度必須在 18~20°C 之間。
3. 品評產品前後都必須漱口，避免餘味殘留，且須在安靜的環境進行品評。
4. 總共調查了 75 位消費者的意見。
5. 將年齡與性別的整體感數據單獨比較。

結果：

由嗜好評分品評的結果顯示：

1. 色澤:其中以 106，消費者的喜好度最高。
2. 外觀:其中以 106，消費者的喜好度最高。
3. 風味:其中以 106 與 827 喜好度最高。
4. 口感:其中以 827 喜好度最高。
5. 整體感:其中以 106 喜好度最高，與 827 相差不多，如圖 15 所示。

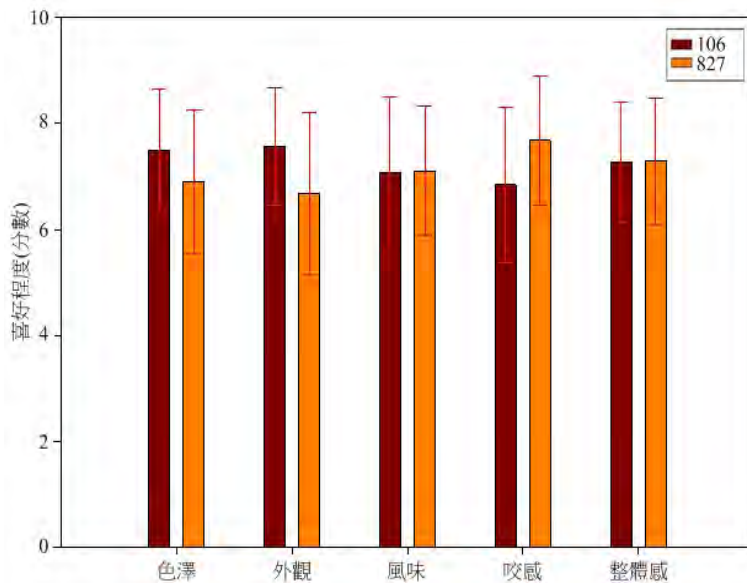


圖 15 整體消費者對土司之嗜好評分品評

討論：

1. 品評結果顯示，我們的樣品與白土司的接受程度不相上下，但是白土司並沒有豆渣土司所擁有的營養以及口感。
2. 口感方面 827 最佳，添加了豆渣之後增加了土司的硬度，口感也變得更 Q 了
3. 這結果與我們預期的相差並不遠。在外觀上一定是 106 較好，這是無庸置疑的，因為 827 表面都有凹凸不平的坑洞，消費者可能沒見過這種土司。

陸、研究結論

一、實驗結論

A. 豆渣營養價值之探討

以黃豆製作豆漿時，留下的豆渣中各種營養成分(粗蛋白 20.71%、粗脂肪 20.48%、灰分 16.83%、碳水化合物 29.94%等)之殘留率不低，豆渣有回收再利用之價值。

B. 豆渣處理條件之探討

豆渣較適之處理條件：溼豆渣先經粗篩，再以 120°C 熱風乾燥 1 小時，豆渣之香氣、色澤、乾燥效果均佳。

C. 豆渣吐司製作條件之探討

以豆渣取代 15%之麵粉時，消費者喜好程度最高，但豆渣取代麵粉含量越高，則土司之高度卻越低。若改為額外添加 15% 豆渣之製作方法（麵粉含量不變），明顯改善土司高度過低之問題。測試土司內部組織之質地，發現豆渣土司硬度明顯高於白土司。

D. 消費者喜好性之探討

官能品評試驗結果顯示，不同年齡、性別或整體消費者，對豆渣土司、白土司之喜好程度相近，並無顯著差異。

二、具體貢獻

以健康的角度來講，食用添加豆渣的土司，可以同時攝取到豆渣的膳食纖維營養，且經過嗜好評分品評的階段，消費者對於此豆渣土司的接受度跟白土司差不多，土司是許多人的早餐或下午點心，讓消費者能夠享受到美味之虞，並且顧慮到了健康。

三、未來展望

經過本研究發現將豆渣乾燥以提高利用價值，且經過嗜好品評評分，接受度與圓頂土司差異不大，讓更多人了解豆渣的營養價值，或許以後在麵包坊的架子上，多了個豆渣土司是有可能的。也有許多老師與朋友建議我們能夠做餅乾、蛋糕、豆渣餅、甚至直接調味當作零嘴，未來如果有機會，我會想要製作成類似燕麥的東西，能夠添加在飲品或是添加在飯裡面，或者加在冰淇淋、麵包上面當作裝飾。

四、相關課程之應用

科學名稱	教學單位	作品應用部分
食品化學	水分乾燥	水份定量 粗脂肪測定
穀類加工	土司製作	製作豆渣土司

柒、參考資料

1. AOAC, Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 14th ed, The Association Of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., USA, p844~845, 1984。
2. 李秀、賴滋漢(1990)。食品分析與檢驗。精華出版社。
3. 郭文玉、劉發勇、邱宗甫(2011)。食品加工I。復文圖書有限公司。
4. 陳雪娥(2011)。神秘的最後營養源—深海礦物質，p145、p153~155，如何出版社有限公司。
5. 黃書政(2007)。膳食纖維的功能性及在食品工業應用，食品工業發展研究所。
6. 黃素華。如何吃到足夠的纖維素，台灣大學醫學院附設醫院。
7. 賴金泉、王昭君(2012)。食品化學與分析II。台科大圖書股份有限公司。
8. 謝安俞(2010)。窮人的肉類-黃豆。中學生網站 (<http://www.shs.edu.tw/>)，小論文991115梯次優等作品。

【評語】 091401

1. 解決問題之實驗設計能按步完成。
2. 實驗結果具有實際應用價值。
3. 能整合食品檢驗分析、化學及食品加工相關知識，充份表達作品欲達成之目的。
4. 能用正確的科學方法統計分析結果。
5. 團隊表達能力佳。
6. 實驗記錄完整詳實。