

2025 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

□國中組 □普高組 ■技高組 成果報告格式

題目名稱：免揉麵包製程水合時間對麵筋生成質量與麵包組織的影響

一、摘要

本研究探討免揉麵包製程中，水合法(Autolyse)自動生成麵筋的影響因素，以及麵筋質量對麵包內部結構的影響。水合法是一種低干預、高水量、長時間靜置的製程方式，只需將麵團自然靜置一段時間，蛋白質鏈 (Gliadin,Glutenin) 將自動結合，形成初步的麵筋網絡。不需使用攪拌工具也不必依賴高超的揉麵技巧即可做出中度筋性的麵團，讓每個人都可以做麵包，特別是有麩質過敏或其他食材過敏的人，自製安全可口的麵包幾乎沒有門檻。免揉麵包相較於傳統製程排除了機械性的攪拌，減少在今生成的過程中對麵筋的破壞，長時間低溫冷藏的過程中，除了麵筋穩定生成之外，酵母產生的有機酸，也可使麵筋更穩固。

二、探究題目與動機

如何提升麵包品質一直是烘焙產業追求的課題。現今市售麵包為了量產與品質一致性，多使用攪拌機製作麵團，從備料攪到烤焙出爐約需要 4~5 小時。然而，有些消費者食用市售麵包後，會有脹氣或腸胃不適等症狀，這些腸胃不適症狀與某些難以消化的短鏈碳水化合物 FODMAP (Fermentable Oligosaccharides, Disaccharides, Monosaccharides And Polyols) 有關。在追求健康前提下，大家開始著手製作麵包，免揉法因其製作流程簡便與風味獨特，廣受歡迎。相較於傳統製程，免揉麵包的長時間發酵讓部分 FODMAP 降解作為酵母的營養源，減少麵包成品中 FODMAP 的量，避免或減緩食用後脹氣的不適；也因為發酵過程中與環境微生物的互動，讓麵包成品風味更有層次感。

麵筋結構是影響麵包質地與體積的核心因素，而不同的製作方式亦會影響麵筋形成與排列方式。本組實驗使用免揉麵包製程，並探討麵團發酵前，不同時間沖洗出來的麵筋重量的改變，與經過發酵後，麵包經烘烤，再來計算其前後容積比。

三、探究目的與假設

(一) 探究目的

本研究旨使用固定烘焙百分比製作麵團(高筋麵粉 100%，水 70%，食鹽 2%，速發乾酵母 0.5%)。探究水合時間對免揉麵團中麵筋形成的影響，並透過對照組麵團進行烘焙，麵團使用帶蓋方塊吐司模型，所以可以在固定容積比(模型體積 ml/麵團質量 g)，分析不同水合時間的免揉麵團，烘焙出麵包成品的外觀、內部組織與風味口感。

(二) 探究假設

假設 1：水合法能強化麵筋網絡結構，提高麵包的嚼勁與儲存穩定性。

假設 2：免揉麵包在不同時間烘烤出來的麵包，計算容積比與麵包內部結構的的差別。

假設 3：在無需機械攪拌的條件下，蛋白質（Gliadin 和 Glutenin）可自然結合形成有效麵筋網絡。

假設 4：低溫發酵能提高麵筋的穩定性並改善麵包內部結構。

四、探究方法與驗證步驟

壹、實驗器材：塑膠袋、高筋麵粉、鹽巴、酵母、水、烤箱、烤盤、電子秤、湯匙、刮板、隔熱手套

貳、驗證步驟：

免揉麵包完整流程：(1)首先將麵團與水混合均勻後，在室溫發酵一小時(溶解乾酵母並活化)，再放入低溫冷藏十四小時完成基礎發酵，同時麵筋將自動生成至足夠後續步驟的強度；(2)將完成基礎發酵的麵團取出，排氣整形後置入方塊吐司模，在室溫下發酵至約八分滿，完成最後發酵；(3)放入已事先預熱的烤箱烘烤（220°C，30 分鐘）(4)出爐後脫模放涼。固定使用前述烘焙百分比配方，麵粉 200 克(100%)、酵母 1 克(0.5%)、食鹽 4 克(2%)、水 140ml(70%)。

水合時間與麵筋生成量實驗：一次準備免揉麵團，分割成等量的小麵團，在不同的時間對面團進行洗面筋的動作，記錄濕麵筋量，烘乾後記錄乾麵筋量。

麵包組織實驗：準備適合方塊吐司模的配方量，但是改免揉製程麵團烤焙錢的總時間，烤焙後觀察誠品的外觀、內部與組織風味。

參、驗證步驟

一、混合麵團

首先先將麵粉、食鹽、酵母倒入袋子中（如圖一至圖四），再將三樣乾性材料搖晃混合均勻後，加入水，再搖搖晃袋子，將麵團混合再一起。從圖五得知第一次搖晃中，可以發現第一次搖晃麵團呈現塊狀。從圖六得知第二次搖晃中，麵團會逐漸成形。從圖七得知第三次搖晃中，麵團回全部混合均勻，混合完成後，會放在室溫一小時，冷藏十四小時使麵團發酵。由圖八可知，經由發酵過後的麵團，會呈現粘糊狀。



圖一、倒入麵粉



圖二、倒入鹽巴



圖三、倒入酵母



圖四、將水加入混合好的麵粉



圖五、第一次混合



圖六、第二次混合



圖七、混合完成

圖八、發酵

二、洗麵筋

本研究設計兩組試驗：兩組麵團分別十個 30 克的麵團一組，一組測量濕筋量、一組測量乾筋量。水合法麵筋測試，先將發酵完成的麵團，利用三折法揉麵，30 分鐘清洗麵筋。為了探討不同發酵時間對麵筋形成的影響，先將分別發酵 13 小時與 22 小時的麵團分為各 10 組，每組麵團靜置間隔 30 分鐘，比較不同時間麵筋重量的差異。測試時，準備一個乾淨的碗盛裝常溫水，將麵團置於篩子中，再將篩子連同麵團一同放入水中進行清洗。清洗過程，以雙手搓洗麵團，讓澱粉與可溶性物質溶入水中，並持續更換清水，直到水中無明顯白色澱粉漂浮為止，僅剩具延展性與彈性的麵筋體。最後將洗淨後的麵筋瀝乾，用濾網或雙手壓出多餘水分後，使用電子秤測量其濕重並紀錄。

發酵 13 小時

第一組麵團發酵 13 小時：10 份麵團皆先進行 13 小時的發酵處理，之後每隔 30 分鐘進行一次麵筋清洗，量測洗出之麵筋產量。

表一

組別 \ 數值	時間	乾筋	濕筋
1	11:21	4.4	8.3
2	11:51	4.4	9.3
3	12:21	5.0	10.1
4	12:51	4.3	9.0
5	13:21	4.3	9.2

表二

組別 \ 數值	時間	乾筋	濕筋
6	13:51	4.2	8.6
7	14:21	4.7	10.0
8	14:51	4.8	9.1
9	15:21	5.2	8.8
10	15:51	4.9	8.2

發酵 22 小時

第二組發酵 22 小時：10 份麵團進行 22 小時的發酵，同樣以 30 分鐘為間隔進行麵筋清洗，並記錄每次清洗所產生的麵筋量。

表三

組別 \ 數值	時間	乾筋	濕筋
1	11:21	4.7	8.3
2	11:51	4.2	9.3
3	12:21	4.2	10.1
4	12:51	5.0	9.0
5	13:21	5.0	9.2

表四

組別 \ 數值	時間	乾筋	濕筋
6	13:51	4.8	8.6
7	14:21	5.4	10.0
8	14:51	5.5	9.1
9	15:21	5.1	8.8
10	15:51	6.4	8.2

三、烘烤麵筋的實驗過程（如圖九至圖十四）

步驟一、清洗麵團將多餘的麵粉搓洗出、步驟二、換水清洗剩餘麵粉、步驟三、秤清洗後麵筋重量、步驟四、擺盤、步驟五、烘烤麵筋、步驟六、秤麵筋重量。



圖九、使用雙手清洗麵筋



圖十、將剩餘麵粉洗出



圖十一、濕麵筋秤重



圖十二、將濕麵筋擺放制鐵盤



圖十三、烘烤濕麵筋



圖十四、乾麵筋秤重

一、麵包容積比

麵包烘焙前後體積的變化比例，用來評估麵團發酵與烘烤過程中氣體膨脹的能力與麵筋結構。膨脹比越高，代表麵團在發酵與烘烤過程能夠保留更多氣體，而形成較蓬鬆、柔軟的麵包結構。實驗設計本組以相同配方製作麵團，並在不同水合時間靜置後，進行發酵與烘烤，分別測量其體積變化，以計算膨脹比。藉此觀察不同水合時間對麵筋形成與最終成品的膨脹性之影

響，並進一步評估免揉麵包的發展潛力與產品品質。容積比公式 = 模型體積/麵團的質量。使用三立 SN2190 正方形低糖鑄鋁土司盒：內徑 100x100x100mm，計算容積比。

二、麵包烘烤

使用中種法觀察不同發酵時間對麵包最終膨脹性與容積比的影響，完成發酵後在進行麵包的烘烤，並量測麵包其最終的體積與計算容積比。

麵團 \ 粉水比	水	高筋麵粉	酵母	鹽	靜置時間	容積比
1	140	200	1	4	30	$1000 / 351.5 = 2.845 \approx 3$
2	140	200	1	4	60	$1000 / 349.1 = 2.864 \approx 3$
3	140	200	1	4	90	$1000 / 333.7 = 2.996 \approx 3$
4	140	200	1	4	120	$1000 / 350.0 = 2.860 \approx 3$
5	140	200	1	4	30	$1000 / 348.8 = 2.867 \approx 3$

相近的容積比表示麵團的膨脹倍數相當，以此基礎比較麵包成品的外觀與內部組織。

三、麵包烘烤後

根據實驗試吃與觀察結果發現，隨著發酵時間的增長，麵團的氣孔會變得較大且分布均勻，使麵包整體更加蓬鬆，也促進麵筋的發展，使其結構更穩固，內部組織逐漸趨於緊密而富有彈性。相較於發酵時間較短的麵包，麵包內部會較鬆軟，麵團的氣孔會變得較小分布更緊密。另外在口感方面，由於本實驗使用中種發製作是歐式麵包，因此麵包外皮在高溫烘烤後呈現表皮變硬的情況，而內部部分則隨著發酵時間的延長，口感由原本的柔軟濕潤轉變為彈性較強、更有嚼勁。



圖十四、氣孔較大



圖十五氣孔較大



圖十六、氣孔較緊密



圖十七、氣孔逐漸變小



圖十八、氣孔結構較小

五、結論與生活應用

(一) 結論

研究結論發現兩個問題。問題一、免揉麵團在吐司模進行最後發酵時，因為上課中無法觀察，可能會導致發酵時間過久，下課時發現會出已經現麵團外溢模具的情況，模型內的麵團質量減少，所以容積比的計算存在誤差，麵包組織的比較也產生困難。問題二、烘烤溫度過高，導致外皮會過厚太硬或表面裂開等情況。上述解決方式：1.使用較高或較寬的模具放置麵團，使麵包有更多的空間發酵。2. 調整烤箱溫度或調降烘焙時間，並在麵團進入烤箱前噴些水，保持表面濕潤。

(二) 生活應用

根據討論，本組發現免揉麵包製程利用水合法自東昇成麵筋，對設備與技術的門檻要求極低，非常是合家庭或個人使用，具有高度的便利性與實用性。部分家庭有自動化的麵包機，可以利用水合的原理，在材料初步攪拌成團之後短時間靜置(例如 30 分鐘)，在麵筋初步形成之後在在做正式腳打麵團的動作，可以改善麵包機製作高筋性麵團的效率，也是中種法背後的科學精神。甚至在完全沒有專業設備的露營情境，也可以輕易使用免揉法準備麵團，露營設備的平底鍋或是荷蘭鍋也能勝任烤箱的角色。

參考資料

CookPot 鍋寶. (無日期)。健康好時光：如何做出好吃麵包？不同製作方法學起來。

<https://www.cookpot.com.tw/article/313.html>

許家齊 (2025)。一齊幸福烘焙麵包：粉絲學員狂讚的吐司×貝果×軟歐包×手撕包，從烘焙入門必修課到完美配方全不藏私，讓你在家烤出專業級美味麵包。日日幸福。

唐子浩 (2025)。酸種麵包原來如此：從零開始～祖祖的自養酵母烘焙筆記。麥浩斯。

張聖雍 (無日期)。免揉麵包講義-關鍵字篇。

張聖雍 (無日期)。免揉麵包 的科學原理 A。

井上好文、大橋哲雄、德永久美子、古山雄嗣、榎本哲、伊藤雅大、西川功晃、与儀高志、村田圭吾、松尾裕生、諏訪原浩、福王寺明、原田昌博 (2024)。高含水麵包的技術：人氣名店的製作技巧·思考策略：日本パン技術研究所高含水麵包理論、製程規劃，展現職人特色，創造獨特口感與風味。大境。

哈吉昂德魯·艾曼紐 (Hadjiandreou, E.)、Painter, S. (原著)，林潔盈 (譯) (2016)。經典歐式麵包大全：義大利佛卡夏·法國長棍·德國黑裸麥麵包，「世界級金牌烘焙師」60 道經典麵包食譜。采實文化。