

實驗設計報告

指導教授：鄭順林教授

各品牌汽水酸鹼值比較



組長：統計系 108 級 華軒甫 H24046066

組員：統計系 108 級 郭唯崢 H24046105

統計系 108 級 歐家妤 H24041359

統計系 108 級 戴源里 H24046082

統計系 108 級 廖毅桓 H24044014

統計系 108 級 潘縉緯

目錄

壹、前言	3
貳、實驗目的與動機	3
參、實驗規劃	4
一、考慮的因子	
二、實驗模型	
三、實驗規劃	
肆、實驗前測與修正	8
一、實驗前測	
二、實驗檢討與改進	
伍、實驗進行詳述	11
一、實驗材料及器具來源	
二、人員工作分配	
三、實驗流程詳述	
陸、實驗進行分析	15
一、原始模型	
二、Reduced Model	
柒、結論	20
捌、實驗檢討	21

玖、實驗心得	22
拾、附錄	23
拾壹、參考文獻	23

壹、 前言

碳酸飲料為現今大眾接受度很高的飲品，但是其對於人體會造成傷害，如何在飲用汽水與健康之間達到平衡？於是我們想在各牌汽水之中，找出最接近中性的碳酸飲料，供大家在購買汽水時，有一個遵循的依據，喝得開心也喝得健康！

貳、 實驗目的與動機

碳酸飲料常常存在於各種不同階級的餐飲店之中，小至街頭巷尾的快炒店，高至牛排餐廳的飯後飲品，都有碳酸飲料的蹤跡存在。碳酸飲料是酸性的，對於身體有不健康的影響。然而，市面上有許多不同的品牌，他們之間的差別又在哪裡呢？我們在飲用碳酸飲料時，要如何處理才會使它的 PH 值較接近中性，對於身體的影響比較小呢？

我們找出在市面上接受度高的幾項品牌進行分析，除了比較品牌之間的差異，也嘗試在碳酸飲料中加入鹽巴，以及讓其在開封後過一段時間再做檢測，研究在不同因子水準組合之下，哪一種情況的 PH 值最接近中性。

參、實驗規劃

一、考慮的因子

- ① 品牌：我們挑選 3 個在市場上最具有代表性的品牌——可口可樂、黑松沙士、雪碧。



- ② 是否開封：因為曾經開封過的汽水會影響二氧化碳溶解度，可能會造成酸鹼值的差異，我們想探討在開封當下、開封 10 分鐘後、及開封 2 小時後，其酸鹼值是否受到其影響。
- ③ 加鹽：有些汽水會加鹽增加口感，故我們在各品牌汽水中加鹽，測量是否會影響汽水的酸鹼值。量測前在汽水中加入 2 克鹽，攪拌 20 下後用酸鹼度計量測。
- ④ 實驗單位：從易開罐中倒出 50ml 的汽水至量杯中，再視加鹽與否做調整後，量測酸鹼值。
- ⑤ 反應變數：PH 值。
- ⑥ 干擾因子：將汽水保存在室溫下，將溫度視為內部的干擾因子。

二、實驗模型

$$\begin{aligned} Y_{ijklm} = & \mu + \tau_i + \beta_j + \gamma_k + R_m + (\tau\beta)_{ij} + (\tau\gamma)_{ik} \\ & + (\tau R)_{im} + (\beta R)_{jm} + (\gamma R)_{km} + (\beta\gamma)_{jk} + (\tau\beta\gamma)_{ijk} \\ & + (\tau\beta R)_{ijm} + (\tau\gamma R)_{ikm} + (\beta\gamma R)_{ijm} + (\tau\beta\gamma R)_{ijkm} \\ & + \varepsilon_{(ijklm)l} \end{aligned}$$
$$\left\{ \begin{array}{l} i = 1,2,3 \text{ (汽水品牌)} \\ j = 1,2,3 \text{ (開封時間)} \\ k = 1,2 \text{ (是否加鹽)} \\ m = 1,2 \text{ (實驗整體重複次數)} \\ l = 1,2 \text{ (實驗單位重複次數)} \end{array} \right.$$

τ_i ：第 i 種汽水品牌的影響係數，第一個水準為可口可樂，第二個水準為黑松沙士，第三個水準為雪碧。

β_j ：第 j 種開封時間的影響係數，第一個水準是開封當下，第二個水準是開封 10 分鐘後，第三個水準是開封 2 小時後。

γ_k ：第 k 種是否加鹽的影響係數，第一個水準是有加鹽，第二個水準是沒有加鹽。

R_m ：實驗整體重複次數

l ：實驗單位重複次數

$(\tau\beta)_{ij}$ 是品牌與開封時間之間交互作用的影響係數。

$(\tau\gamma)_{ik}$ 是品牌與是否加鹽之間交互作用的影響係數。

$(\tau R)_{im}$ 是品牌與實驗整體重複次數之間交互作用的影響係數。

$(\beta\gamma)_{jk}$ 是開封時間與是否加鹽之間交互作用的影響係數。

$(\beta R)_{jm}$ 是開封時間與實驗整體重複次數之間交互作用的影響係數。

$(\gamma R)_{km}$ 是否加鹽與實驗整體重複次數之間交互作用的影響係數。

$(\tau\beta\gamma)_{ijk}$ 是品牌與開封時間與是否加鹽之間交互作用的影響係數。

$(\tau\beta R)_{ijm}$ 是品牌與開封時間與實驗整體重複次數之間交互作用的影響係數。

$(\tau\gamma R)_{ikm}$ 是品牌與是否加鹽與實驗整體重複次數之間交互作用的影響係數。

$(\beta\gamma R)_{ijm}$ 是開封時間與是否加鹽與實驗整體重複次數之間交互作用的影響係數。

$(\tau\beta\gamma R)_{ijkm}$ 是品牌與開封時間與是否加鹽與實驗整體重複次數之間交互作用的影響係數。

$\epsilon_{(ijkm)l}$ 是誤差項。

$$\sum \tau_i = 0, \sum \gamma_k = 0, \sum \beta_j = 0, R_m \sim \text{NID}(0, \sigma_R^2)$$

$$\sum \sum (\tau\beta)_{ij} = 0, \sum \sum (\tau\gamma)_{ik} = 0, \sum \sum (\beta\gamma)_{jk} = 0, (\tau R)_{im} \sim \text{NID}(0,$$

$$\sigma_{\tau R}^2), (\beta R)_{jm} \sim \text{NID}(0, \sigma_{\beta R}^2), (\gamma R)_{km} \sim \text{NID}(0, \sigma_{\gamma R}^2)$$

$$\sum \sum \sum$$

$$(\tau\beta\gamma)_{ijk} = 0, (\tau\beta R)_{ijm} \sim \text{NID}(0, \sigma_{\tau\beta R}^2), (\tau\gamma R)_{ikm} \sim \text{NID}(0, \sigma_{\tau\gamma R}^2), (\beta\gamma R)_{ijm}$$

$$\sim \text{NID}(0, \sigma_{\beta_Y R}^2)$$

$$(\tau\beta_Y R)_{ijkml} \sim \text{NID}(0, \sigma_{\tau\beta_Y R}^2)$$

$$\epsilon_{(ijkml)} \sim \text{NID}(0, \sigma_{\epsilon}^2)$$

$$\forall i, j, k, m, l \ i \in \{1, 2, 3\} \ j \in \{1, 2, 3\} \ k \in \{1, 2\} \ m \in \{1, 2\} \ l \in \{1, 2\}$$

三、實驗規劃

先將所需器材備妥，由於我們很難將開封時間做完全隨機(大幅增加實驗時間)，因此我們以 Split-plot 實驗設計來進行實驗，其中開封時間為 Whole plot (或視為 Block)，將汽水依照開封時間分為三組，按照組內完全隨機化 (註一) 的實驗次序進行量測，再視加鹽與否做調整。

※註一：組內完全隨機化：總共 36 處理 (3 品牌 × 3 開封時間 × 2 加鹽 × 2 實驗單位重複)，去除實驗單位重複，將開封時間設為 Block，開封時間與組內 6 個處理次序完全隨機化，得到之實驗順序如下：

開封時間(Block)							
品牌		開封當下(3)		開封 10 分鐘(1)		開封 2 小時(2)	
	可口可樂	不加鹽	6	不加鹽	3	不加鹽	5
		加鹽 2g	3	加鹽 2g	1	加鹽 2g	2
	黑松沙士	不加鹽	5	不加鹽	2	不加鹽	1
		加鹽 2g	2	加鹽 2g	4	加鹽 2g	6
	雪碧	不加鹽	1	不加鹽	5	不加鹽	3

		加鹽 2g	4	加鹽 2g	6	加鹽 2g	4
--	--	-------	---	-------	---	-------	---

* 可能遇到的限制：(1)運送過程的搖晃

(2)保存環境的溫度變化

(3)實驗時空氣濕度的變化

肆、實驗前測與修正

一、實驗前測

1. 日期：2017/12/4

2. 地點：組長家中

3. 道具：汽水數罐，鹽一罐，量杯一個，廣用試紙一副（代替電子酸鹼度計）

*因為來不及借到實驗室，故先用廣用試紙代替。

4. 過程：

依據上面表格進行實驗次序，從開封 10 分鐘的 Block 開始實驗。

第一個進行的處理為可口可樂加鹽，首先將可口可樂 50ml 倒入量

杯中，接著將鹽 2 克倒入後並攪拌 5 下，接著將廣用試紙放入，觀

察和記錄其顏色變化。接著根據不同處理重複如上步驟。

再依序做開封當下，以及開封 2 小時的實驗，重複上面的步驟，觀

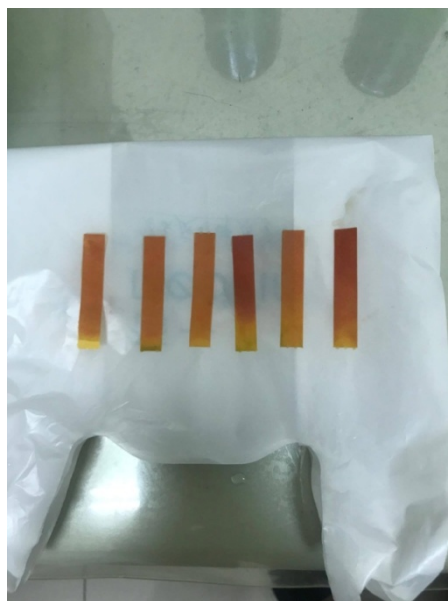
察並記錄其顏色變化。



<圖一>將汽水、量杯、鹽等器材擺放齊全後，準備開始做實驗



<圖二、三>倒入汽水後，加入 2 克的鹽，並攪拌 5 下，最後放入廣用試紙觀察其顏色變化。



<圖四>將廣用試紙依據實驗次序由右到左放置，觀察之間的差別。

開封時間(Block)							
品牌		開封當下(3)		開封 10 分鐘(1)		開封 2 小時(2)	
	可口可樂	不加鹽	2(6)	不加鹽	3(3)	不加鹽	3(5)
		加鹽 2g	2(3)	加鹽 2g	3(1)	加鹽 2g	3(2)
	黑松沙士	不加鹽	3(5)	不加鹽	4(2)	不加鹽	4(1)
		加鹽 2g	3(2)	加鹽 2g	5(4)	加鹽 2g	4(6)
	雪碧	不加鹽	4(1)	不加鹽	4(5)	不加鹽	5(3)
		加鹽 2g	4(4)	加鹽 2g	4(6)	加鹽 2g	4(4)

*黑色數字為反映結果 (PH 值) · 括號內紅色數字為實驗次序

* 前測後發現可能產生誤差的變因：

(1) 倒出汽水的速度，會造成氣泡的產生，影響二氧化碳的溶解。

(2) 在加入鹽巴之後，攪拌的次數以及速度，會影響鹽巴的溶解。

二、實驗檢討與改進：

因為廣用試紙可以測出的 PH 值精確度不夠，且是用肉眼觀察其顏色差異，所以

做出來的結果差異不大，但是能夠看出品牌及加鹽與否會影響到汽水的 PH 值。

進入實驗室操作後，用酸鹼度計測量應該更能看出彼此的差別。

伍、實驗進行詳述

一、實驗材料及器具來源

實驗器具	數量	取得來源
各品牌汽水易開罐	各 12 罐	大潤發
鹽	1 罐	全聯福利中心
酸鹼度計	1 台	理化大樓實驗室
電子秤	1 台	理化大樓實驗室
量杯	數個	理化大樓實驗室
玻棒	1 支	理化大樓實驗室
計時器	1 台	組員手機

二、人員工作分配

工作內容	人員
倒汽水	潘縉緯、戴源里
秤量鹽及加鹽	廖毅桓
酸鹼度量測	郭唯崢
紀錄	歐家妤
準備及清洗器具	華軒甫

三、 實驗流程詳述

1. 日期：2017/12/7 及 2017/12/14

2. 地點：理化大樓化學實驗室

3. 過程：

①事前準備

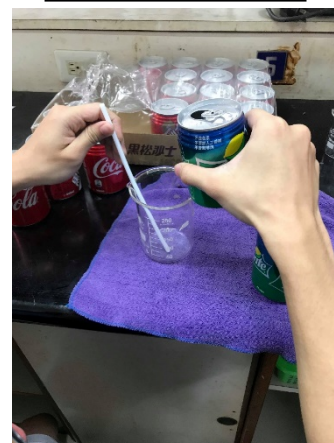
一到達實驗室，先將各品牌汽水各 4 罐每隔 2 分鐘依序開封，作為開封 2 小時的 Block，並將鹽 2 克秤量數份。另外，請實驗室助教將酸鹼度計校正。

②正式實驗

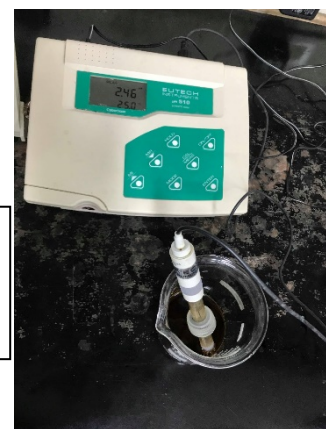
依據下面表格進行實驗次序，從開封 10 分鐘的 Block 開始實驗。第一個進行的處理為黑松沙士不加鹽，首先將沙士 50ml 倒入量杯中，而後將酸鹼度計探針放入，記錄其數值。接著根據不同處理重複如上步驟。

再依序做開封當下，以及開封 2 小時的實驗，重複上面的步驟，觀察並記錄其數值。

將汽水倒入燒杯 ↓



將配置好的溶液，用酸鹼度計測量，等其數字停止變化，就能得出 PH 值。



4. 第一次實驗記錄

開封時間(Block)							
品牌		開封當下(2)		開封 10 分鐘(1)		開封 2 小時(3)	
	可口可樂	不加鹽	2.45	不加鹽	2.59	不加鹽	2.52
			(2)		(2)		(6)
		加鹽 2g	2.19	加鹽 2g	2.20	加鹽 2g	2.18
			(4)		(4)		(1)
		不加鹽	3.10	不加鹽	3.27	不加鹽	3.14
			(1)		(1)		(4)
	黑松沙士	不加鹽	3.11	不加鹽	3.04	不加鹽	3.13
			(3)		(5)		(3)
		加鹽 2g	2.62	加鹽 2g	2.69	加鹽 2g	2.55
			(3)		(5)		(3)
		不加鹽	2.57	不加鹽	2.59	不加鹽	2.59
			(3)		(3)		(3)
	雪碧	不加鹽	3.13	不加鹽	3.07	不加鹽	3.21
			(5)		(3)		(2)
		加鹽 2g	3.14	加鹽 2g	3.13	加鹽 2g	3.15
			(6)		(6)		(5)
		加鹽 2g	2.76	加鹽 2g	2.79	加鹽 2g	2.65
			(6)		(6)		(5)
		加鹽 2g	2.67	加鹽 2g	2.68	加鹽 2g	2.73
			(6)		(6)		(5)

*黑色數字為反映結果 (PH 值) · 括號內紅色數字為實驗次序

5. 第二次實驗記錄

開封時間(Block)							
品牌		開封當下(3)		開封 10 分鐘(2)		開封 2 小時(1)	
	可口可樂	不加鹽	2.46	不加鹽	2.47	不加鹽	2.53
			(2)		(6)		2.44
		加鹽 2g	2.18	加鹽 2g	2.19	加鹽 2g	2.05
			(1)		(3)		2.16
		不加鹽	3.03	不加鹽	3.07	不加鹽	3.03
			(3)		(2)		3.10
	黑松沙士	不加鹽	3.12	不加鹽	3.14	不加鹽	3.12
			(4)		(5)		3.11
		加鹽 2g	2.62	加鹽 2g	2.68	加鹽 2g	2.56
			(5)		(4)		2.70
	雪碧	不加鹽	3.03	不加鹽	3.07	不加鹽	3.03
			(3)		(2)		3.10
		加鹽 2g	2.61	加鹽 2g	2.62	加鹽 2g	2.47
			(6)		(1)		2.65
		不加鹽	3.12	不加鹽	3.14	不加鹽	3.12
			(4)		(5)		3.11
		加鹽 2g	2.62	加鹽 2g	2.68	加鹽 2g	2.56
			(5)		(4)		2.70

*黑色數字為反映結果 (PH 值) · 括號內紅色數字為實驗次序

陸、實驗進行分析

一、原始模型

$$\begin{aligned}
 Y_{ijklm} = & \mu + \tau_i + \beta_j + \gamma_k + R_m + (\tau\beta)_{ij} + (\tau\gamma)_{ik} \\
 & + (\tau R)_{im} + (\beta R)_{jm} + (\gamma R)_{km} + (\beta\gamma)_{jk} + (\tau\beta\gamma)_{ijk} \\
 & + (\tau\beta R)_{ijm} + (\tau\gamma R)_{ikm} + (\beta\gamma R)_{ijm} + (\tau\beta\gamma R)_{ijkm} \\
 & + \varepsilon_{(ijkml)}
 \end{aligned}$$

1. EMS table (Replicate : 整體實驗重複、 Time : 開封時間、
Brand: 品牌、 Salt : 是否加鹽)

factor	EMS
Whole plot	
Repl i cate	$\sigma^2 + 36\text{Repl i cate}$
Ti me	$\sigma^2 + 12\text{Ti me} * \text{Repl i cate} + 24\text{Ti me}$
Ti me * Repl i cate	$\sigma^2 + 12\text{Bl oBck} * \text{Repl i cate}$
Sub plot	
Brand	$\sigma^2 + 12\text{Brand} * \text{Repl i cate} + 24\text{Brand}$
Sal t	$\sigma^2 + 18\text{Sal t} * \text{Repl i cate} + 36\text{Sal t}$
Brand * Sal t	$\sigma^2 + 6\text{Brand} * \text{Sal t} * \text{Repl i cate} + 12\text{Brand} * \text{Sal t}$
Ti me * Sal t	$\sigma^2 + 6\text{Ti me} * \text{Sal t} * \text{Repl i cate} + 12\text{Ti me} * \text{Sal t}$
Brand * Ti me	$\sigma^2 + 4\text{Brand} * \text{Ti me} * \text{Repl i cate} + 8\text{Brand} * \text{Ti me}$
Brand * Ti me * Sal t	$\sigma^2 + 2\text{Brand} * \text{Ti me} * \text{Sal t} * \text{Repl i cate} + 4\text{Brand} * \text{Ti me} * \text{Sal t}$
Brand * Repl i cate	$\sigma^2 + 12\text{Brand} * \text{Repl i cate}$
Brand * Ti me * Repl i cate	$\sigma^2 + 4\text{Brand} * \text{Ti me} * \text{Repl i cate}$
Sal t * Repl i cate	$\sigma^2 + 18\text{Sal t} * \text{Repl i cate}$
Brand * Sal t * Repl i cate	$\sigma^2 + 6\text{Brand} * \text{Sal t} * \text{Repl i cate}$
Ti me * Sal t * Repl i cate	$\sigma^2 + 6\text{Ti me} * \text{Sal t} * \text{Repl i cate}$
Brand * Ti me * Sal t * Repl i cate	$\sigma^2 + 2\text{Brand} * \text{Ti me} * \text{Sal t} * \text{Repl i cate}$
Resi dual s	σ^2

2. ANOVA 分析

factor	df	SS	MS	F-value	P-value
Brand	2	4.886	2.443	2926.8835	0.0003
Time	2	0.018	0.009	2.0676	0.326
Brand*Time	4	0.011	0.003	1.2130	0.428
Salt	1	3.217	3.217	2573.8711	0.0125
Brand*Salt	2	0.117	0.058	12.8798	0.072
Time*Salt	2	0.025	0.013	17.4961	0.0541
Brand*Time*Salt	4	0.001	0.0003	0.3178	0.8536
Replicate	1	0.028	0.028	12.0598	0.0014
Brand*Replicate	2	0.0017	0.0008	0.3594	0.7005
Time*Replicate	2	0.0087	0.004	1.8756	0.1679
Brand*Time*Replicate	4	0.0094	0.0023	1.0108	0.4148
Salt*Replicate	1	0.0013	0.0013	0.5383	0.4679
Brand*Salt*Replicate	2	0.0091	0.0045	1.9504	0.157
Time*Salt*Replicate	2	0.0014	0.0007	0.3086	0.7364
Brand*Time*Salt*Replicate	4	0.0036	0.0009	0.3858	0.8174
Residuals	36	0.0836	0.0023		

R-square=99.01%

R-square(adj)=98.04%

由 ANOVA 表可以得知，在品牌、是否加鹽、以及整體實驗重複皆有顯著影響(p

-value 值都小於 0.05)。不同品牌有顯著影響，表示各品牌本身的酸鹼度就有差

異，其中，以可口可樂的 PH 值最低；是否加鹽有顯著影響，表示在加鹽後，P

H 值有明顯的下降；整體實驗重複有顯著影響，表示可能是兩個禮拜實驗時的環

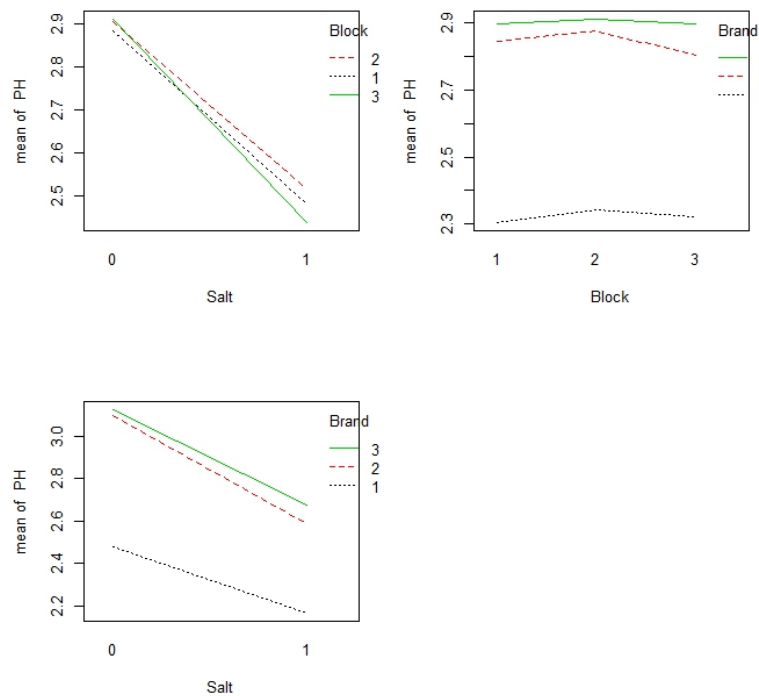
境(溫度與濕度)影響了汽水的 PH 值，造成差異。另外，在開封時間與是否加鹽

的交互作用，因為其 p-value 值接近 0.05，因此我們將這一項保留至 reduced

model，進一步確認這一項因子對模型有沒有影響。

R-square=99.01%代表模型的解釋能力很好，可以做進一步的分析。

3.交互作用項



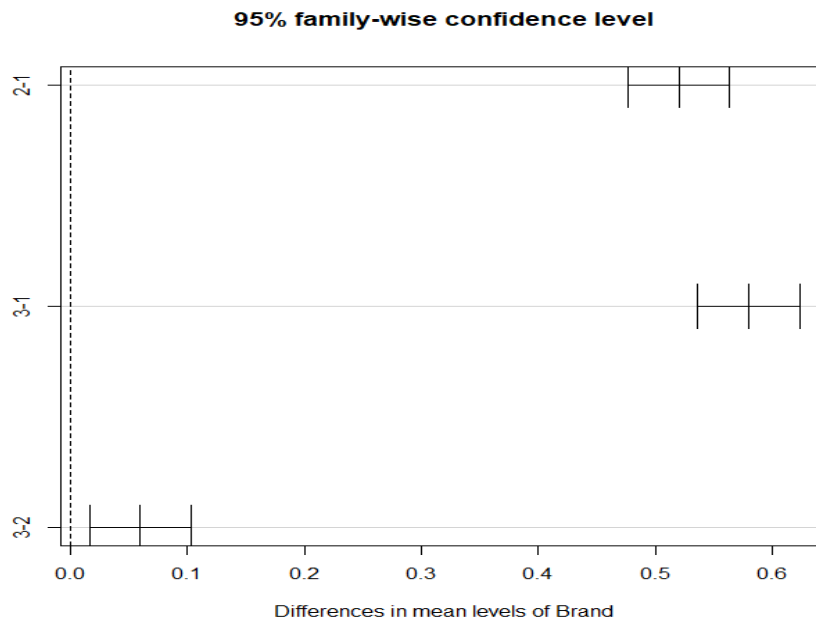
我們用圖形觀察開封時間對是否加鹽的交互作用、品牌與開封時間的交互作用、品牌與是否加鹽的交互作用。

(1)首先是左上圖，我們可以發現有加鹽巴時，開封時間三個水準對 PH 值的平均反應差異和沒有加鹽巴時，和開封時間三個水準對 PH 值的平均反應差異，是不同的，因此我們可判斷加鹽與否與開封時間對 PH 值的高低有交互作用。

(2)從右上圖得知，不論開封時間在高水準或是低水準，三個品牌對 PH 值的影響大致上是相同的，故推論品牌和開封時間對 PH 值是沒有交互作用的。

(3)從左下圖得知，不論是否有加鹽巴，三個品牌對 PH 值的影響大致上是相同的，故推論品牌和是否加鹽對 PH 值是沒有交互作用的。

4. Tukey Test for Brand



品牌	差異	差異下界	差異上界	P-value
沙士(2)vs 可樂(1)	0.5241667	0.47695161	0.5638817	<0.000001
雪碧(3)vs 可樂(1)	0.5800000	0.53653495	0.6234651	<0.000001
雪碧(3)vs 沙士(2)	0.0595800	0.01611828	0.1030484	0.0046138

我們用 Tukey-Test 來觀察品牌內兩兩是否有顯著差異。

由上圖可看出，無論任兩種品牌的差異皆不包含 0，可推論出三個品牌的汽水對 PH 值的反應皆不同。

也可由 P-value 看出，三者的 P-value 皆小於 0.05，故可拒絕 H_0 :兩者品牌沒有差異的虛無假設，因此也可推論出三個品牌的汽水對 PH 值的反應皆不同。

二、Reduced model

1. ANOVA table

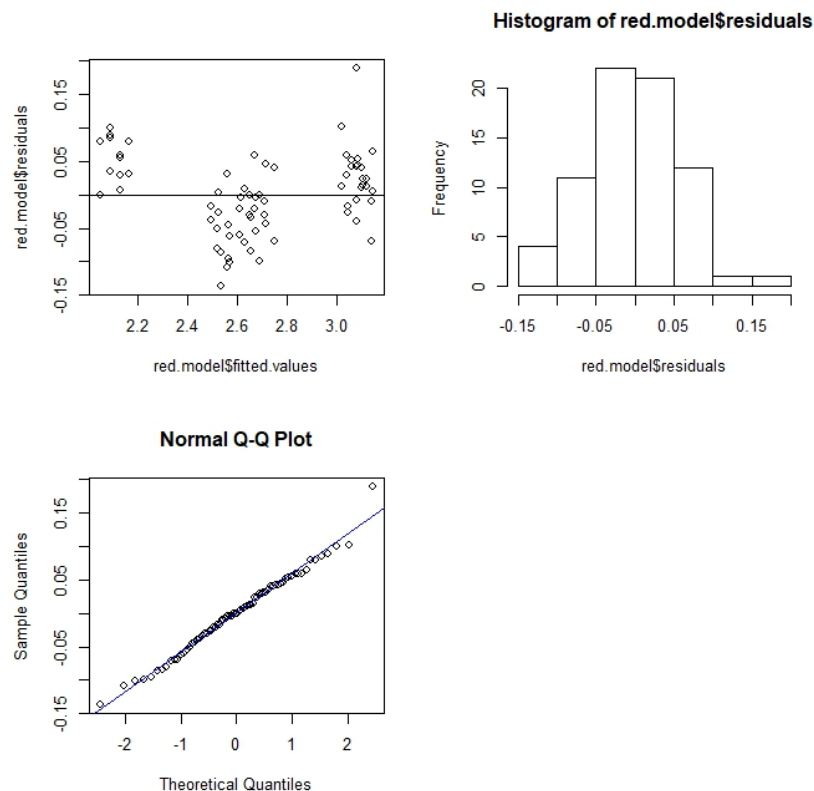
Factor	df	SS	MS	F-value	P-value
Brand	2	4.8863	2.4431	620.9063	2.2×10^{-16}
Time	2	0.0180	0.0090	2.2887	0.1098
Salt	1	3.2173	3.2173	817.6650	2.2×10^{-16}
Replicate	1	0.0280	0.0280	7.1174	0.0097
Time:Salt	2	0.0251	0.0125	3.1867	0.0480
residuals	63	0.2479	0.0039		

R-square=97.06%

R-square(adj) =96.68%

Reduced model 的結果與原始模型的結果大致相同，其中在開封時間與是否加鹽的交互作用變為顯著了(p-value 值小於 0.05)，因為在 MSE 變大的情況下,p-value 也相對變小的原因。

2. residuals 分析



Shapiro-Wilk normality test
data: resid(red.model)
W = 0.98836, p-value = 0.7506

Non-constant Variance Score Test
Variance formula: ~ fitted.values
Chi square = 0.4623208 Df = 1 p = 0.4965413

由圖片和 test 可以知道 residuals 是連續並且符合常態分佈，因此我們的分析可以採用，並且不需要做任何的變數轉換。

柒、結論

經由資料的分析，資料近似常態分配，殘差圖等變異且符合常態假設，故我們的模型是優良的。兩種模型掌握變異數的能力皆優良。

由 ANOVA 分析的結果來看，不同品牌對 PH 值的影響非常顯著，其中，可口可樂的 PH 值最低，黑松沙士的 PH 值最高，三個品牌的汽水 PH 值皆在 2 跟 3 左右，消費者若是擔心太傷身體的話，可以選購 PH 值較高的黑松沙士飲用。

在實驗中，開封時間對於 PH 值的影響並不大，在三種水準之下，PH 值都沒有明顯的變化。我們原先猜測開封久了會因為二氧化碳的逸散，導致 PH 值升高，得到數據後，猜測可能是因為在鐵鋁罐中，二氧化碳不容易逸出，於是為了確定開封時間有無影響，我們在第二次實驗有將一瓶可樂加鹽放入燒杯中，在室溫下擺放兩個小時，PH 值也並無顯著變化，故開封時間的長短對於 PH 值並沒有顯著的影響。

加鹽與否對飲料的 PH 值有顯著影響，最令我們驚訝的是，加鹽之後會讓 PH 值降低，我們原先認為因為加鹽巴會讓氣泡加速逸出，應該會造成 PH 值快速的上升，但是依照實驗結果來看，加鹽反而讓 PH 值降低。

我們比較了原先對於開封時間以及加鹽與否的猜想，發現原本認為氣泡的逸出與汽水的 PH 值有直接的關係，但分析實驗的結果發現，即便在時間加長下以及加入鹽巴之後，氣泡的逸出會增多，但是 PH 值並沒有顯著的變化，甚至 PH 值降低，故我們推斷在瓶中的氣泡多寡，對於汽水的酸鹼度並沒有直接的影響。

捌、實驗檢討

1. 在前測中發現鹽巴溶解度的問題，我們再正式實驗時實際測試了一杯可樂再加鹽後靜置兩小時讓鹽完全溶解，並拿它與可樂開封兩小時後才加鹽攪拌(未完全溶解)的實驗組做比較，發現量測出的 PH 值差異不大，因此我們推測加鹽的影響只有在加鹽瞬間冒出的大量氣泡有關，而與之後的溶解度無關。
2. 在放入酸鹼度計探針後，會經過一小段時間才會得到 PH 值，這樣的誤差很可能會影響開封時間這個因子對模型的影響(所幸此實驗開封時間為不顯著，因此對結論影響不大)，若日後再遇到模型裡有與「時間」相關的因子，一定要格外注意。

玖、實驗心得

戴源里：

這次的實驗從題目的構想、模型的建立、實驗的規劃、實驗的過程、到最後結果的分析，每一項都是與組員們一起構想與努力完成的，課堂上只學到各種模型如何建立與分析，實際的做實驗後才知道，如何把「想做的實驗」與該建立的模型對應起來才是最大的課題，而最後才是用課堂所學，分析得到的實驗結果並下結論。很開心能夠從無到有完成整個實驗，也謝謝實驗室助教及老師還有組員們的互相幫忙，很有成就感也很充實！

潘縉緯：

這是進入大學後，第一次進入實驗室做實驗，也是念統計以來，擺脫以往的算術和理論，自己動手做實驗拿數據，雖然一開始做實驗，覺得很新鮮很好玩，但做到後面，真的好枯燥乏味，一個簡單的隨機化，就可能大幅增加實驗時間和成本，也讓我們知道為了讓分析能夠盡量準確，實驗需要非常嚴謹的考量，在做完這次實驗後，也非常慶幸實驗數據應該是可以採用的，而且誤差也不大，也沒有殘差非常態的問題，真的是非常幸運，也透過這次的實驗，讓我透過小組設計實驗來更了解實驗設計的設計方法和分析方法。

華軒甫：

從一開始討論主題，對於模型的設計跟實驗方式還不是很理解，到後來隨著課程前進，也漸漸了解要用什麼樣的模型才能節省成本與時間。因為能夠使用實驗室的時間有限，導致我們必須要採用 split-plot 分析方式，才能夠在時間內順利的完成作業。即使分析結果比起完全隨機化來說，會較不精準，但是實驗設計的方法，就是在有限的時間或成本之內，設計出能夠解決問題的實驗，並且用有效的分析方式，提供有參考性的資料。跟大家一起完成這個實驗，回頭看看一學期以來發生的困難，是蠻有成就感的。

廖毅桓：

經過實際的實驗才真的知道要把所學的東西執行出來是多麼困難的事情。從如何做到隨機化到考慮那些不可控制變因，每一步都要花上很多心思才能呈現出這份報告，否則呈現出的成果可能會不可信。不同的實驗方法就有不同的模型，要如何執行都仰賴我們的決定，我們在修改模型上就討論了很久很久，到了正式實驗時也花了很多的心力，這是得來不易的經驗和成果。經由實際的執行讓我學到了如何做區間和隨機化，整體而言很有趣也很充實。

郭唯崢：

這次設計實驗的過程算是第一次將課堂中所學的理论應用到生活中。經過實際操作之後才發現有那麼多細節是需要注意的，且儘管實驗前已經考慮了許多可

能發生的變因，在做實驗的當下又會再發現更多沒有想到的問題。模型的決定也是很重要的一件事，不僅影響到實驗的時間和成本，也決定我們的結果是不是有參考價值。很幸運地這次實驗有老師和我們討論、有助教幫我們借到實驗室、還有組員們都很用心，才沒有遇到太大的問題，得到的實驗數據也是可以採用的。經過這次實驗，我對於實驗設計的一些技巧可以說是更熟悉了。

歐家妤：

還記得大二的時候第一次聽見「實驗設計」課名時的想像和憧憬，如今總算是實現了。以前我最喜歡的課就是像化學或物理可以做實驗的課，總是很喜歡自己動手做。可是在上了大學以後，一直沒有機會接觸。

這是我第一個將課堂所學的知識與實際狀況結合在一起的課程，讓我對於「統計」領域的概念有很深的影響，可以跳脫課本學習的感覺好棒！從一開始討論的理想值到後來操作上真的有一段落差，「做中學」讓我成長了很多。很感謝組員大家對這次報告都很努力，也讓我從他們身上學到了好多。感謝助教大方的協助，借我們實驗室。也感謝老師，一直很用心地教導，讓我們從無到有，完成了這次的任務。

拾、 附錄

一、實驗成本

汽水 共 912 元

二、特別感謝化學實驗室助教 謝慕道 老師 協助我們做實驗。

拾壹、 參考文獻

1. Design and Analysis of Experiments. By Douglas C. Montgomery. Eighth Edition.