

工程能力 向上을 위한 實驗計劃的 研究

Improving Process Capability by Applying Design and Analysis of Experiment

宋 瑞 日*

ABSTRACT

This paper analysis the process capability by applying experiment design to control alcohol insoluble matter mixing process of laundry soap.

The results are summarized as follows:

- (1) Alcohol insoluble matter shows the tendency of increasing according to the mixing temperature (A) and beating velocity (B).
- (2) The most suitable working condition of the mixing process is A_2B_2 , and 95% confidence limit of alcohol insoluble matter is $22.06 \pm 0.77\%$.
- (3) The process capability index (C_p) of the mixing process is improved from 0.64 to 1.68.

I. 序 論

最近 企業은 品質管理의 많은 관심과 실행으로 커다란 成果를 얻었으나, 品質管理 중 工程能力에 대한 意義나 概念이 명확하지 못하여 企業內에 무의식적으로 存在하고 있는 實情이다.

工程能力은 企業內의 모든 職能에 關係를 갖고 있으며, 그 情報가 全社的 品質管理의 綜合的 運營에 기여하는 比率이 대단히 크므로 工程能力의 역할을 再認識하여야 할 것이다.

工程能力은 안정된 工程狀態와 주어진 諸條件下에서 工程이 達成할 수 있는 品質能力을 意味한다.

工程能力에 미치는 影響을 分類하면 사람, 機械設備, 原材料, 作業方法, 測定이라는 要因으로 구분할 수 있다.

그러므로 工程能力에 미치는 要因을 管理할 필요가 있다. 즉, 作業者의 機能管理, 機械設備의 豫防保全管理, 原材料의 品質 및 在庫管理, 作業標準이나 技術의 管理, 作業方法의 改

이 論文은 1987年度 文教部 學術研究助成費에 의해 研究되었음.

* 東亞大學校 工科大學 産業工學科

善 및 維持 등으로 工程能力의 向上 및 維持를 위해서 科學的 管理技法을 利用하여 製品의 品質을 改善시켜 나가야 할 必要가 있다.

따라서 本 研究는 세탁비누를 主製品으로 生産하고 있는 A油脂會社를 選定하고, 비누의 重要한 品質特性值인 알콜不溶性分이 製品속에 일정하게 함유되도록 製造管理되어야 하기 때문에 비누의 製造工程중 配合工程能力의 現況을 調査하여 工程阻害要因을 분석하고, 그 主要한 要因으로 實驗計劃法에 의한 最適作業條件을 決定하여 工程能力의 向上을 모색하는데 그 目的이 있다.

II. 製造工程 및 現況分析

세탁비누의 製造工程은 Fig. 1 과 같다. 비누의 重要한 品質特性值는 重量, 水分, 물不溶性分, 알콜不溶性分 등이 있으나, 그중 알콜不溶性分은 配合工程 ③에서 builder로 첨가되는 규산소오다의 含量으로 表示되며, 비누속에 適當량 함유하고 있어야만 비누의 堅固性 및 洗淨性이 向上될 수가 있다. 그러나 너무 많이 함유되어 있으면 純비누性分이 적어져서 使用感이 좋지 못하다. 그리하여 消費者保護法의 하나로서 工產品品質管理法에 의해 各種 品質特性值들의 規格이 정해져 있으므로 항상 均質하게 배합되어야 한다. 따라서 標本業體인 A

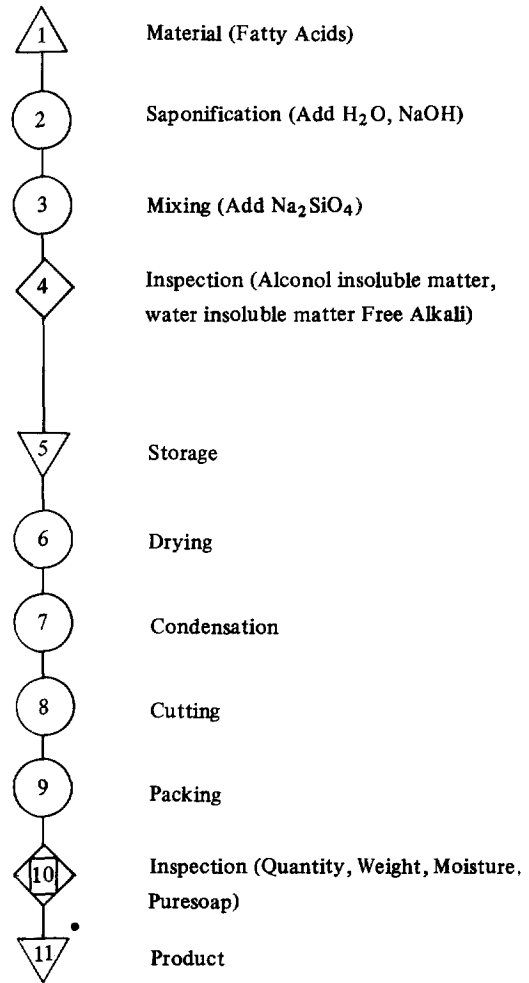


Fig. 1. Manufacturing Process of Laundry Soap

Table 1. Data of alcohol insoluble matter (%) for laundry soap

19.8	22.4	20.8	21.0	22.7	22.9	22.1	21.1	22.5	20.1
22.8	20.3	22.3	24.2	23.8	22.8	22.3	21.0	20.4	23.3
18.5	20.0	22.8	20.3	20.2	21.4	18.2	19.0	20.0	21.2
20.3	22.5	21.5	21.5	20.5	26.3	25.4	21.8	23.1	20.7
22.6	22.7	20.5	21.0	22.9	23.4	22.7	22.5	22.0	23.2
24.6	20.5	23.2	23.7	23.7	22.8	20.8	19.8	22.0	21.3
21.3	22.5	20.7	20.2	21.4	20.7	23.5	22.7	23.0	24.8
25.5	24.2	23.2	22.3	19.2	19.7	21.7	22.8	20.9	21.9
22.9	23.2	21.5	23.9	21.8	22.8	22.6	22.8	24.4	22.0
22.6	23.0	22.0	23.9	20.7	21.7	20.4	22.1	21.8	21.9

會社에서는 세탁비누의 알콜不溶性分을 調査하기 위하여 製品 100個를 測定한 結果는 Table 1 과 같고, 이를 標準規格과 比較하면 Fig. 2 와 같다.

Table 1 에 의한 알콜不溶性分의 統計量은 Table 2 와 같다.

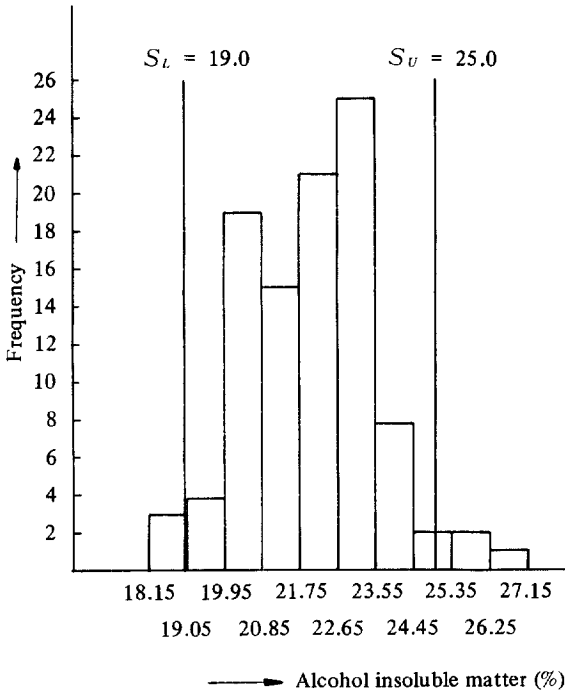


Table 2. Quality statistics of mixing process

statistics symbols	value
\bar{x}	22.05
V	2.49
S	1.58
C_p	0.64

Table 2 에 의하면 配合工程能力을 解析한 結果, 工程能力指數(C_p)가 0.64로서 工程能力이 대단히 부족한 실정이다. 이는 알콜不溶性分의 散布가 비교적 크기 때문이다. 따라서 配合工程能力에 미치는 要因을 調査하여 정리하면 Fig. 3 과 같다.

Fig. 2. Histogram of alcohol insoluble matter

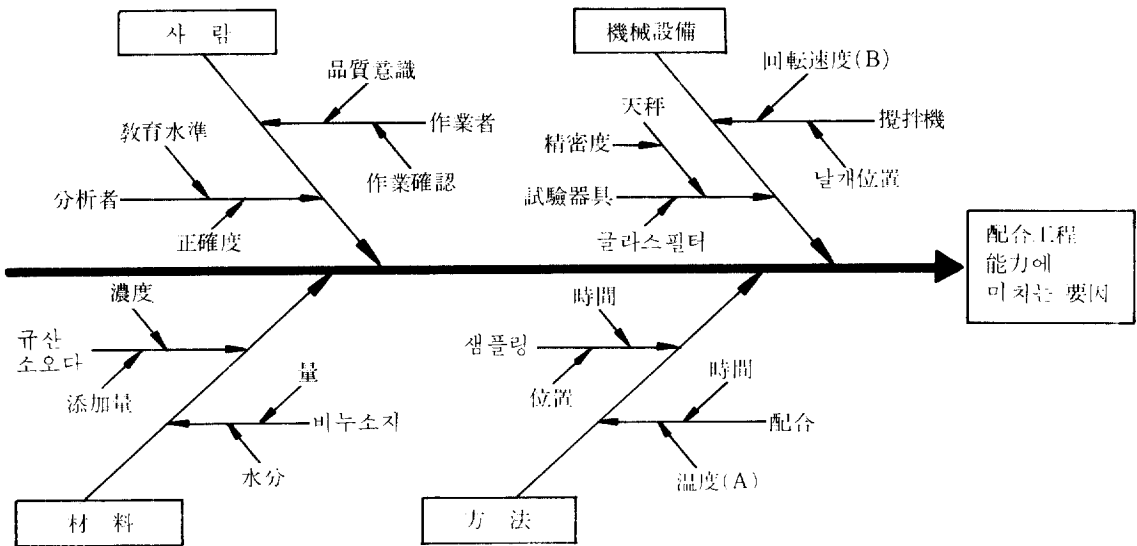


Fig. 3. Quality characteristic diagram of mixing process capability

III. 實驗材料 및 方法

1. 實驗材料

本 實驗에 사용된 材料는 다음과 같다.

(1) 비누소지는 油脂脂肪酸을 鹼성소오다(NaOH)로 中和하여 水分 30%로 한 것을 使用하였다.

(2) 알콜不溶性分의 原料인 규산나트륨(Na₂SiO₄)은 入庫된 硝子를 標本業體의 溶解槽에서 加熱溶解시켜 만든 40%의 규산나트륨을 使用하였다.

2. 實驗方法

本 實驗은 標本業體인 A 會社의 製造工程에서 다음과 같은 方法으로 實驗하였다.

(1) 實驗條件¹⁾

세탁비누의 配合工程에서 配合탱크內의 溫度를 因子 A로 하고, 配合攪拌速度를 因子 B로 하였으며, 因子 A의 水準間隔은 X℃로 하여 各 水準의 溫度를 A₁, A₂, A₃의 3 水準으로 定하였으며, 因子 B의 水準間隔은 Y로 하여 各 水準의 攪拌速度(rpm)를 B₁, B₂, B₃의 3 水準으로 定하고, 반복이 있는 2元配置法에 의하여 實驗하였다.

(2) 品質特性值의 測定方法²⁾

配合탱크의 上部에서 1次試料 約 300g을 랜덤샘플링하여 그중 試料 2~5g을 精確하게 秤量한 후, 이것을 無水알콜 約 100ml에 溶解하고, 105℃에서 恒量이 될때까지 乾燥시켜 秤量된 玻璃 濾器를 사용하여 가능한 加溫下에서 吸引濾過한 다음 뜨거운 無水알콜로 충분히 洗은 후, 105℃로 乾燥하고 玻璃 濾器속의 찌꺼기를 날고 난 후, 式 (1)에 의하여 알콜不溶性分을 計算한다.

註1) 實驗條件의 技術的인 데이터는 標本業體의 研究開發 問題이므로 밝히지 않는다.

註2) KS M 2701 비누의 試驗方法

$$\text{알콜不溶性分(\%)} = \frac{\text{殘量(g)}}{\text{試料(g)}} \times 100 \times \left(1 - \frac{\text{水分(\%)}}{100}\right) \dots\dots\dots (1)$$

IV. 實驗結果

實驗順序를 確率化하여 알콜不溶性分을 實驗한 結果는 Table 3 과 같다.

Table 3. Experimental result of alcohol insoluble matter (%)

A \ B	A ₁	A ₂	A ₃
B ₁	19.1 (18.90) 18.7	19.7 (20.35) 21.0	20.3 (22.55) 22.8
B ₂	20.1 (19.95) 19.8	22.6 (22.35) 22.1	23.0 (23.10) 23.2
B ₃	20.4 (20.55) 20.7	24.3 (23.9) 23.5	25.5 (25.80) 26.1

V. 結果分析 및 考察

1. 各 要因의 效果

Table 3의 實驗結果로서 各 要因의 效果를 정리하면 Fig. 4 와 같다.

Fig. 4에 의하면 因子 A는 配合溫度가 높을수록, 因子 B도 攪拌速度가 높을수록, 交互作用 A×B의 效果도 實驗組合이 높을수록 알콜不溶性分의 結果가 增加하는 傾向이다.

2. 等分散의 檢討

因子 A, B의 組合條件에서 實驗誤差가 等分散인가 아닌가를 검토하기 위하여 Table 3으로부터 範圍 R을 計算한 結果는 Table 4와 같고, \bar{R} 와 $D_4\bar{R}$ 를 比較하면 實驗은 管理狀態, 즉 實驗組合間의 分散에 차이가 있다고는 할 수 없다.

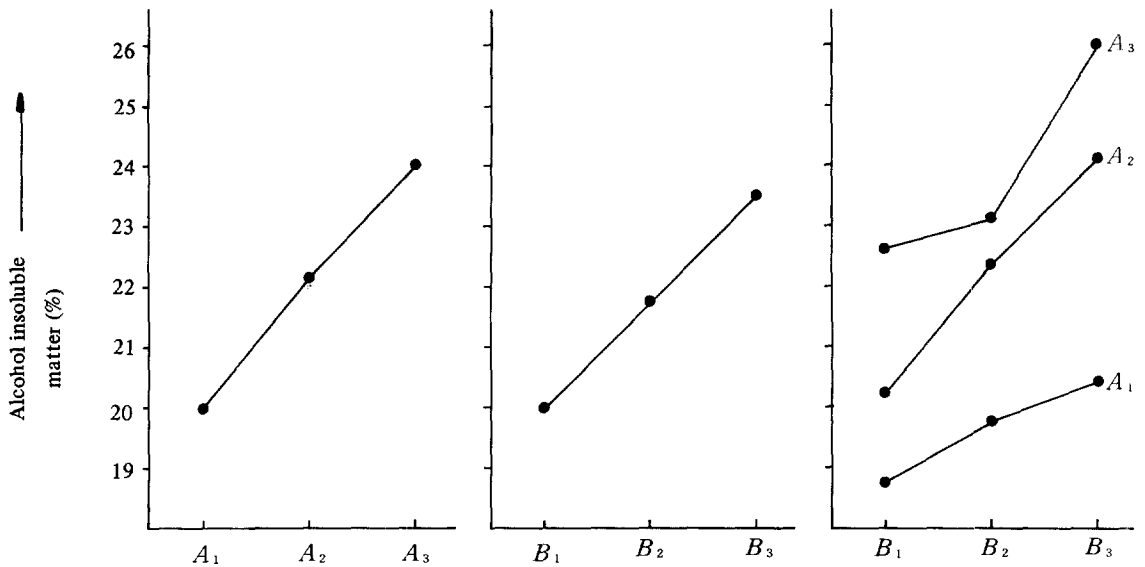


Fig. 4. Effects for each factors

Table 4. Calculated result of range

A \ B	A ₁	A ₂	A ₃	total
B ₁	0.4	1.3	0.5	2.2
B ₂	0.3	0.5	0.2	1.0
B ₃	0.3	0.8	0.6	1.7
total	1.0	2.6	1.3	4.9

3. 分散分析

Table 3의 實驗結果로서 分散分析한 結果는 Table 5와 같다.

Table 5. Analysis of variance for alcohol insoluble matter

factor	S	ϕ	V	F ₀
A	48.98	2	24.49	58.31**
B	23.94	2	11.97	28.50**
A×B	3.63	4	0.91	2.17
E	3.78	9	0.42	—
T	80.33	17	—	—

Table 5의 分散分析한 結果에 의하면 交互作用 A×B는 알콜不溶性분에 영향을 미치지 않는다고 볼수 있다. 따라서 세탁비누의 알콜不溶性분을 가장 균일하게 해 주는 因子 A와 B의 實驗組合에 關하여 最適作業條件을 決定해야 한다.

4. 推定

(1) 各 因子의 母平均의 推定

Table 6. Estimation of population mean of factor A and B

factor	level	population mean (%)	confidence limit (α = 0.05)
A	A ₁	19.8	± 0.6
	A ₂	22.2	
	A ₃	23.8	
B	B ₁	20.6	± 0.6
	B ₂	21.8	
	B ₃	23.4	

Table 3 과 Table 5 의 근거로 各 因子 A 와 B 의 母平均을 推定한 結果는 Table 6 과 같다.

Table 6 의 結果를 圖示하면 Fig. 5 와 같다.

Fig. 5 에 의하면 配合溫度(A)와 攪拌速度(B) 의 水準이 높아질수록 알콜不溶性值의 含量이 계속 增加狀態로 나타나고 있다.

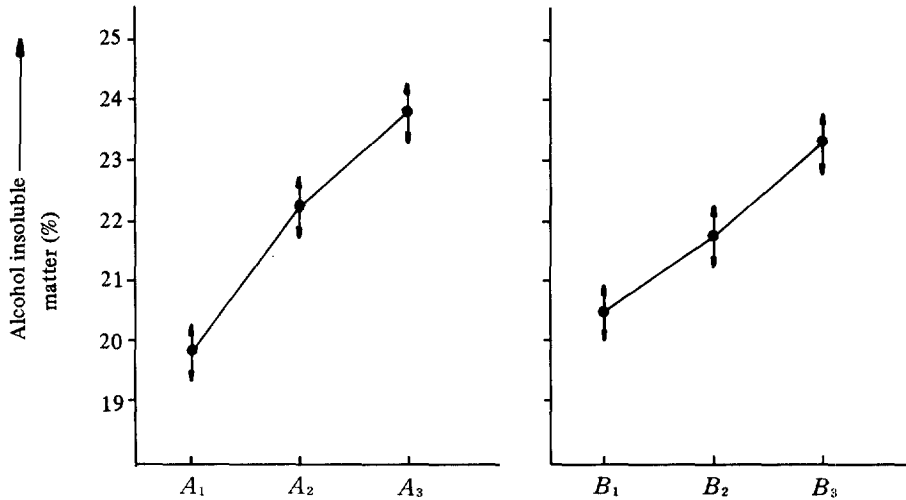


Fig. 5. Estimation of population mean of factor A and B

(2) 實驗組合의 母平均의 推定

交互作用 $A \times B$ 가 有意하지 않으므로 二 因子水準의 實驗組合($A_i B_j$)에서의 母平均의 推定은 式 (2)에 의하여 計算한다.

$$\hat{\mu}(A_i B_j) = (\bar{x}_{i.} + \bar{x}_{.j} - \bar{x}) \pm t(\phi_{E, \alpha}) \sqrt{\frac{V_E}{n_e}} \dots \dots \dots (2)$$

결국, $\hat{\mu}(A_i) = \bar{x}_{i.}$ 와 $\hat{\mu}(B_j) = \bar{x}_{.j}$ 를 각각 最適으로 하는 水準의 實驗組合條件을 決定하고자 한다. 따라서 前術한 (1)에서 A 會社의 標準

規格에 의하여 最適組合條件은 $A_2 B_2$ 이므로 이 實驗條件에서 母平均 $\mu(A_2 B_2)$ 의 推定은 式 (2)에 의하여 計算한 結果($\alpha = 0.05$), $\hat{\mu}(A_2 B_2) = 22.06 \pm 0.77(\%)$ 이다.

5. 改善前後의 比較分析

A 會社의 現在 使用하고 있는 水準組合이 $A_1 B_1$ 이었으나, 最適組合條件이 $A_2 B_2$ 로 改善됨에 따른 확인실험을 50회 시행한 結果는 Table 7 과 같다.

Table 7. Experimental result for confirmation of alcohol insoluble matter (%)

22.3	22.7	22.4	22.5	22.0	22.1	22.4	22.7	22.1	22.5
22.6	22.3	22.0	22.7	23.0	22.6	22.4	22.5	22.7	22.4
22.3	22.1	22.5	22.6	22.8	22.4	22.2	22.6	22.4	22.2
22.9	22.8	22.4	22.5	22.3	22.1	22.4	22.4	22.5	22.8
22.7	22.4	22.2	22.5	22.4	22.7	22.1	22.0	21.8	22.2

改善前後의 알콜不溶性分値에 대한 統計量을 比較分析한 結果는 Table 8 과 같고, 工程能力指數(C_p)는 0.64에서 1.68로서 工程能力은 대단히 만족하고 있다고 생각된다.

Table 8. Comparison of alcohol insoluble matter before and after improvement

statistics symbol	before	after
\bar{x}	22.05	22.43
V	2.49	0.35
S	1.58	0.60
C_p	0.64	1.68

VI. 結 論

以上과 같이 세탁비누工場의 配合工程能力을 向上시키기 위하여 實驗計劃法을 적용한 結果를 要約하면 다음과 같다.

(1) 세탁비누의 重要 品質特性值인 알콜不溶性分은 配合溫度(A)와 攪拌速度(B)가 높을수록 增加하는 傾向이다.

(2) 配合工程의 最適作業條件은 A_2B_2 이고, 알콜不溶性分の 推定($\alpha=0.05$)은 $22.06 \pm 0.77(\%)$ 이다.

(3) 配合工程의 工程能力指數(C_p)는 0.64에서 1.68로 改善되어 工程能力이 向上되었다.

参 考 文 献

1. 黄義徹(1986), 最新品質管理, 博英社
2. 朴聖炫(1982), 現代實驗計画法, 大英社
3. 石川 馨, 藤森利美, 久米 均(1972), 實驗計画法(上・下), KSA
4. 田口玄一, 横山選子(1980), 最新實驗計画法, KSA
5. 石川 馨, 米山高範(1967), 分散分析入門, 日科技連
6. 木暮正夫(1984), 工程能力の理論とその応用, 日科技連
7. 新圧むつ生(1985), アーム状部品の段差寸法の工程能力向上について, 品質管理, 36(増), pp.1722~1725
8. 辻村勉(1983), 半導体フォトエッチング工程Aの最適条件の設定, 品質管理, 34(増), pp.1718~1721
9. 藤枝俊一(1984), 締付工程の改善による軸力の安定化, 品質管理, 35(増), pp.896~899
10. 久野敬一, 寺門正雄(1985), 製造工程安定化のための現場改善活動, 品質管理, 36(増), pp.1644~1648
11. う都木清, 大森良雄(1984), エンジンの高出力化に対応したツイレット焼入れクラック軸の製造技術確立, 品質管理, 35(増), pp.669~674
12. 渡辺政和(1984), 窓わくゴムにおける押出断面寸法の工程能力の向上について, 品質管理, 35(増), pp.612~616
13. 稲塚信治(1982), ブルドーサ部品つう径面振れ工程能力向上, 品質管理, 33(12), pp.2011~2017
14. いのまた正好(1981), エンジン鑄造部品の製造工程における改善活動, 品質管理, 32(増), pp.1463~1467
15. 斉藤正樹(1980), 機械加工における工程能力改善, 品質管理, 31(増), pp.1550~1553
16. Duncan, A.J. (1974), *Quality Control and Industrial Statistics*, 4th ed., Irwin.
17. Juran, J.M. (1974), *Quality Control Handbook*, 3rd ed., McGraw-Hill.
18. Kirkpatrick, E.G. (1970), *Quality Control for Managers and Engineers*, John Wiley & Sons.
19. Neter, J. and Wasserman, W. (1974), *Applied Linear Statistical Models*, Richard D. Irwin.
20. Montgomery, D.C. (1984), *Design & Analysis of Experiments*, 2nd ed., John Wiley & Sons.
21. Hicks, C.R. (1964), *Fundamental Concepts in the Design of Experiments*, Holt, Rinehart and Winston.