

二流式 노즐을 이용한 보리차 抽出液의 噴霧에 관한 研究

李廷哲 · 全在根

東西食品 開發室
*서울대학교 食品工學科
(1983年 4月 15日 受理)

Application of Paint Spray Gun to Atomization of Barley Tea Concentrate

Jeong-Cheol Lee and Jae-Kun Chun*

Dong Suh Foods Co, Incheon 160-70

** Department of Food Science and Technology, Seoul National University, Suwon 170*

(Received April 15, 1983)

Abstract

The atomization of barley tea concentrate with paint spray gun of two fluid nozzle was investigated. The physical properties of barley tea concentrate were correlated to the operating parameters; soluble solid concentration, viscosity, specific gravity and surface tension. The air to liquid feed ratios at various barley tea concentration were correlated to the air pressures applied. The diameters of sprays at various air pressures (from 164 mmHg to 564 mmHg) and soluble solid concentrations (from 3.1% to 25.2%) were also investigated.

序 論

噴霧乾燥의 過程은 可溶性 固形分을 含有한 液体를 微粒化시켜 微細液滴을 生成시키는 段階, 乾燥 空氣와 微細液滴을 接觸시키는 段階, 微細液滴으로부터 水分을 蒸發시키는 段階, 그리고 乾燥粉末을 分離해 내는 段階로 大별된다. 이 중에서 微細液滴을 生成시키는 微粒化(atomization) 段階는 液体로 부터 表面積 對 무게의 比率이 높은 微細液滴의 生成이 그 目的이다.

液体의 微粒化는 atomizer의 種類 및 噴霧液体의 性質, 그리고 atomizer의 作動條件에 따라서 影響을 받기 때문에 이에 관한 많은 研究가 報告된 바 있다.⁽¹⁻²⁾ 食品工業에서 使用되는 噴霧乾燥 裝置는 高價이기

때문에 대부분 牛乳나 커피 등과 같이 高價의 食品 乾燥에 利用되고 있을뿐 보리차와 같이 經濟성이 낮은 食品에는 그 活用이 어려운 實情이다.

따라서 本 實驗은 市中에서 低廉한 價格으로 購入할 수 있는 페인트用 spray gun을 보리차 噴霧乾燥 裝置의 atomizer로 利用하고자 試圖하였다. 페인트用 spray gun은 二流式 노즐의 一種인데, 이 二流式 노즐은 食品의 噴霧乾燥 裝置에서의 atomizer로 使用할 때 不利한 點도 없지 않으나, 그 構造 및 形態에 따라 非 Newton 性의 液体食品의 噴霧化에 適合한 경우도 많은 것으로 알려져 있다.⁽¹⁾

二流式 노즐에 대해서는 Nukiyama-Tanasawa⁽²⁾, Garner⁽³⁾, Anson⁽⁴⁾, Wetzel, 그리고 Marshall⁽⁵⁾ 등의 研究가 있으며 이들은 주로 石油化合物이나 化工製

品の微粒化에 대하여 다루었다. 食品의 流動學的 性質은 化工製品과는 많은 差異를 갖고 있기 때문에 化工製品에 關한 資料를 直接 食品에 適用하기는 많은 問題點이 있고 液體食品의 噴霧化에 對해서는 Baren⁽⁷⁾ 등의 옥수수 전분에 關한 것등에 있으나 그 資料는 많지 않다.

本 研究는 보리차를 噴霧乾燥하는 工程의 한 段階인 微粒化 段階에서 重要한 影響을 미치는 보리차 抽出液의 物理的 性質을 조사하고 佩인드用 spray gun이 보리차 噴霧乾燥 裝置의 atomizer로 使用될 수 있는지 여부를 규명하였다.

材料 및 方法

보리차 抽出液의 製造

噴霧 試料는 보리차 抽出液을 使用하였으며, 보리차 抽出液은 徐동의 方法⁽⁸⁾에 準하여 製造한 볶음보리를 熱水 抽出하고 이의 濃縮液을 試料로 하였다.

即, 当年産 올보리를 232°C에서 色度單位 Y-value가 5.3에 이르도록 볶은 후 冷却, 磨碎하여 보리차 抽出液 試料로 使用하였다. 보리차 抽出液 試料는 5倍의 熱水 (70~80°C)를 加하여 40分間 抽出하였다. 다음 遠心 分離 및 여과조작을 거쳐 不溶性 固形分을 除去한 後 이를 60°C에서 적정固形分 含量에 이르도록 減壓, 濃縮시켜 보리차 抽出液 噴霧試料를 製造하였다.

噴霧裝置

本 實驗에서 使用한 噴霧裝置는 다음 Fig. 1. 과 같이 製作 使用하였으며 atomizer, spraying chamber, air compressor, pressure regulator, feeder, droplet collector로 構成되어 있다.

噴霧 方法

보리차 噴出液을 噴霧裝置(Fig. 1. a.)의 feeding burette에 담고 cock를 閉鎖한 상태에서 air compressor를 作動하여, atomizer에 一定 壓力의 空氣가 送入되도록 pressure regulator로 所定의 壓力을 맞추어 놓은 후 burette의 cock를 열어 atomizer로 보리차 抽出液을 流入시켜 噴霧를 개시하였다.

噴霧 液滴의 採取 方法

보리차 濃縮液의 噴霧試料는 噴霧 개시 5~10秒 後에 droplet collector (Fig. 1. c)의 sliding shutter를 0.1秒 동안 開放하여 落下되는 微細液滴들을 MgO coated slide glass에 포집하였다.

噴霧 微細液滴은 May의 方法⁽⁸⁾에 準하여 MgO coated slide glass에 落下되어 생기는 噴火口 모양의

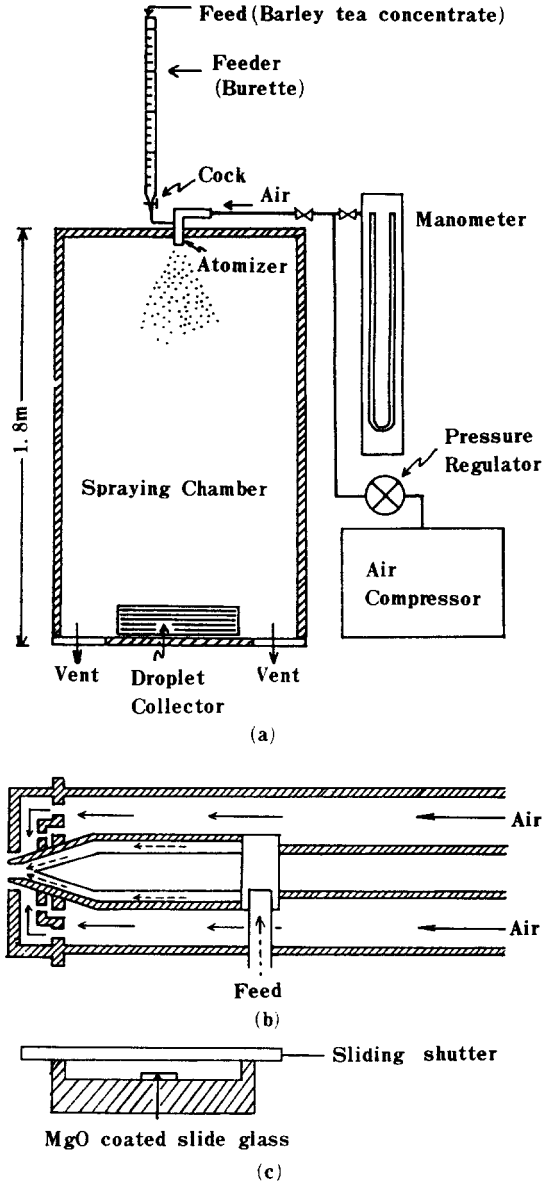


Fig. 1. Barley tea concentrate atomizing apparatus. (a) Schematic view of spraying apparatus. (b) Atomizer (c) Droplet collector

흔적이 直徑과 그 數를 實測하였다. 이때 MgO coated slide glass는 Mg metal ribbon을 불꽃에 點화시켜 發生하는 白色 煙氣(MgO)를 slide glass에 均一하게 입혀 만들었다. 微細液滴의 크기 및 그 數의 測定은 試料를 採取한 MgO coated slide glass를 顯微鏡(4×3.3) 寫真機로 撮影하여 film slide를 만들고 이를 overhead projector로 投影시켜 測定하였으며 實測值

는 顯微鏡 사진의 擴大倍率 및 projector 投影倍率을 補正하여 그 크기를 μm 로 나타내었다.

보리차 抽出液의 物性 測定

噴霧試料로 使用한 보리차 抽出液의 固形分 含量, 粘度, 比重 그리고 表面張力등의 物性を 各各 다음과 같은 方法으로 測定하였다.

가. 固形分 含量

보리차 抽出液의 固形分 含量은 重量法에 의하여 測定하고 百分率(% , w/v)로 나타내었다.

나. 粘度

Brookfield viscometer (Engineering Laboratories, Inc. LV-model)를 使用하여 20℃에서 測定하였으며 centipoise로 나타내었다.

다. 比重

比重計로 測定하였다.

라. 表面張力

Ring method⁽⁹⁾를 利用한 surface tensiometer (Nihon Abra Stikenki Co. Ltd.)를 使用하여 測定하였으며 dyne/cm로 나타내었다.

Atomizer의 空氣 流速 測定

노즐 噴射口에 flowmeter (Gilmont Co.)를 連結하여 배출되는 空氣量을 測定하여 ml/min로 나타내었다.

結果 및 考察

보리차 抽出液의 噴霧와 關係되는 物性

液体 食品을 噴霧化 시키는데 있어서 固形分 含量, 粘度, 表面張力 그리고 比重이 重要な 因子로 作用한다고 報告⁽²⁾된 바 있다. 보리차 抽出液의 경우 이와 같은 物性들이 밝혀진 바 없기 때문에 그 關係를 조사하였는데 그 結果는 Fig. 2. 와 같다.

Nukiyama等은 微細液滴의 平均 지름이 噴霧試料 液体의 表面張力の 제품근에 影響을 받는다고 報告한 바 있으나, 보리차 抽出液의 경우는 Fig. 2. a와 같이 固形分 含量의 變化하여도 表面張力은 變化하지 않았다.

그러나 粘度와 比重은 固形分 含量에 따라 지대한 影響을 받고 있었다. 이때 比重과 固形分 含量(C, %)사이에는 Fig. 2. b와 같이 直線的인 關係를 보였으며 다음 (1)式과 같은 關係가 成立하였다.

C=245(ρ-1).....(1)

또한 粘度(μ, cp)와 固形分 含量사이의 半对数 座標에서 直線的인 關係를 보였으며 다음 (2)式과 같은 關係가 成立되었다.

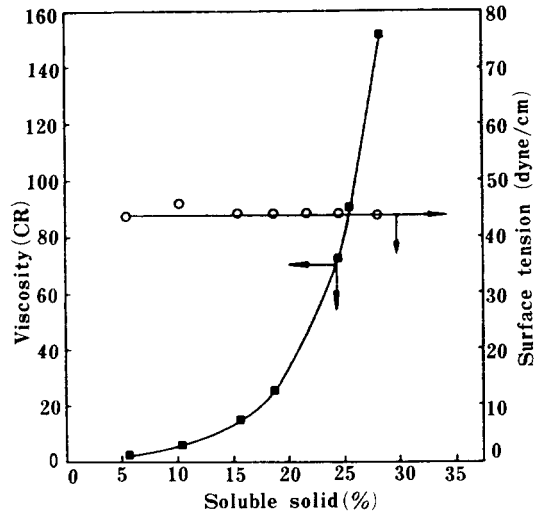


Fig. 2. a Relationship among soluble solid concentration, viscosity and surface tension

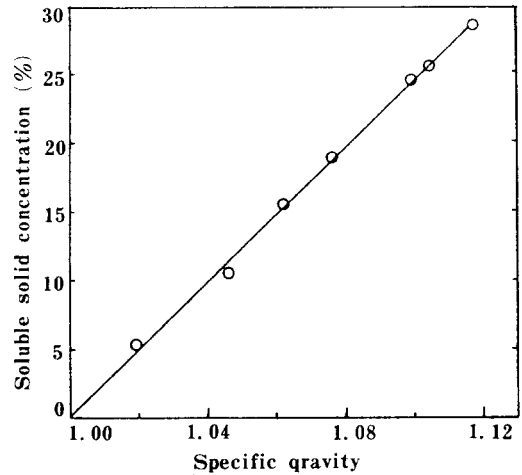


Fig. 2. b Relationship between solubl d concentration bnd specific gravity of barley tea concentrate

μ=e^{0.17c}.....(2)

이상의 (1)과 (2)式으로부터 보리차 抽出液의 物性和 可溶性 固形分 含量과는 쉽게 換算할 수 있다. 따라서 測定이 容易한 粘度를 可溶性 固形分의 濃度로 算出하는데 있어서 便利한 要素로 使用할 수 있음을 알 수 있다.

Atomizer의 空氣圧力和 air flow rate와의 關係

本 實驗에서 使用된 노즐의 噴霧에 있어서 主要한 因子는 노즐 head를 통과하는 空氣의 運動에너지임

로 이의 換算을 爲해 atomizer에서 排出되는 空氣 排出量 (W_{ml}/min)과 압력 ($P, mmHg$)사이의 關係를 조사한 結果 다음(3) 式과 같이 나타낼 수 있었다.

$$W = 58.33P + 12750 \dots (3)$$

Atomizer의 操作压力和 空氣-液体 混合化

微細液滴의 形成은 atomizer를 通過하는 空氣와 液体의 무게混合化 (Ma/Ml)에 의하여 決定^(10,11)되므로 보리차 抽出液을 使用할 경우 그 關係를 定립할 필요가 있었다. 따라서 atomizer에 空氣를 通過시키지 않은 상태에서 $1.077 ml/sec$ 의 速度로 보리차 抽出液이 流入되도록 feeding條件을 잡고 壓縮空氣를 通過시킬 때, 空氣의 压力(P)과 Ma/Ml 과의 關係는 Fig. 3과 같이 直線的 關係를 나타내었으며 이때 直線의 기울기를 a , 절편을 b 로 한 (4) 式과 같이 표시할 수 있었다.

$$(Ma/Ml) = ap + b \dots (4)$$

이때 a 는 atomizer를 通過하는 空氣의 压力에 따라 Ma/Ml 의 값, 즉 液体를 噴霧시키는 에너지에 影響을 주는 계수로서 이는 보리차 抽出液이 atomizer의 液狀流路에 작용하는 shear stress에 有關한 계수로 추정된다. 또한 試料의 固形分 含量을 변화시킬 때 a ,

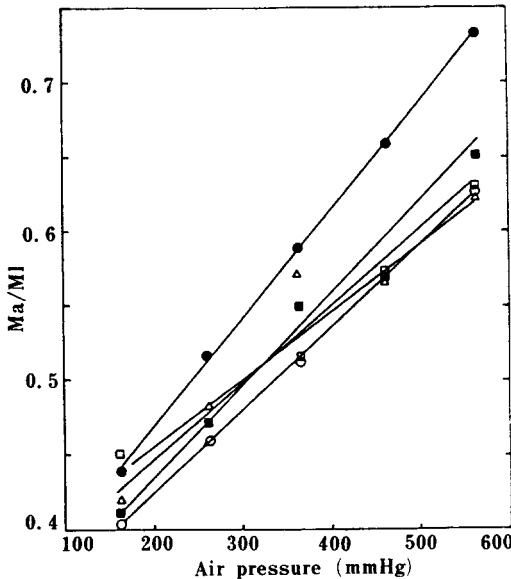


Fig. 3. Relationship between air-to-liquid ratio and air pressure at various various barley tea concentration

- - ● : 3.1%
- - ○ : 21.2%
- △ - △ : 25.2%
- - ■ : 15.7%
- - □ : 23.8%

Table 1. The values of a and b in equation (5) at various soluble solid concentrations

Soluble solid conc. (%)	a	b
3.1	7.25×10^{-4}	0.3233
15.7	6.21×10^{-4}	0.3093
21.2	5.59×10^{-4}	0.3106
23.8	4.50×10^{-4}	0.3650
25.2	5.50×10^{-4}	0.3417

b 의 값은 Table 1과 같았다.

Spray gun에 의해 生成되는 微細液滴크기의 範圍

보리차 抽出液을 前述한 페인트用 spray gun 으로 噴霧하여 形成되는 微細液滴의 形態는 Fig. 4와 같이 球形으로 나타났고 보리차 抽出液의 濃度 3.1%에서 atomizer로의 空氣 送入 压力이 164 mmHg일때 微細液滴의 지름이 $18 \mu m \sim 200 \mu m$, 564 mmHg 일때 $13 \mu m \sim 120 \mu m$ 의 범위에서 나타났고, 또한 보리차 抽出液의 濃度 25.2%에서 164 mmHg 때 $26 \sim 260 \mu m$, 564 mmHg 일때

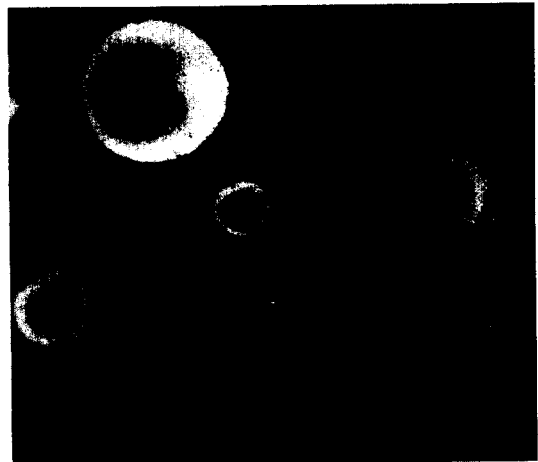


Fig. 4. Photomicrograph of droplets collected on the MgO coated slide glass

$13 \sim 178 \mu m$ 의 범위에 있었다.

이로부터 보리차 抽出液의 濃度를 3.1~25.2%, atomizer로 送入되는 空氣의 压力을 164~564 mmHg의 범위에서 噴霧化 過程을 遂行할 때 $13 \sim 260 \mu m$ 범위의 微細液滴을 生成시킬 수 있음을 알 수 있다.

噴霧乾燥時 使用되는 二流式 노즐에서는 $3 \sim 270 \mu m$ 범위의 微細液滴이 生成된다고 報告⁽²⁾된 바 있으므로 前述한 페인트用 spray gun으로도 充分히 噴霧乾燥 裝置의 atomizer로 使用할 수 있음을 알 수 있다.

이상의 실험에서 보리차 抽出液을 微粒化시키는데 影響을 미치는 보리차 抽出液의 物性を 조사하였으며, 各 作動條件下에서 atomizer를 通過하는 空氣-液體의 混和比를 산출할 수 있는 式을 유도하였고, 噴霧乾燥時 사용되는 二流式노즐에서 生成되는 微細液滴의 範圍와 比較하여 本 實驗에 使用된 paint用 spray gun을 噴霧乾燥 裝置의 atomizer로 使用할 수 있음을 說明하였다.

앞으로 보리차 抽出液의 濃度 및 空氣送人 壓力이 微細液滴 形成에 미치는 影響과, 이들 作動 條件이 微細液滴의 均一度 및 分布에 미치는 影響이 研究되어야 할 것이다.

要 約

보리차 抽出液의 噴霧乾燥를 爲한 噴霧 裝置로 paint用 spray gun을 使用할 경우 噴霧에 중요한 影響 要素로 작용하는 보리차 抽出液의 物性を 조사하였으며, 各 濃度 및 空氣 送人 壓力에서 空氣-液體 混 和比를 算出할 수 있는 式을 유도하였고 paint用 spray gun에 의해 生成되는 微細液滴의 範圍를 조사하였다.

1. 보리차 抽出液의 固形分 含量(C, %)과 比重(ρ) 및 粘度(μ , cP) 와의 關係는 각각 $C=245(\rho-1)$, $\mu=e^{0.17C}$ 과 같았다.
2. Atomizer를 通過하는 空氣의 壓力(P, mmHg)과 空氣와 液體의 무게 混和比(M_a/M_l)= $aP+b$ 의 關係가 成立하였다. 이 式에서 a, b는 보리차 抽出液의 濃度에 따라 定해지는 係수이다.
3. 페인트用 spray gun의 噴霧에 의하여 形成되는 微細液滴은 보리차 抽出液의 濃도가 3.1%~25.2%, 공기 送人 壓力이 164~564 mmHg인 條件下에서 13 μ m ~ 270 μ m크기의 範圍에 있었다.

文 獻

1. Masters, K. : *Spray Drying*, George Godwin Ltd., London, p.239 (1976)
2. Nukiyama, S. and Tanasawa, Y. : *Trans, Soc. Engrs.*

3. Garner, F. H. and Henry, V. E. : *Fuel*, **32**, 151 (1953)
4. Anson, D. : *Fual*, **32**, 39 (1953)
5. Kim, K. Y. and Marshall, W. R. Jr. : *American Institute of Chemical and Engineering Journal*, **17**, 575 (1971)
6. Baren, S. J. : *Industrial and Engineering Chemistry*, **56**, 34 (1964)
7. 서 정식 : 서울대학교 대학원 석사학위 논문(1980)
8. May, K. R. : *J. Sci. Instr.*, **22**, 187 (1945)
9. 近藤保, 鈴木四郎 : *食品コロイド科学*, 三共出版株式会社, p. 41, 昭和 49年
10. Gretzinger, J. and Marshall, W. R. Jr. : *American Institute of Chemical and Engineering Journal*, **7**, 312 (1961)
11. Masters, K. : *Spray Drying*, George Godwin Ltd., London, p.211 (1976)
12. Masters, K. : *Spray Drying*, George Godwin Ltd., London, p.330 (1976)
13. Muggle, R. A., and Evans, H. D. : *Industrial and Engineering Chemistry*, **43**, 1317 (1951)
14. Tate, R. W. and Marshall, W. R. Jr. : *Chemical Engineering Progress*, **49**, 169 (1953)
15. Friedman, S. J., Guckert, F. A. and Marshall, W. R. Jr. : *Chemical Engineering Progress*, **48**, 181 (1952)
16. Sada, Eizo, Takahashi K., Morikawa K., and Ito D. : *Can. J. Chem. Eng.*, **56**, 455 (1978)
17. Lorenzetto, G. E. and Lefabure, A. H. : *American Institute of Aeronautics and Astronautics Journal*, **15**, 1006 (1977)
18. Taylor, E. H. and Jr. D. B. : *Industrial Engineering and Chemistry*, **46**, 1455 (1954)
19. William Licht : *American Institute of Chemical Engineering Journal*, **20**, 595 (1974)
20. Tate, R. W. : *A. I. Ch. E. Journal*, **7**, 575 (1961)
21. Masters, K. : *Spray Drying*, George Godwin Ltd., p.33 (1976)