

二流式 노즐에서 보리차 抽出液의 濃度 및 噴霧 壓力이 噴霧化에 미치는 影響

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 수리)

The Effects of Barley Tea Concentration and Atomizing Pressure on the Atomization with Two Fluid Nozzle Spray Gun

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 effects of barley tea concentration and atomizing air pressure on the size, homogeneity and distribution of the sprayed droplets were investigated. An equation relating mean diameter (\bar{D}) with the concentration where the coefficient a and b were determined empirically. As the operating air pressure was increased, the mean diameter of the droplets decreased and finally reached the limiting mean diameter, $36 \mu\text{m}$ at 15.7% barley tea concentration. The homogeneity of the droplets increased with the operating air pressure, increase and it was decreased steadily as the soluble solid concentration increased up to 20% and markedly over 20% at every operating air pressure. The distribution (P_D) of sprayed droplets related with the droplet size as the following exponential equation; $P_D = e \ln D + f$ where e and f are empirical constants.

序 論

即席 食品의 普及은 液体 食品을 乾燥하는데 使用 하
였던 종래의 드럼式 乾燥機 대신에 噴霧式 乾燥 方法
을 널리 使用하게 되었다. 噴霧 乾燥 過程中에서 微細
液滴을 生成시키는 微粒化(Atomization) 段階는 液体
로부터 表面積 對 무게(또는 부피)의 比率이 높은 微
細液滴의 生成이 그 目的이다.

液体 食品은 噴霧化시키는데 있어서 液体의 物理的
性質이 噴霧化에 重要한 影響을 미치고, 이미 보리차
抽出液의 物性에 關하여는 研究된 바 있다. 또한 보리
차等과 같이 比較的 經濟性이 낮은 食品의 噴霧 乾燥
에 使用할 수 있는 噴霧 乾燥 裝置의 atomizer로 페
인트用 spray gun의 使用 可能性에 對한 研究도 報告
된 바 있다.¹⁾

乾燥 粉末은 微細液滴의 크기 및 그 分布에 直接的

인 影響을 받는데 가장 理想的인 噴霧는 同一한 크기를 갖는 微細液滴이 生成되는 것이다. 微細液滴의 크기가 같을 경우 乾燥 過程에서 熱傳達 速度와 物質傳達 速度가 같아져 乾燥 所要 時間이 同一하게 되어 同一한 物性을 갖는 乾燥粉末을 얻을 수 있다. 그러나 工業的으로 행해지는 噴霧 過程에서는 이와같이 理想的인 噴霧가 일어나지 않고, 生成되는 微細液滴의 크기가 多樣하기 때문에 乾燥 製品의 粉末도 多樣한 分布를 갖게되어 이들은 결국 製品의 色, 密度, 그리고 溶解性 등에 決定的인 影響을 마친다.²⁾

本 研究은 보리차 抽出液의 濃度 및 噴霧 壓力이 微細液滴의 크기에 미치는 影響과 微細液滴의 分布 및 均一度에 미치는 影響을 中心으로 그 關係를 究明하였다.

材料 및 方法

보리차 抽出液의 製造

本 試料로 使用된 보리차 抽出液은 徐 등의 方法에³⁾ 準하여 제조한 볶음 보리를 熱水(70~80℃)에서 40分間 抽出하고 이의 濃縮液을 試料로 하였다.

噴霧裝置 및 噴霧方法

噴霧 裝置는 二流式 페인트用 spray gun을 atomizer로 使用하여 spraying chamber內에서, 보리차의 濃度(3.1~25.2%) 및 空氣 送入 壓力(164 mmHg ~ 564 mmHg)별로 噴霧하였고 그 構造 및 方法은 李^{(7),(8)} 등의 方法에 準하였다.

噴霧 液滴의 測定 方法

噴霧된 微細 液滴은 李⁽⁶⁾ 등의 方法에 準하여 MgO coated slide glass上에 포집하고 크기 및 그 數의 測定은 顯微鏡 寫眞機로 撮影한 후 實測하여 μm로 표시하였으며 平均지름(D)는 산술 平均으로 산출하였다.

結果 및 考察

보리차 抽出液의 濃度가 微細液滴形成에 미치는 影響

보리차 抽出液의 濃度가 微細液滴의 크기에 미치는 影響을 알아보기 爲하여 空氣 送入 壓力이 164, 262, 364, 463 및 564 mmHg일때 시료 보리차 濃度의 變化에 따른 微細液滴의 平均지름(D)의 變化를 본 結果는 다음과 같았다.

이에서 보는 바와 같이 微細液滴의 平均지름은 같은 壓力에서의 濃度의 增加에 따라서 대체로 直線的으로 增加하였으며 기울기도 거의 一定하였다. 平均지

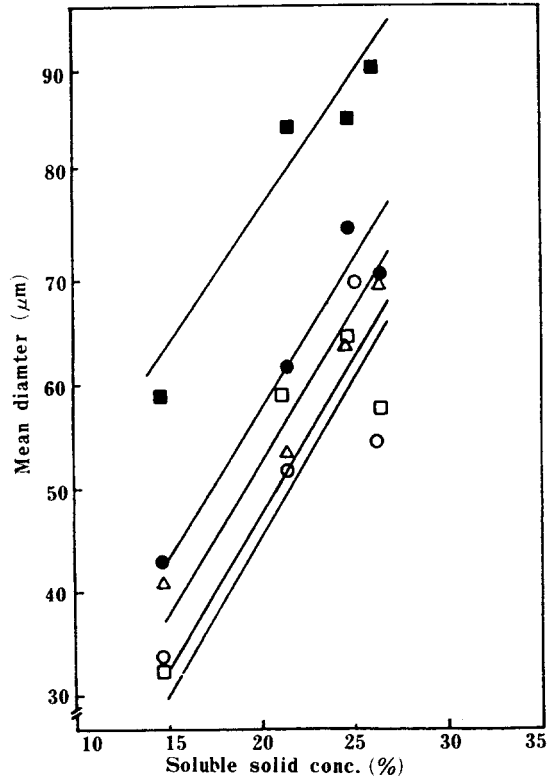


Fig. 1. Relationship between mean droplet and soluble solid concentration at various air pressures.

- - ■ : 164 mmHg ● - ● : 262 mmHg
- △ - △ : 364 mmHg □ - □ : 463 mmHg
- - ○ : 564 mmHg

름 D와 보리차 抽出液의 濃度 C와의 關係는 (1) 式과 같이 直線의 式으로 나타낼 수 있다.

$$D = \alpha C + \beta \dots\dots\dots (1)$$

即, 各 壓力에서 α의 값은 모두 3.7로 一定하였고 β의 값은 atomizer로 送入되는 空氣의 壓力이 各各 164, 262, 364, 463 및 564 mmHg에서 1.65, -17.6, -21.0, -26.5 및 -28.7의 값을 보였다.

空氣의 送入 壓力이 微細液滴의 크기에 미치는 影響 Atomizer로 送入되는 空氣 壓力이 164, 262, 364, 463 및 564 mmHg인 壓力 條件下에서 微細液滴의 平均 지름 變化는 Fig. 2. 와 같다.

이 結果에서 볼 수 있는 바와 같이 微細液滴의 平均 지름은 같은 濃度의 보리차 抽出液에 대하여 空氣 送入 壓力의 增加에 따라서 減少하는 傾向을 보였으며 一定 壓力 이상에서는 더 이상 크기가 줄어들지 않는 限界平均지름(limiting mean diameter)에 도달하게 되는데, 限界平均지름은 濃度가 15.7%에서 35 μm, 21.2

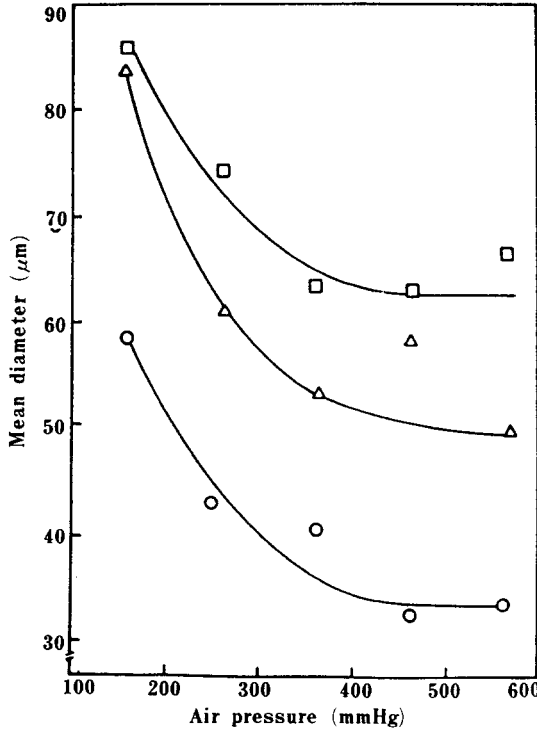


Fig. 2. Relationship between aroplet diameter and air p essure at various soluble solid concentrations of baley tea concentrate.
 ○ - ○ : 15.7% △ - △ : 21.2%
 □ - □ : 23.8%

%에서 49 μm , 23.8%에서 64 μm 이었다.

보리차 抽出液의 濃度와 噴霧壓力이 微細液滴의 均一度에 미치는 影響.

噴霧時 空氣 送入 壓力을 164, 262, 364, 463 및 564 mmHg로 변화시켰을 때 標準偏差의 變化는 Fig. 3 과 같았다.

이상의 結果로 부터 各 濃度에서, 送入되는 空氣의 壓力이 낮으면 標準偏差는 커서 그 均一度는 낮아지고 壓力이 높아질수록 標準偏差는 작아져서 그 均一度는 높아짐을 알 수 있다.

한편, 抽出液의 濃度(C, %)에 따른 標準偏差의 變化는 Fig. 4. 와 같았다.

이 結果에서 보리차 抽出液의 濃度 20%까지는 標準偏差에 큰 變化가 없었으나 그 이상의 濃度에서는 급격히 상승하여 均一度가 저하됨을 알 수 있다. 噴霧乾燥時 液體의 最適 濃度는 atomizer의 形態 및 固形分의 性質에 따라 相異한데 二流式 노즐에 의한 噴霧裝置의 경우 보리차 抽出液의 最適 濃度가 報告된 바 없다. 20% 이상의 보리차 抽出液을 噴霧 液體로 使用

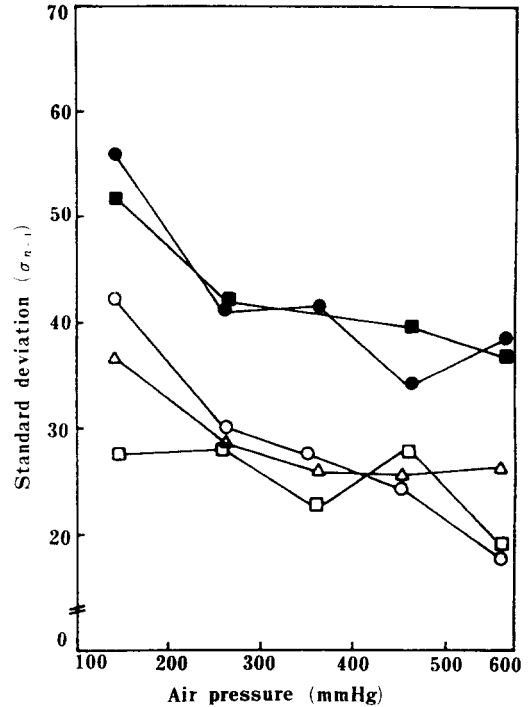


Fig. 3. Relationship between standard deviation of droplets and air pressure at various soluble solid concentrations.

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

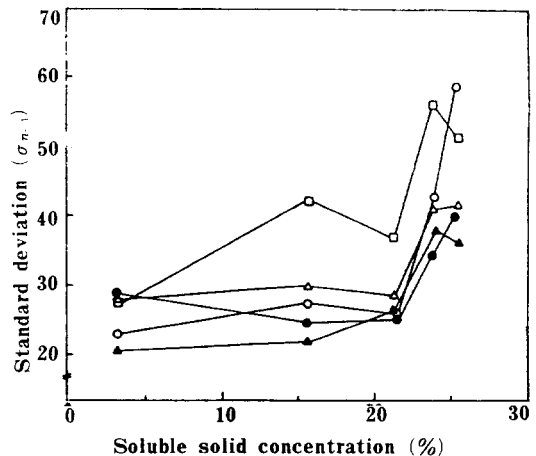


Fig. 4. Relationship between standard deviation of droplets and soluble solid concentration at various air pressures.

- - □ : 164mmHg ○ - ○ : 262mmHg
- △ - △ : 364mmHg ● - ● : 463mmHg
- ▲ - ▲ : 564mmHg

할 경우에는 그 均一度를 높이기 爲하여 空氣 送入 壓力를 높여야 할 것이다.

보리차 抽出液의 噴霧 壓力와 濃度에 따른 微細液滴 크기의 分布.

보리차 抽出液의 濃度가, 一定한 feeding 條件에서 atomizer로 送入되는 空氣의 壓力 變化에 따라 微細液滴의 크기 分布에 미치는 影響을 半對數 座標에서 微細液滴 크기의 發生 頻度를 累計頻度 百分率(cumulative frequency percent)로 나타내어 分析한 結果 Fig. 5 와 같이 直線의 關係를 보였다.

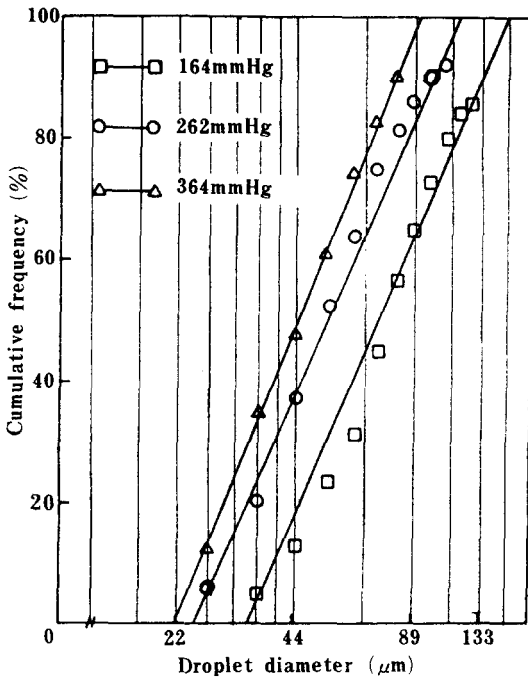


Fig. 5. The plot of cumulative frequency vs. droplet at 21.2% soluble solid concentration.

따라서 微細液滴의 크기 D는 이 보다 작은 微細液滴의 百分率을 P_D 라 할 때 다음 (2)式으로 나타낼 수 있다.

$$P_D = e \ln D + f \dots \dots \dots (2)$$

이같은 현상은 보리차 抽出液의 濃度가 3.1, 15.7, 21.2, 23.8 그리고 25.2%에서 atomizer로 送入되는 空氣 壓力를 變化시켜 줄 때에도 同一한 關係式이 적용되었으며, 이때 (2)式에서의 e, f 값을 實驗 結果로부터 算出한 結果는 Table 1. 과 같았다.

Gretzinger 등의 報告⁽⁴⁾에 따르면 동일한 物性を 지닌 液体를 噴霧시킬 때 噴霧된 微細液滴들의 平均지름(D)은 空氣-液体 混合 比率(M_a/M_l)과 atomizer의 공기 유출관의 지름(L; cm), 그리고 공기의 質量速度(G_a ; g/min), 공기의 粘度와의 關係는 다음 (3)式이 적용된다고 하였다.

$$D = g \left[\left(\frac{M_a}{M_l} \right) \left(\frac{G_a \cdot L}{\mu_a} \right) \right] h \dots \dots \dots (3)$$

本 實驗 結果 얻어진 資料를 (3)式에 代入하면 Fig. 7. 과 같은 結果를 얻을 수 있어 (3)式의 適用이 可能하였고 이때 各 濃度에서 g와 h의 값은 Table 2. 와 같았다.

Table 2. The value of g and h in equation(3)

Soluble solid concentration (%)	g	h
3.1	177010	-0.80
15.7	123367	-0.78
21.2	6109	-0.45
23.8	21018	-0.56
25.2	1061695	-0.95

Table 1. The values of e and f at various atomization conditions

Air pressure (mmHg)	Soluble solid conc. (%)									
	3.1		15.7		21.2		23.8		25.2	
	e	f	e	f	e	f	e	f	e	f
164	56.17	-160.98	38.51	-92.80	64.28	-225.50	50.59	-164.42	48.70	-160.14
162	56.17	-160.98	39.23	-85.76	63.22	-201.02	52.17	-163.93	47.65	-142.80
364	54.40	-144.44	47.48	-114.43	67.66	-207.17	49.39	-142.18	46.96	-135.20
463	51.17	-127.99	43.08	-88.3 2	71.67	-232.94	50.33	-147.37	46.74	-126.29
564	47.57	-104.86	54.75	-131.94	57.04	-160.58	50.65	-152.92	46.30	-122.29

*e and are defined in equation(2)

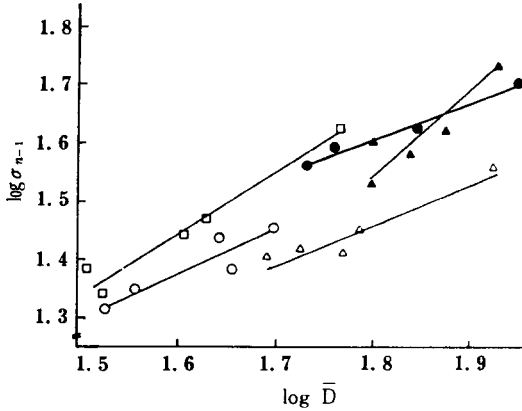


Fig. 6. The plot of standard deviation against \bar{D}

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

또한 標準偏差는 微細液滴 平均지름의 함수라고 報告하여 (4)式과 같은 형태로 表示하였다.

$$\delta_{n-1} = i \bar{D}^j \dots \dots \dots (4)$$

보리차 抽出液의 各 濃度에서 그 資料를 (4)式의 變형式에 代入한 結果 Fig. 6. 과 같이 얻을 수 있어 (4)式의 적용이 可能하였으며 이때 i 와 j 의 값은 Table 3. 과 같았다.

이상의 실험에서 보리차의 噴霧 乾燥中 atomization 過程에서 보리차 抽出液의 濃度와 atomizer로 送入되는 空氣의 壓力과 微細液滴의 크기, 均一度 및 그 分布에 미치는 影響을 究明하였다.

Marshall 등의 研究⁶⁾에 의하면 微細液滴의 지름과 乾燥되었을 때의 지름과의 比는 各 水分含量 및 比重과 有關하다고 하였는데 이와같은 關係가 보리차에 대해서도 적용된다면 보리차 抽出液을 利用한 噴霧時 生成되는 微細液滴의 크기 分布에 關한 資料로 乾燥 粉末의 크기 分布를 예측함과 동시에 願하는 粒子 分布를 얻을 수 있는 諸般 噴霧條件을 알아낼 수 있다. 따라

Table 3. The values of i and j in Eq. (4)

Soluble solid concentration (%)	i	j
3.1	1.7944	0.6977
15.7	0.3474	1.1785
21.2	1.4223	0.7250
23.8	0.1454	1.3288
25.2	4.2879	0.5500

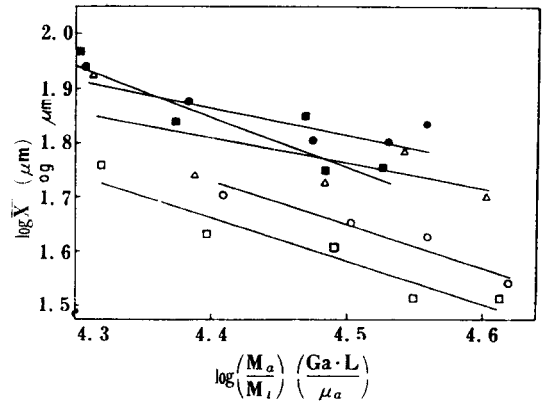


Fig. 7. Correlation between diameter and standard deviation of the droplets at various soluble solid concentrations.

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

서 앞으로 本 實驗에서 使用한 페인트용 spray gun을 atomizer로 하는 噴霧 乾燥機의 제작을 試圖할 경우 보리차 抽出液의 濃度와 乾燥 熱風의 溫度에 따른 乾燥 所要 時間과의 關係, 乾燥室의 크기 및 形態 그리고 乾燥 粉末의 粒子 크기에 따른 即席 食品으로서의 適合性에 對한 綜合的 研究가 계속되어야 할 것이다.

要 約

보리차 抽出液의 噴霧 乾燥 裝置의 atomizer로 페인트용 spray gun을 使用할 경우 보리차 抽出液의 濃度와 送入되는 空氣 壓力이 微細液滴의 크기, 均一度 및 그 分布에 미치는 影響을 調査하였다.

1. 噴霧된 微細液滴의 平均지름(\bar{D} μm)은 보리차 抽出液의 濃度(C, %) 增加에 따라서 直線의 增加하였고 보리차 抽出液의 濃度와 微細液滴의 平均지름 사이에는 다음과 같은 關係가 成立하였다.

$$\bar{D} = aC + \beta$$

이때 a , β 는 各 濃度에 따라 決定되는 계수이다.

2. 空氣 送入 壓力의 增加에 따라 微細液滴의 平均 지름은 減少하였으며 特定 壓力 以上에서는 더 이상 減少하지않는 限界平均지름을 보였는데 濃度 15.7%에서 35 μm 의 限界平均지름을 나타내었다.

3. 空氣 送入 壓力이 增加할수록 微細液滴의 均一度는 增加하였으나 보리차 抽出液의 濃度 增加에 따른

均一度의 變化는 20% 까지는 각 壓力에서 均一하였으나 20% 이상에서는 均一度의 급격한 감소를 보였다.

4. 空氣 送入 壓力의 變化에 따른 微細液滴의 크기 (D)와 累計 百分率 分布 (P_b) 사이에는 다음과 같은 關係가 成立하였다.

$$P_b = e \ln D + f$$

式에서 e, f 는 壓力과 濃度에 따라 決定되는 係수이다.

文 獻

1. Masters, K. : *Spray Drying*, George Godwin Ltd., London, p. 97(1976)

2. Adler, C. R. and Marshall, W. R. Jr. : *Chem. Eng. Prog.*, **47**; 515 (1951)

3. 徐挺植, 全在根 : 한국식품과학회지, **13**, 334 (1981)

4. Gretqinger, J. and Marshall, W. R. Jr. : *American Institute of Chemical Engineering Journal*, **7**, 312 (1961)

5. 李廷哲, 全在根 : 한국식품과학회지 **15** : 348 (1983)

6. Marshall, W. R. Jr. and Kim, K. Y. : *American Institute of Chemical Engineering Journal*, **17**, 575 (1971)