

# 식품 가공용 기류식 분쇄기의 익형이 풍압에 미치는 영향

## Effect of Vane Shape on Air Pressure in

## Air Fluid Mill for Food Processing

강위수\*      최상근\*

정회원      정회원

W.S.Kang      S.G.Choi

### 1. 서 론

기류식 분쇄기는 축의 방향에 따라 수평형과 수직형으로 나누고, 충격판의 모양에 따라 미크론 밀형과 터보형으로 분류할 수 있다. 우리나라에서는 수평형, 터보밀이 많고, 구미에서는 수직형(울트라핀, 울트라롤러 등)이 주로 이용된다.

최근에는 이 형식의 밀을 한층 더 미분쇄(微粉碎)쪽으로 개량하기 위해 밀의 축을 편심(偏心)시키거나(Fine micron mill), 충격체를 그물모양으로 하여 기류와 충격체간의 상대속도를 유지하게 하거나, 또 충격판 끝에 링크를 부착하여 전단효과를 더욱 높이는 등(Ultra roller) 여러 가지 아이디어가 시도되고 있다(강 1995).

기류식 분쇄기는 대표적인 미분쇄기(微粉碎機)이며, 분쇄원리는 충격과 마모, 전단력으로 분쇄가 이루어진다. 어느 것이나 수평축 또는 수직축에 로터가 달려 있고, 이것에 충격판, 해머, 핀 등이 부착되어 있으며, 이 로터(Rotor)가 고속 회전하므로써 충격, 일부는 강한 전단(剪斷)작용을 하여 분쇄하는 것이다. 또 일부는 기류입자의 상호작용으로 미분쇄가 진행되는 것으로 보인다. 현재 연속식 미분쇄기로는 제트 분쇄기와 함께 양적으로는 석회석, 활석 분쇄를 중심으로 가장 널리 쓰이고 있으나, 역시  $3\mu\text{m}$ 이하로 분쇄하는 것은 어렵다(이,1992).

일반적으로 식품 가공에서 공통 공정으로 간주되는 분쇄공정에서는 현재 분쇄기의 특성상 마찰에 의한 분쇄열이  $60\sim 120^{\circ}\text{C}$ 까지 발생되기 때문에 원료의 색, 향, 풍미의 변화는 물론 영양성분의 파괴를 방지하고 고섬유질 및 고지방 함유 원료식품의 미분화를 위하여 기존의 분쇄기인 햄머 밀, 핀 밀, 롤러 밀 보다 분쇄물에 대한 오염이 없으며 기류의 흐름에 따른 냉각효과로 열에 민감한 물질에 적합하고, 조분쇄부터 초미분쇄까지 분쇄가능한 분쇄기 개발에 주목적이 있다. Rotor의 Vane형상이 기류의 이동현상에 따른 분쇄실 내부의 압력편차를 측정하여 실제 설계 제작할 기류식분쇄기의 압력과 유속을 예측하여 로터의 Vane의 모양과 분쇄실에서 로터의 위치를 결정하는데 기초자료로 제시하고자 한다.

---

\* 강원대학교 농업생명과학대학 농업기계공학과

## 2. 재료 및 방법

### 가. 실험장치의 구성

#### (1)Vane의 형상에 따른 Modelling

본 연구에서는 로터의 Vane 형상에 따른 분쇄실 내의 풍압과 풍속의 변화를 측정하기 위해 로터의 직경은 200mm로 하고 부착한 Vane의 형상은 그림 1과 같이 8가지 형상으로 제작하였다.

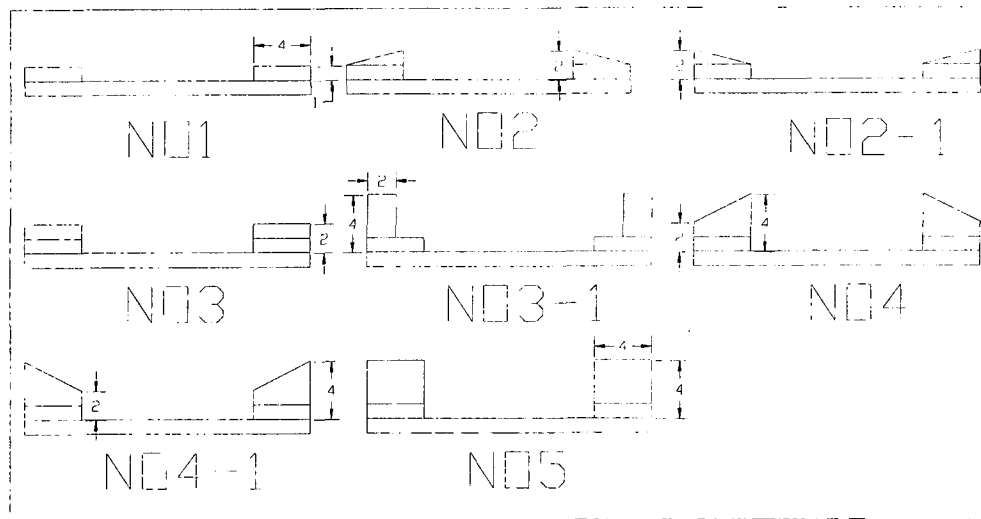


그림 1. 기류식분쇄기 모델링에서 Rotor의 Vane형상

#### 나. 분석방법

분쇄실 내부의 압력과 유속 및 입도 측정은 Digital 풍속계를 사용하였으며, Digital 풍속계 (TSI 8386(A))의 입력전압은 직류1.5Volt를 사용하였다. 풍속계에서 읽혀지는 Data값은 VELOCICALC PLUS의 메모리에 저장되고 저장된 Data값은 자료수집 장치인 TSI Data Download Software를 사용하였다.

#### 다. 실험방법

Rotor의 Vane 형상에 따라 분쇄실 내부의 압력을 측정하기 위해 로터의 속도 변화에 따른 풍압은 각각의 위치마다 3회 반복측정을 하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 가. 익(翼)의 각도에 따른 풍압의 변화

로터에 부착할 익의 각도를 결정하기 위하여 Vane의 각도를 45°, 90°, 135°로 각각 실험한 결과는 표 1과 같다. 투입구의 흡인력이 우수하고 분쇄실의 내부에서는 분쇄물의 체류

시간이 길어지며 분쇄된 분쇄물의 배출이 용이한 것은 Vane의 각도가 90° 일 때 가장 우수한 것으로 보였다. 따라서 본 실험을 기초로 하여 유체의 흐름이 용이한 반지름 방향(90°)을 선택하였다.

표 1. 기류식분쇄기에서 Rotor의 Vane의 각도가 풍속에 미치는 영향  
(단위 : m/s)

측정위치 Vane의 각도(°)	풍 속(m/s)		
	투입구	분쇄실 내부	배출구
45	4.79	3.82	3.7
90	6.02	3.51	4.3
135	5.16	4	4

나. Rotor의형상에 따른 풍압의 변화

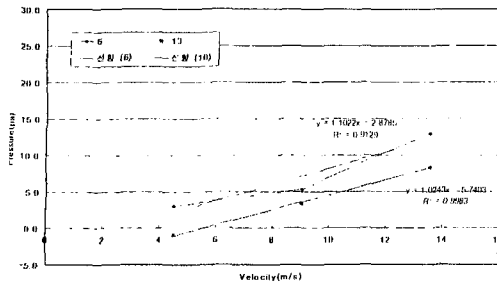
표 2는 로터의 Vane 형상과 회전수에 따른 분쇄실의 압력변화를 측정된 data이다. 압력의 측정위치는 로터와 분쇄실 투입구로부터의 거리를 6cm, 10cm로 놓았을 때 로터의 끝단에서 발생하는 압력을 측정된 것이다.

NO1의 Vane면적은 4cm<sup>2</sup>이고 NO3의 Vane면적은 8cm<sup>2</sup>으로 2배로 늘렸을 경우 압력은 약 2배로 증가하는 것으로 보였다. 그러나 NO5처럼 Vane면적을 16cm<sup>2</sup>으로 증가했을 경우 오히려 압력이 NO3보다 감소하는 것으로 나타났다.

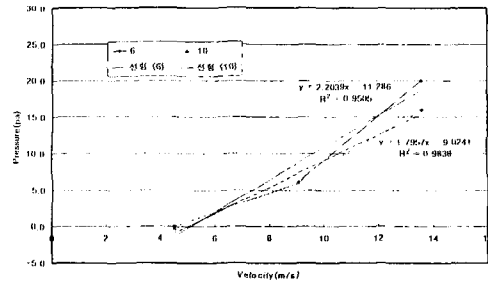
표 2. 기류식분쇄기에서 Rotor의 형상과 속도에 따른 풍압변화 결과치

로터형상 속도(m/s)	풍 압(Pa)															
	NO1		NO2		NO2-1		NO3		NO3-1		NO4		NO4-1		NO5	
	6	10	6	10	6	10	6	10	6	10	6	10	6	10	6	10
4.518	3	-1	0	-0.3	1	0.3	3	3	1	0	1	1	5	3	1	1
9.307	5.3	3.3	6	6	7	5.3	10	10	10.3	7	8	12.7	13	12	9.3	12
13.55	13	8.3	20	16	21.3	18	25.7	29.7	17	18.3	15.3	23.7	22.3	25	25	19

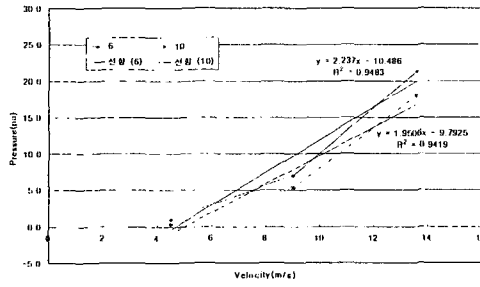
다음 그림 2는 로터의 Vane 형상과 회전수에 따른 분쇄실의 압력변화를 그림으로 표시하였고, 풍압을 예측할 수 있는 추세선을 추가하여 도시하였다.



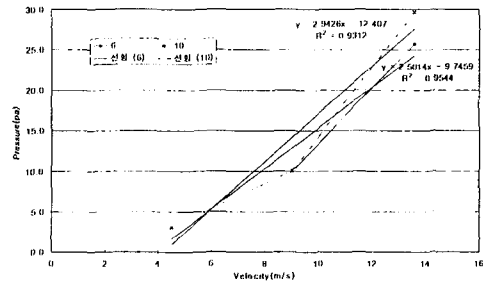
(a) NO1



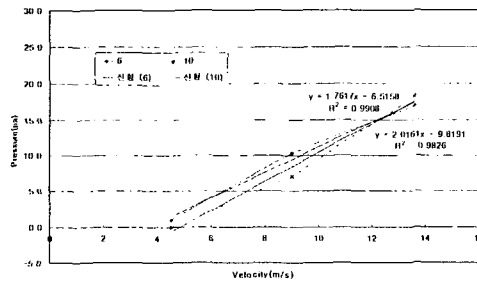
(b) NO2



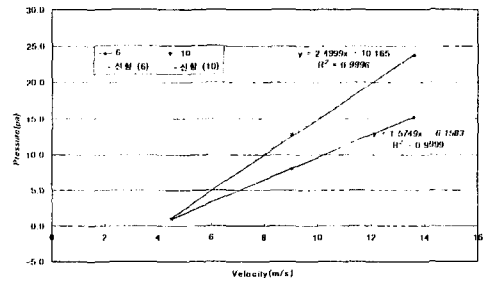
(c) NO2-1



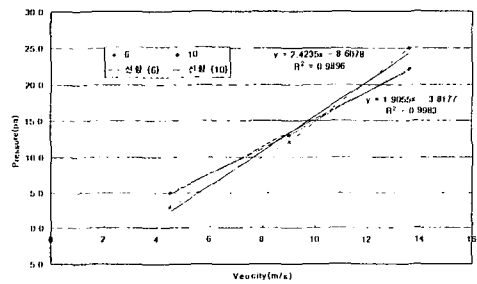
(d) NO3



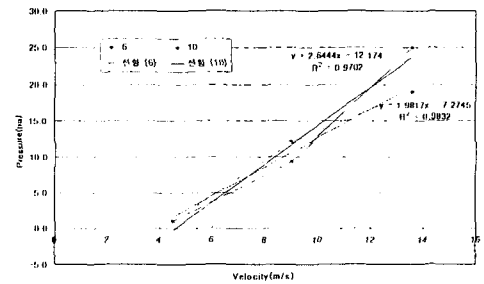
(e) NO3-1



(f) NO4



(g) NO4-1



(h) NO5

그림 2. 기류식분쇄기에서 Vane의 형상과 속도에 따른 풍압변화도

Table 3. 기류식분쇄기 Rotor의 위치와 형상사이에서 풍압의 상관관계식

로터의 위치 로터의 형상	6cm	10cm
NO1	$y=0.5x-2.9$	$y=0.465x-5.7676$
NO2	$y=x-11.333$	$y=0.815-9.0667$
NO2-1	$y=1.015-10.533$	$y=0.885x-9.833$
NO3	$y=1.135x-9.8$	$y=1.335-12.467$
NO3-1	$y=0.8x-6.5667$	$y=0.915x-9.8667$
NO4	$y=0.715-6.2$	$y=1.135x-10.233$
NO4-1	$y=0.865x-3.8667$	$y=1.1x-8.667$
NO5	$y=1.2x-12.233$	$y=0.9x-7.333$

다. 시제작할 기류식 분쇄기의 분쇄실 내부 풍압변화 예측

로터에 부착한 Vane의 형상과 분쇄실 내부의 위치변화에 따라서 풍압을 측정된 결과 로터의 위치가 6cm에 있을 때 Vane형상이 NO5가 가장 적합하고, 로터의 위치가 10cm에 있을 때 Vane형상은 NO3이 가장 적합한 것으로 보였다. 따라서 기류식 분쇄기에서 로터의 속도가 100m/s로 회전할 경우 분쇄실 내부의 풍압은 각각 275.8Pa, 307.9Pa로 예측 할 수 있다.

Table 4. 기류식분쇄기의 Vane형상 모델링에 따른 풍압의 예측값

로터의 위치	속도(m/s)	풍 압(Pa)							
		NO1	NO2	NO2-1	NO3	NO3-1	NO4	NO4-1	NO5
6cm	18.06	17.1	28.7	30.1	35.6	25.4	22.4	30.7	35.8
	36.13	37.1	68.7	70.7	81.0	57.4	51.0	65.3	83.8
	54.19	57.1	108.7	111.3	126.4	89.4	79.6	99.9	131.8
	72.26	77.1	148.7	151.9	171.8	121.4	108.2	134.5	179.8
	90.32	97.1	188.7	192.5	217.2	153.4	136.8	169.1	227.8
	108.38	117.1	228.7	233.1	262.6	185.4	165.4	203.7	257.8
10cm	18.06	12.9	23.5	25.6	41.0	26.7	35.2	35.3	28.7
	36.13	31.6	56.1	61.0	94.3	63.3	80.6	79.3	64.7
	54.19	50.3	88.7	98.4	147.7	99.9	126.0	123.3	100.7
	72.26	69.0	121.3	131.8	201.1	136.5	171.4	167.3	136.7
	90.32	87.6	153.9	167.2	254.5	173.1	216.8	211.3	172.7
	108.38	106.3	186.5	202.6	307.9	209.7	262.2	255.3	208.7

#### 4. 결 론

본 연구에서 Vane의 형상과 분쇄실 내부의 위치변화에 따른 풍압 측정결과치를 이용하여 시제작할 기류식 분쇄기의 Rotor의 위치와 Vane형상은 다음과 같이 분석되었다.

- 가. 분쇄실의 투입구로부터 로터의 위치가 6cm경우 Vane형상이 NO5가 가장 우수하였고, 로터의 위치가 10cm경우 Vane형상은 NO3 모델의 풍압이 우수하였다.
- 나. 시제품 기류식 분쇄기의 분쇄속도를 100m/s로 하였을 경우 로터의 위치 6cm, 10cm에서 풍압은 각각 275.8Pa, 307.9Pa로 예측 할 수 있다.

#### 5. 참고문헌

1. 강석호. 1995. 분체공학. 회중당
2. 이정해. 1992. 最新 粉體技術 핸드북. 대신기술
3. 고원호, 심현호, 이종집, 허광선. 1998. 단위조작. 보문당
4. 전운봉. 1999. 유체기계. 보문당
5. 연세대학교. 1997. 핵심기계설계 고도화 시스템 기술개발. 과학기술부
6. 조승호. 1994. 유동층형 유체 분쇄기에서 기체 분사방향 및 압력변화가 분쇄특성에 미치는 영향. 충남대학교 대학원