Food Engineering Progress
Vol. 4, No. 1. pp. 1~8 (2000)

사과박 건조 및 건조사과박/쌀당화액의 *Bifidobacterium* 발효

이주연 · 이영택 · 목철균
경원대학교 공과대학 식품생물공학과

Drying of Apple Pomace and *Bifidobacterium* Fermentation of Dry Apple Pomace/Saccharified Rice Solution

Ju-Yeon Lee, Young Tack Lee and Chulkyoon Mok
Department of Food & Bioengineering, Kyungwon University

Abstract

Drying characteristics of wet apple pomace (WAP) was investigated to optimize its drying process for the yearlong supply of the dried apple pomace as the raw material for the fermented products. The drying of the WAP consisted of 3 stages; constant rate drying, 1st and 2nd stages of falling rate drying. The drying rate constant of each stage of drying was evaluated and its temperature dependence was estimated according to Arrhenius equation. The magnitude of activation energy of each drying stage were 21.0 kJ/mol for the constant rate drying, 26.2 kJ/mol for the 1st stage and 24.0 kJ/mol for the 2nd stage of the falling rate drying. The optimum drying condition of the WAP was at 70°C and with the air velocity of 0.7 m/s. It took 2.5 hrs for the WAP drying under the optimum condition. The dried apple pomace (DAP) was ground and added to the saccharified rice solution (SRS) for the *Bifidobacterium* fermentation. The addition of DAP showed no effect on the growth of the *Bifidobacterium* upto the level of 2.0%, but slightly decreased the number of the *Bifidobacterium* at the addition levels above 2.5%. The sensory properties of the fermented product were greatly improved by the addition of the DAP, and the optimum addition level of DAP was 1.67% to the SRS for the fermentation.

Key words: apple pomace, drying, optimization, saccharified rice solution, *Bifidobacterium* fermentation

서 론

분류학상 장미과에 속하는 다년생 작물인 사과는 전 세계 과일 생산량 중 4위를 차지하고, 우리나라에서는 과실생산량의 45% 이상을 차지하는 가장 중요한 과일이다. 사과는 가식부가 95%이고 수분이 85%로(김정호 등, 1988) 소화를 도와주고 변비를 개선하며 피부를 아름답게 하는 효과가 있으며 칼륨과 칼슘이 다량 함유되어 있어 고혈압 환자에게 좋은 식품으로 알려져 있다. 사과의 정장작용 및 변비개선은 다량 함유된 섬유질에 의한 효과이며, 함유 유기산은 위액의 분비를 왕성하게 하여 소화를 도와주고 철분 흡수를 향상시키며, 아울러 스트레스에 의한 긴장을 완화시켜주는 진정작용도 뛰어난 것으로 알려져 있다(유태종, 1994).

또한 사과의 섬유소는 장내의 대표적 유익균인 *Bifidobacterium*의 수를 증가시키는 반면, 유해균인 *E. coli* 와 *Staphylococcus* 수를 감소시켜 장내 균총 개선의 측면에서도 유효한 소재임이 밝혀졌으며 (이현아 등, 1994), 장내균총 개선 효과는 IDF(insoluble dietary fiber)보다 SDF (soluble dietary fiber)가 우수한 것으로 보고되고 있다(이현아 등, 1997).

우리나라에서 사과는 대부분 생과나 쥬스로 이용되고 있는 실정이나 미국을 비롯한 호주, 캐나다 등지에서는 사과가 건조식품으로 이용된 지 오래이며 다양한 사과 가공식품이 상품화되어 있다. 우리나라에서도 U.R. 이후 농산물의 부가가치 향상을 위한 노력이 다

Corresponding: Chulkyoon Mok, Department of Food & Bioengineering, Kyungwon university, San 65, Bokjung-dong, Sujung-ku, Sungnam, Kyunggi-do 461-701, Korea

각도로 진행되고 있으며 기능성을 부여한 고차 가공을 통하여 고품질 가공식품의 개발이 시도되어 몇몇 제품이 상품화되고 있으나 사과를 이용한 기능성 식품은 아직 시도되고 있지 않은 실정이다.

수년전부터 상품화되고 있는 사과쥬스는 가공시 다량의 사과박이 부산물로 파생되는데 사과박은 식이섬유함량이 풍부하고 장내 균총을 개선하는 효과가 탁월한 기능성 식품 제조 원료로 이용될 수 있다. 이 사과박을 식이섬유원과 *Bifidobacterium*의 growth factor로 이용하기 위하여 한국인의 장내에서 분리한 *Bifidobacterium*을 배양하고 쌀당화액과 사과박과의 혼합발효가 시도되어 기능성 및 관능성이 양호한 발효제품이 개발된 바 있다(Lee *et al.*, 1999).

그러나 사과박은 수분함량이 높아 저장성이 없고 사과 쥬스 가공의 계절적 제약 때문에 연중 공급이 불가능하기 때문에 사과박을 이용한 발효제품의 지속적인 생산을 위해서는 원료의 저장성을 높여 연중 사용할 수 있는 방안이 강구되어야 하므로 사과박의 건조기술 확립이 선행되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 사과박의 건조특성과 건조기작을 파악하여 사과박 건조시스템을 확립함으로써 쌀당화액과 사과박의 혼합발효를 위한 사과박 전처리 공정을 완성하고 *Bifidobacterium* 발효특성을 조사하였다.

재료 및 방법

실험재료

사과는 충남 예산에서 수확한 부사를 구입하여 사용하였으며, 쌀은 경기 특산미(평택 팽산농협)를 분쇄하여 사용하였다. *Bifidobacterium* 생육을 위한 환원제로는 L-ascorbic acid (Duksan pharamaceutical Co. Korea)를 1%(w/v)용액으로 제조하여 사용하였다. 쌀당화를 위한 amylolytic enzymes은 α-amylase와 glucoamylase (amyloglucosidase)를 Sigma Chemical Co. (St. Louis, MO, U.S.A.)제품을 사용하였다. Alpha-amylase (EC 3.2.1.1, Type X-A: from *Aspergillus oryzae*)와 glucoamylase (EC 3.2.1.3, from *Rhizopus mold*)의 활성은 각각 300 units/mg solid와 22,500 units/g solid 이었다. 배지제조용 시약은 Sigma Chemical Co. (St. Louis, Mo, U.S.A.)등에서 구입하여 사용하였으며 플락토올리고당, 갈락토올리고당, 이소말토올리고당은 (주) 삼양제넥스 제품을 사용하였다.

Bifidobacterium

본 실험에 사용한 *Bifidobacterium*은 한국인의 장내에서 분리한 균주 중 쌀당화액의 발효특성이 우수한 *Bifidobacterium* sp. FBD-27를 선발하여 사용하였으며, *Lactobacilli* MRS broth (Difco Co. Detroit, MI, U.S.A.)에 cysteine을 0.05%첨가하여 24시간 종배양한 후 발효원료 중량의 2%씩 접종하였다.

쌀당화액 제조

쌀가루 1 kg에 증류수 6.4 *l*를 첨가하여 60°C에서 40분 가온, 100°C에서 45분 호화하고, α-amylase 0.135 unit/g rice powder와 glucoamylase 3.375 unit/g rice powder가 되도록 0.1% (w/v)효소용액 첨가 후 60°C에서 75분간 당화하고 여과하였다(Lee *et al.*, 1998).

사과박 제조

사과 (품종: 부사)를 구입하여 박피한 후 절단하여 1% ascorbic acid에 15분간 침지한 후 쥬서기 (KMJ-703, DAEWOO, Korea)를 이용하여 착즙시 회수된 사과박을 사용하였다.

사과박 건조

건조 용기는 지름 0.8 mm의 스텐레스 스틸로 된 철사로 만들어진 스텐레스 스틸망을 사용하여 크기 10 cm×10 cm로 제작하여 양면 건조가 가능하도록 하였다. 건조 용기 위에 사과박을 두께 4 mm가 되도록 장치하고 열풍건조기 (Thermolyne 9000, Barnstead, U.S.A.)에서 풍속 (0.3-0.7 m/s)과 온도 (40-90°C)를 달리하여 평형수분함량에 도달할 때까지 건조하였다.

사과박 건조 양상

사과박 건조 중 시료의 무게변화는 디지털저울(BP 210D, Sartorius Ltd., U.S.A.)을 사용하여 15분 간격으로 측정 기록하였다. 건조온도와 풍속별로 건조시간에 따른 시료의 중량변화로부터 건량기준 수분함량(Md.b.)을 환산한 후 건조구간별 건조기구를 해석하였다.

항률건조구간에서의 건조속도는 식(1)과 같이 구하였다(변유량 등, 1998).

$$R = -\frac{L_s}{A}\frac{dM}{dt} \quad (1)$$

여기서 R=건조속도 (g 수분/min · m^2)

L_s=사용한 고형분 (g)

A=열풍에 노출된 표면적(m^2)

$\frac{dM}{dt}$=수분감소율(g 수분/min)

감률건조구간의 건조기구는 수분 비율(MR, moisture

ratio)을 식 (2)와 같이 계산하고(Page, 1942; Sabbah, 1968), 식 (3)의 모델에 의거하여 건조속도 상수(k)를 구하였다(Chen과 Johnson, 1969). 건조속도상수의 변화에 따라 감률건조구간을 2단계로 나누어 단계별 건조속도 상수를 구한 다음 Arrhenius식 (4)를 이용하여 활성화 에너지(Ea)를 계산하여 건조속도상수의 온도의존성을 조사하였다(Henderson, 1961).

$$MR = \frac{(Mt - Me)}{(Mo - Me)} \quad (2)$$

$$MR = ae^{-kt} \quad (3)$$

$$k = A\exp(-Ea/RT) \quad (4)$$

여기서 Mt=건조시간 t에서의 수분함량 (g water/g solid)
Me=평형수분함량 (g water/g solid)
Mo=초기수분함량 (g water/g solid)
a=상수
k=건조속도상수 (min^{-1})
t=건조시간 (min)
A=빈도인자 (min^{-1})
Ea=활성화에너지 (kJ/mol)
R=기체상수 (8.314 kJ/mol · K)
T=절대온도 (K)

색도

건조 사과박의 색도는 색차계 (Minolta CR-200, Japan)를 이용하여 Hunter 색계의 명도(L), 적색도(a), 황색도(b)를 측정하였다.

건조사과박/쌀당화액 혼합물의 발효

풍속 0.7 m/s, 온도 70°C에서 건조 후 분쇄한 사과박을 0-5% 수준으로 쌀당화액에 첨가하였다. 환원제로ascorbic acid를 0.04%(v/v) 수준으로 첨가한 후 마개를 막아 100°C에서 10분간 가열하고 냉각한 후 종배양한 *Bifidobacterium* sp. FBD-27를 2% 접종하여 37°C에서 42시간 발효하였다.

당도, pH 및 적정산도

당도는 굴절당도계(N.O.W. Tokyo, 0-32%, °Brix, Japan)로, pH는 pH meter(model 520A, Orion Research Inc. U.S.A.)를 사용하여 측정하였고, 산도는 시료 10 ml 취하여 0.1% 페놀프탈레인을 지시약으로 사용하여 0.1 N NaOH으로 적정하고 소비된 NaOH양으로부터 %젖산으로 계산하였다(Lee *et al.*, 1999).

*Bifidobacterium*수 측정

Press tube에 당화액을 넣고 37°C에서 42시간 발효한 시료를 혐기성 용액에 십진적 희석한 후 MBS (modified *Bifidobacterium* selective medium) (박종현 등, 1997)에 도말하여 anaerobic jar (Difco, Detroit. MI, U.S.A.)에 질소를 충진하고 anaerobic catalyzer와 gas generating system을 넣고 37°C에서 3일간 혐기 배양한 후 colony를 계수하였다.

관능검사

비피더스 발효음료의 관능검사는 색, 향, 맛, 조직감, 종합적 기호도에 대하여 9점 채점법으로 실시하였다(Lee와 Kim, 1994). 이때 채점기준은 아주 좋다: 9점, 보통으로 좋다: 7점, 좋지도 나쁘지도 않다: 5점, 보통으로 나쁘다: 3점, 아주 나쁘다: 1점이었다. 관능검사는 본 학과 대학원생 10명으로 구성된 패널을 대상으로 실시하였다.

통계분석

실험결과는 Statistical Analysis System (SAS Inc., 1985)를 사용하여 Duncan의 중범위검정으로 시료간의 유의차를 분석하였다.

결과 및 고찰

사과박 건조특성

사과박의 건량기준 수분함량($M_{d.b.}$)은 5.70이었다. 사

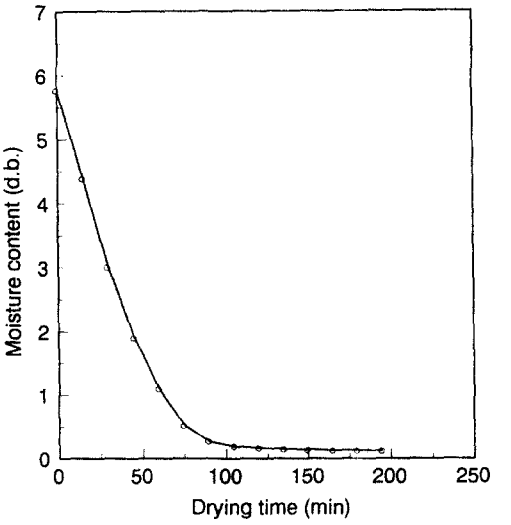

Fig. 1. Changes in moisture content of apple pomace during drying at 70°C and 0.7 m/s.

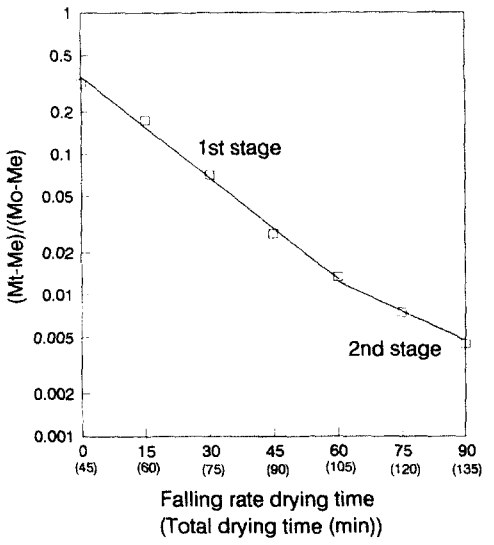

Fig. 2. Changes in moisture ratio of apple pomace during drying at 70°C and 0.7 m/s.

과박을 온도 70°C, 풍속 0.7 m/s의 조건에서 건조 중 건조시간별 수분함량의 변화는 Fig. 1과 같이 건조시간 75분까지는 수분함량의 감소가 급격하였으나 75분 이후의 수분함량의 감소는 완만하였다. 사과박의 수분비율은 항률건조기간과 감률건조기간으로 구분되었으며, 감률건조기간동안 사과박의 수분비율(MR)은 Fig. 2와 같이 감률건조 1단계와 감률건조 2단계로 구분되었다. 감률건조 1단계는 감률건조가 시작된 후 60분동안 이루어졌으며 이 기간동안은 사과박 내부로부터 표면으로의 수분이동속도가 감소하여 표면이 더 이상 젖어있는 상태를 유지할 수 없으며, 차츰 사과박 표면이 건조되기 시작하여 수분함량이 감소함에 따라 건조속도가 직선적으로 감소하는 경향을 보였다. 감률건조 2단계는 60-100분 동안에 이루어 졌다. 이 기간은 표면이 완전히 건조되는 시점부터 증발면이 표면에서 내부로 이동하여 후퇴하여 건조속도는 더욱 감소하였다. 사과박건조가 항률건조와 감률건조 2단계로 구분되는 원인은 생사과박의 초기수분함량이 높아 건조초기에는 항률건조가 진행되나 건조가 진행됨에 따라 당의 농축, 점성의 증가에 의해 심한 수축과 균열이 발생하며 표면경화현상이 복합적으로 일어나기 때문에 나타나는 현상으로 사료된다.

Table 1은 항률건조 기간동안에 건조온도와 풍속에 따른 건조속도를 계산한 결과이다. 건조속도는 $R=-L_s/A \cdot dM/dt$에 의거하여 구하였고 건조속도는 풍속이 높을수록 증가하였으며, 건조온도가 높을수록 증가하였

Table 1. Effects of air velocity and drying temperature on drying rate at constant rate drying period

Air velocity (m/s)	Drying temperature (°C)	Drying rate (g H_2O/min · m^2)
0.3	40	2.4053
	50	4.0746
	60	6.6705
	70	8.5170
	80	8.7999
	90	10.3968
0.5	40	4.5802
	50	5.4041
	60	7.0626
	70	7.9056
	80	11.5194
	90	12.5745
0.7	40	4.9117
	50	6.7530
	60	10.2549
	70	10.3200
	80	15.2280
	90	17.1628

Table 2. Effects of air velocity and drying temperature on drying rate constants at falling rate drying period

(unit: min^{-1})

Air velocity (m/s)	Drying temperature (°C)	Stage of falling rate drying	
		1st stage	2nd stage
0.3	40	0.0172	0.0127
	50	0.0322	0.0093
	60	0.0557	0.0209
	70	0.0273	0.0432
	80	0.0647	0.0629
	90	0.1108	0.0340
0.5	40	0.0237	0.0237
	50	0.0478	0.0157
	60	0.0494	0.0186
	70	0.0875	0.0245
	80	0.0765	0.0241
	90	0.1015	0.1015
0.7	40	0.0294	0.0110
	50	0.0407	0.0123
	60	0.0456	0.0145
	70	0.0578	0.0376
	80	0.0998	0.0187
	90	0.1146	0.0478

다. 건조속도가 가장 낮은 건조조건은 0.3 m/s, 40°C로 건조속도는 2.4053 g H_2O/min · m^2이었으며 건조속도가 가장 높은 건조조건은 0.7 m/s, 90°C로 건조속도는 17.1628 g H_2O/min · m^2이었다.

건조온도와 풍속을 달리하여 사과박을 건조하고 MR =Aexp(−k · t)에 의거하여 구한 감률건조기간에서의 건조속도 상수 (k)값은 Table 2와 같이 감률건조 1단계가 감률건조 2단계에서 보다 높았으며 건조온도 및 풍속이 증가할수록 높은 값을 보였다. 항률건조기간동안의 사과박의 건조속도는 Fig. 3과 같이 풍속과 온도가

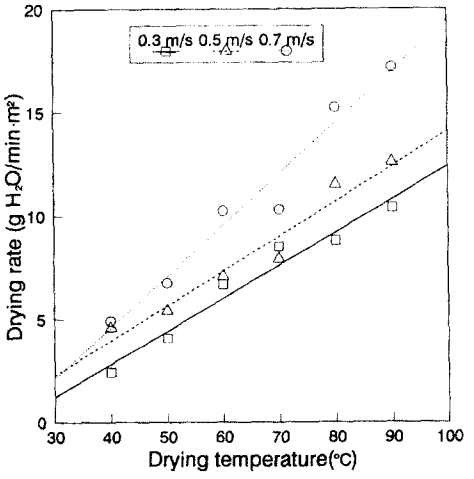

Fig. 3. Changes in drying rate of apple pomace for constant rate drying period.

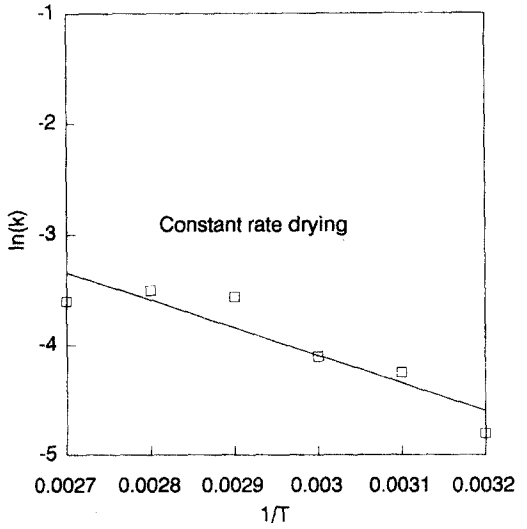

Fig. 4. Arrhenius plot of drying rate constant for constant rate drying period of apple pomace at air velocity 0.7 m/s.

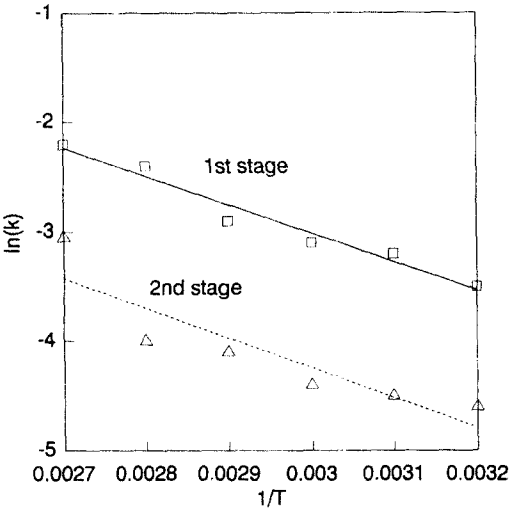

Fig. 5. Arrhenius plot of drying rate constant for falling rate drying period of apple pomace at air velocity 0.7 m/s.

Table 3. Activation energy of drying rate constants at air velocity 0.7 m/s

Drying stage	Ea (kJ/mol)
Constant rate drying	21.014
1st stage of falling rate drying	26.207
2nd stage of falling rate drying	24.036

높을수록 건조속도는 직선적으로 증가하였다.

항률건조기간에 건조온도에 따른 건조속도상수를 Arrhenius식에 적용시킨 결과는 Fig. 4와 같이 항률건조기간에 건조속도상수는 직선으로 작도되어 Arrhenius 식에 의거하여 변화함을 알 수 있었다. 감률건조기간에 건조온도에 따른 건조속도상수는 Fig. 5와 같이 감률건조 1단계에서의 건조속도상수는 감률건조 2단계에서의 건조속도 상수보다 모든 온도에서 큰 값을 보였다.

직선의 기울기로부터 계산한 활성화 에너지는 Table 3과 같이 항률건조에서는 21.0 kJ/mol, 감률건조 1단계에서는 26.2 kJ/mol, 감률건조 2단계에서는 24.0 kJ/mol을 보여 감률건조 1단계에서의 온도의존성이 가장 큰 것으로 나타났다. 이러한 결과는 사과박의 건조에서 건조단계마다 수분이동기구가 달라지는 것을 시사한다.

정신교 등(1986)의 사과 건조에 관한 연구 결과에서는 사과의 moisture content (d.b.)가 8.4-7.0에서 활성화 에너지는 6.6 kJ/mol로 보고하여 본 실험에서 구한 사과박 건조 활성화에너지 21.0-26.2 kJ/mol과 큰 차이를 보였는데, 이는 사과는 조직이 다량의 수분을 함유하는 얇은 섬유질로 구성되며 다공성이기 때문에 사과

Table 4. Duncan's multiple range test for drying rate constant of falling rate drying stages of apple pomace

Effect	Drying rate constant* (min^{-1})	
	1st stage (k_1)	2nd stage (k_2)
Air velocity (m/s)		
0.7	0.06463^a	0.02365^a
0.5	0.06441^a	0.02075^a
0.3	0.05889^a	0.03051^a
Drying Temperature (°C)		
90	0.10896^a	0.0409^a
80	0.08036^b	0.0353^a
70	0.07266^b	0.0351^{ab}
60	0.05023^c	0.0180^{ab}
50	0.04023^{cd}	0.0124^b
40	0.02342^d	0.0118^b

*Values of each effect with same letter in each column are not significantly different (α=0.05).

Table 5. Drying time of apple pomace at different air velocity and drying temperature (unit: hr)

Drying temperature (°C)	Air velocity (m/s)		
	0.3	0.5	0.7
90	2.8	1.8	1.8
80	3.3	2.8	2.3
70	3.5	3.5	2.5
60	5.0	5.3	4.8
50	8.0	6.3	5.5
40	10.3	7.0	7.0

박에 비하여 건조표면으로 수분이동에 대한 저항이 적기 때문으로 사료된다. 또한 풍속 및 온도가 건조속도에 미치는 영향을 분석한 결과, Table 4와 같이 풍속에 따른 건조속도상수의 변화는 유의적이 아니었으나 온도에 따른 차이는 유의한 것으로 나타나 온도에 의한 영향이 풍속보다는 큰 것으로 확인되었다.

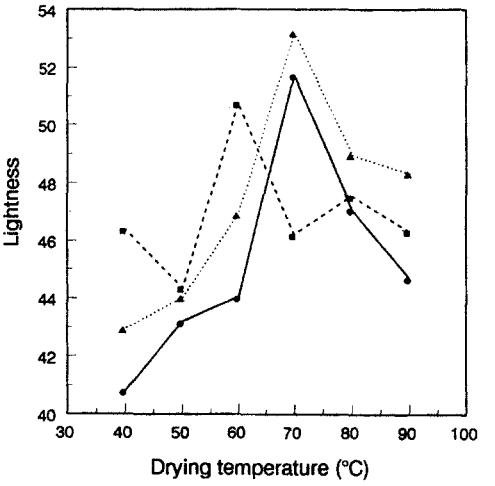

Fig. 6. Lightness (L value) of dry apple pomace with respect to drying temperature and air velocity.
—●— : 0.3 m/s, --■-- : 0.5 m/s, --▲-- : 0.7 m/s.

사과박 건조조건 결정

건조에 소요된 시간은 Table 5와 같이 건조온도와 풍속에 따라 단축되었으며 가장 오랜 시간이 소요된 건조조건은 건조온도 40°C, 풍속 0.3 m/s로 10.3시간이 소요되었고 가장 짧은 시간이 소요된 건조조건은 건조온도 90°C, 풍속 0.7 m/s로 1.8시간이 소요되었다.

건조 후 사과박의 L값을 측정한 결과는 Fig. 6과 같이 L값은 온도가 증가할수록 증가하는 경향을 보이다가 건조온도 60-70°C를 정점으로 감소하였다. 풍속에 따른 변화는 60°C까지 0.5>0.7>0.3 m/s 순으로 낮아지다가 70°C에서는 0.7>0.3>0.5 m/s 순으로 낮아졌다. 이상의 결과를 토대로 사과박의 건조조건은 가장 높은 L값을 보인 건조온도 70°C, 풍속 70 m/s로 결정되었으며 이 조건에서 건조시간은 2.5시간이 소요되었다.

Table 6. Properties of fermented dry apple pomace/saccharified rice solution with respect to dry apple pomace addition level

Properties	Fermentation time (hr)	Dry apple pomace addition level (%)					
		0	1.6	2.0	2.5	3.3	5.0
Sweetness (°Brix)	42	11.6	12.5	12.6	13.0	13.4	14.2
TA (%)	0	0.045	0.046	0.048	0.049	0.051	0.052
	42	0.126	0.153	0.144	0.135	0.153	0.153
pH	0	6.08	5.04	4.79	4.75	4.57	4.40
	42	3.31	3.45	3.52	3.61	3.64	3.70
Bifido-*bacterium* number (CFU/mL)	0	4.8×10^4	4.8×10^4	4.8×10^4	4.8×10^4	4.8×10^4	4.8×10^4
	42	1.44×10^7	1.36×10^7	1.28×10^7	7.16×10^6	6.52×10^6	6.48×10^6

Table 7. Sensory score of *Bifidobacterium* fermented beverage with respect to dry apple pomace addition level

Sensory properties	Addition level (%)	Sensory score*
Color	1.33	6.3[a]
	1.67	5.7[ab]
	2.22	5.3[ab]
	0	3.9[b]
	3.33	3.4[b]
Flavor	1.67	5.7[a]
	1.33	5.1[a]
	2.22	4.3[a]
	3.33	2.4[b]
	0	2.3[b]
Taste	2.22	4.6[a]
	1.33	4.3[a]
	1.67	4.2[a]
	3.33	4.1[a]
	0	2.3[b]
Mouthfeel	1.33	5.9[a]
	1.67	4.7[ab]
	2.22	4.7[ab]
	0	4.1[ab]
	3.33	3.3[b]
Overall	1.67	5.6[a]
	1.33	5.2[a]
	2.22	5.2[a]
	3.33	3.1[b]
	0	2.1[b]

*Scores with same letter are not significantly different (α=0.05).

건조사과박/쌀당화액 혼합물의 발효

풍속 0.7 m/s, 온도 70°C에서 건조한 사과박을 분쇄하여 당화액에 0-5% 수준으로 첨가하여 발효한 제품의 특성을 조사한 결과는 Table 6과 같다.

발효음료의 당도는 건조 사과박 첨가비율이 높을수록 발효물의 당도가 증가하였다. 산도는 발효 전 0.045-0.052%에서 발효 후에는 0.153%까지 증가하였으며, pH는 발효 전 4.40-6.08에서 발효 후 3.31-3.70으로 감소하였다. 비피더스의 생육은 사과박 첨가 비율 0-2.0%에서는 차이가 없었으나 첨가비율 2.5% 이상에서는 첨가비율이 높을수록 균수는 감소하였다. 건조사과박 1.6% 첨가구는 1.36×10^7 CFU/ml 인데 반하여 5% 첨가구는 6.48×10^6 CFU/ml로 나타나 비피더스의 생장은 건조 사과박 첨가비율이 낮은 실험구에서 더 좋은 활성을 보였다. 이상의 결과로부터 건조 사과박의 적정 첨가수준은 1.6-2.0%가 적당한 것으로 나타났다.

건조 사과박의 첨가수준을 결정하기 위하여 건조 사과박을 0-3.33% 수준으로 첨가하여 발효한 제품의 관능검사 결과 Table 7에서와 같이 색, 향, 맛, 조직감은 1.33-2.22%가 양호하였으며 전체적인 기호도에서 1.33-2.22%간의 유의차는 없었으나 1.67% 첨가한 것이 가장 높은 점수를 보여 건조 사과박의 적정 첨가수준은 1.67%로 결정되었다. 건조 사과박을 첨가하여 발효한 제품의 관능특성은 쌀당화액만을 발효한 경우보다 훨씬 우수하여 건조 사과박을 이용한 쌀 발효제품의 품질향상가능성을 확인하였다.

요 약

사과박 건조기술을 개발하기 위하여 사과박 건조 특성을 조사하였다. 사과박의 건조양상은 수분비율에 따라 항률건조, 감률건조 1단계, 감률건조 2단계 등 3단계로 구분되었다. 각 건조단계에서의 활성화에너지는 항률건조에서는 21.0 kJ/mol, 감률건조 1단계에서는 26.2 kJ/mol, 감률건조 2단계에서는 24.0 kJ/mol을 보여 감률건조 1단계의 온도의존성이 가장 큰 것으로 나타났다. 사과박의 건조조건은 L값이 가장 높은 0.7 m/s, 70°C로 결정되었으며 건조시간은 2.5시간이 소요되었다. 풍속 0.7 m/s, 온도 70°C에서 건조한 사과박을 분쇄하여 당화액에 0-5%수준으로 첨가하여 42시간 발효한 제품의 비피더스균수를 조사한 결과 비피더스의 생장은 건조사과박 첨가비율 2.0% 이하에서 더 좋은 활성을 보였고, 적정 첨가수준은 1.6%-2.0%이었다. 관능검사 결과 색, 향, 맛, 조직감은 첨가수준 1.33-2.22%가 양호하였으며 기호도는 1.33-1.67%가 양호한 것으로 평가되었다. 건조사과박의 적정 첨가수준으로 1.67%로 결정되었다.

감사의 글

본 연구는 농림수산특정연구사업으로 수행된 연구결과의 일부로서 지원에 감사드립니다.

문 헌

김정호, 김종천, 고광출. 1988. 삼정 과수원예각론. 향문사, 서울, 대한민국

박종현, 송혜경, 안준배, 지근억, 목철균. 1997. 한국인유래의 Anylolytic *Bifidobacterium*에 의한 쌀발효. 한국식품과학회지 **29**(3): 581

변유량, 권윤중, 김명환, 김병용, 박지용, 이동선, 이신영, 이준호, 이현용, 임종환, 조형용, 최용희, 황재관. 1998. 식품공학. 지구문화사, 서울, 대한민국

유태종. 1994. 식품보감. 서우, 서울, 대한민국

윤광섭, 이준호, 최용희. 1996. 사과의 삼투건조시 유리당과 유기산의 변화. 한국식품과학회지 **28**(6): 1095

이현아, 이상선, 신현경. 1994. 주요식이 섬유질원이 흰쥐의 장내균총형성조성에 미치는 영향. 한국영양학회지 **27**: 988

이현아, 이상선, 신현경. 1997. 사과의 식이섬유질이 장내세균의 *in vitro* 생육에 미치는 영향. 한국식품과학회지 **29**(1): 107

정신교, 최용희, 손태화, 최종욱. 1986. 사과의 건조조건에 따른 건조 특성. 한국식품과학회지 **18**(1): 61

Chen, C.S. and Johnson. 1969. Kinetics of moisture movement in hygroscopic materials.(I. Theoretical considerations of drying phenomena) *Trans. of ASAE* **12**: 109

Henderson, S.M. and S. Pabis. 1961. Grain drying theory I. temperature effect on drying coefficient. *Journal of Agricultural Engineering Research* **6**(3): 169

Lee, J.Y., C. Mok, J.H. Park, H.G. Chang and D.J. Koo. 1998. Optimal preparation of saccharified rice solution for *Bifidobacterium* fermentation. *Agricultural Chemistry and Biotechnology* **41**(7): 527

Lee, J.Y., J.H., Park, H.G. Chang and C. Mok. 1999. *Bifidobacterium* fermentation of rice and apple pomace mixture. *Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* **27**(3): 333

Lee, Y.C. and K.O. Kim. 1994. *Sensory test of foods.* Hak-Yeon Publishing Co. Seoul, Korea

Page, G.E. 1949. Factors influencing the maximum rates of air drying shelled corn in thin layer. M.S. thesis, Purdue University, West Lafayette, Ind., USA

Sabbah, M.A. 1968. Prediction of batch drying performance with natural air. M.S. thesis, Purdue University, West Lafayette, Ind., USA

SAS Institute, Inc. SAS User's Guide. 1985. Statistics, version 5 edition, SAS Institute Inc, Cary, NC, USA