

L-BTC 공정에 의한 Cacao Bean의 Hot Winnowing 처리 조건의 최적화

변유량 · 이신영* · 유승석** · 이정숙* · 홍승균*** · 이만중*** · 장영렬*** · 권익부***

연세대학교 생물산업소재연구센터, *강원대학교 환경생물공학부,
식품의약품안전청, *롯데그룹 중앙연구소

Optimization of Hot Winnowing Condition of Cacao Bean Processing by L-BTC Process

Yu-Ryang Pyun, Shin-Young Lee*, Seung-Seok Yoo**, Joung-Suk Lee*,
Seung-kyun Hong***, Man-Jong Lee***, Young-Youl Chang*** and Ik-Boo Kwon***

Bio-Research Center, Yonsei University,

*Division of Environ. & Biol. Eng., Kangwon National University,

**Korea Food & Drug Administration

***Lotte Group R & D Center

Abstract

For the study of high-quality cacao mass manufactured by BTC (better taste and color) process, optimum hot winnowing condition of cacao bean was determined by response surface methodology using a central composite design, consisting of a two-variable (steam pressure and drying temperature) five-level (-2~+2) pattern with 9 design points. Objective variables used as indices of winnowing efficiency were contents of nib, shell, nib in shell and shell in nib, size and distribution of nib, change of moisture content and return(%) of unbroken bean. The optimum value based on each objective variable was obtained at different winnowing conditions of steam pressure and drying temperature. From superimposed contour maps, optimum range of winnowing conditions to maximize these objective variables were steam pressure of 42~53 kPa and drying temperature of 174~181°C, respectively.

Key words: cacao bean, hot winnowing, optimization, response surface methodology

서 론

Cacao(*Theobroma cacao* L.)는 Latin America 원산의 벽오동나무과(*Sterculiaceae*)에 속하는 다년생 식물로, 적도의 남북 위도 20° 이내의 수림지역에서 광범위하게 재배되고 있다(Hancock, 1994; 中西喜次, 1964). 이들 cacao 나무는 6~8m 정도까지 자라며, 5~6개월 후에는 크기가 약 15~30 cm되는 oval 형태의 열매(pod)를 맺는다. 열매 안에는 약 30~40개의 seed(bean)가 pulp로 둘러 쌓여 있으며, 이 펄프질을 제거한 종자가 cacao bean이다(Hancock, 1994; 中西喜次, 1964; Hui, 1991). 이것을 발효, 건조하면 초콜릿의 원료인 cacao bean으로 되는데, 이의 전세계적인 생산량은 약 240만톤으로, 커피, 설탕 다음가는 세계 3대 농산 수출물의 하나이다(Hui, 1991; Cros와 Jeanjean, 1995; Grace Cocoa Co., 1993).

Cacao bean은 껍질(shell or testa), 내부 열매(nib or cotyledon) 및 배아(germ)로 구성되어 있으며, nib(니브)에는 초콜릿의 주원료인 카카오 매스(cacao mass)와 버터가

함유되어 있다. 실제 사용되는 부분은 니브인데, 이 카카오 니브를 갈아서 분쇄하면 함유 버터가 많고, 버터의 용점 이하에서는 페이스트상을 나타내므로, 이를 cacao paste, liquor 또는 카카오 매스라 부른다(中西喜次, 1964; Hui, 1993; Kleinert, 1994).

현재 이용되는 카카오 매스의 가공법은 니브를 liquor type으로 만들어 roasting 처리하는 mass roasting process, 니브를 균일한 작은 니브 조각으로 만들어 roasting 처리하는 nib roasting process 및 원료콩을 처리없이 그대로 roasting 처리하는 whole bean roasting process의 3가지이다(Kleinert, 1994; Ziegler, 1987). 이중에서 니브를 균일한 작은 조각으로 만들어 처리하는 nib treatment 공법의 대표적인 LBCT(Low Bacteria Color Treatment) 공법은 카카오 매스 제조의 최신 공법의 하나로, 그 산업적 생산 체제가 전세계적으로 확대되어 현재 30여개에 이르고 있다(Kleinert, 1994; Buhler catalogue, 1988; Buhler catalogue, 1997). 이 공법은 원래 스위스의 Buhler사가 코코아 분말이나 초콜릿 제조용으로 개발

한 공법이나, 국내에서는 L-사가 이를 다소 개량하여 BTC(Better Taste & Color) 공법으로 개명하고, 이에 의해 카카오 매스를 생산하고 있다(Buhler catalogue, 1997).

그러나 이들 공법의 효과에 대해서는 그동안 업체의 know-how로서 진행되어 왔으므로 정량적인 자료화는 거의 이루어지지 않았으며, 따라서 보다 체계적인 연구에 의하여 이의 정량적인 효과를 검토할 필요성이 높다.

특히, 파쇄한 카카오 콩을 각종 체를 통과시키면서 바람으로 분급하면, 4-8 mm 또는 이들 이상 크기의 배유부(cotyledon) 분획을, 세분(fines) 및 껍질(shell)로부터 분리할 수 있다. 이 공정을 풍파(winnowing)라 하며, 이와같이 해서 분리한 배유부를 니브라고 하는데, L-BTC 공정에서는 cacao bean을 수증기로 처리한 후 예비 건조하고, 이를 파쇄(breaking)하여 hot winnowing한다(Buhler catalogue, 1988; Buhler catalogue, 1997).

따라서 이 winnowing은 각종 체, fan 및 컨베이어로 구성된 system에 의해 니브와 껍질을 분리하는 공정으로 이후 공정의 양부에 관계하는 중요 공정이다. 이들의 분리 능력은 주로 기계의 구조에 의하지만 특히, hot winnowing의 경우 예열 처리와 같은 전처리 공정에 크게 관계되므로(中西喜次, 1964), 예열처리 조건의 규명은 반드시 필요하다.

본 연구에서는 L-BTC 공법에 의한 카카오 매스의 제조 공정의 검토 일환으로, L-BTC 공정의 hot winnowing시 니브 분리 효율의 최적 반응을 반응표면 분석법을 이용하여 구하였으며, 이에 의해 궁극적으로 L-BTC의 winnowing 공정 특성을 이해하고, 이후 공정의 효과를 극대화하고자 하였다.

재료 및 방법

재료 및 시료의 조제

본 연구에 사용한 재료는 가나산의 cacao bean이다. Cacao bean의 winnowing은 L-제과(양산공장) BTC 공정의 winnowing process에 따라 steam 처리(Buhler type SCTS)의 압력(40~120 kPa)과 fluid-bed dryer(Buhler type SCTW)의 온도(150~190°C)를 달리하여 예열처리하였다. 예열처리된 cacao bean은 impact crusher(Buhler type SBC)로 파쇄하고, winnower(Buhler type MTRA)로 winnowing하여 시료로 하였다.

실험 계획

Cacao bean의 hot winnowing 효율성 검토 및 최적 조건의 규명은 중심합성 계획법(Thompson, 1982)에 의하여 실험계획을 설계하였다. 중심합성 계획에서 breaking/

winnowing 공정의 반응조건은 수증기의 압력(40~120 kPa)과 건조기(fluid-bed dryer)의 온도(150~190°C)이었으며, 실험 조건은 -2~+2의 5수준으로 하였다(Table 1). 또 breaking/winnowing의 반응 변수로는 그 효율성에 관여하는 니브, 껍질, 세분 함량, 니브크기와 분포, 수분 함량, 니브중의 껍질 함량 및 껍질과 세분으로의 니브 손실량 등이었다.

한편, 반응표면의 회귀분석은 SAS program(SAS, 1988)을 사용하였으며, 회귀모형은 2차 다항 회귀모형을 사용하였고, 회귀분석한 결과, 임계점이 최대점이나 최소점이 아니고, 안장점일 경우에는 능선 분석하여 최적점을 구하였다. 또 contour map(등고선도) 및 3-D(dimension) 반응표면은 Matlab ver. 4.0(The Math Works Inc., 1993)을 사용하여 구하였다.

분석

반응 변수인 니브 함량, 껍질 함량, 세분 함량, 니브중의 껍질 함량 및 껍질과 세분으로의 니브 손실량 등은 무게로 측정하였다. 니브 크기와 분포는 체(mesh) 분석으로 구하였고, 수분의 측정은 식품공정의 일반 시험법(보건복지부, 1994)에 준하여 실시하였다.

통계 처리

각 실험 자료는 평균, 표준편차를 구하고, ANOVA로

Table 1. Variables and their levels of central composite design for hot winnowing experiment

Variables	Levels				
	-2	-1	0	1	2
Temperature(°C)	(X ₁) 150	160	170	180	190
Steam pressure (kPa)	(X ₂) 40	60	80	100	120
Exp.No.	Coded value		Experimental value		
	X ₁	X ₂	X ₁	X ₂	
1	-1	1	160	100	
2	1	1	180	100	
3	1	-1	180	60	
4	-1	-1	160	60	
5	0	0	170	80	
6	-2	0	150	80	
7	0	2	170	120	
8	2	0	190	80	
9	0	-2	170	40	
10	0	0	170	80	
11	0	0	170	80	
12	0	0	170	80	

유의적인 차이를 검정하였다. 또 처리 전후의 각 균간의 비교는 Student's t-test를 이용하였다.

통계처리는 SAS(Statistical Analysis System)를 이용하였으며, 유의수준은 $p < 0.01$ 또는 $p < 0.05$ 로 하였다.

결과 및 고찰

Hot winnowing의 분리 효율

Table 2는 steam 압력(40~120 kPa) 및 건조 온도(150~190°C)를 달리하여 prethermal treatment를 거친 cacao bean의 breaking/winnowing 분리 효율을 조사한 결과이다.

Steam 처리로 bean의 수분 함량은 $7.58 \pm 0.17\%$ 에서 약 10%까지 증가하였으며, 건조후에 $5.16 \sim 6.15\%$ (평균 5.61 ± 0.31)로 되어 평균 $1.98 \pm 0.36\%$ 의 수분함량 감소를 보였다. 이를 파쇄후 hot winnowing한 결과, unbroken bean의 return %는 $25 \sim 77.39$ (평균 46.6 ± 16.37)로 처리 조건에 따라 수율이 매우 크게 변하였다. 최종 분획된 니브 함량은 $84.24 \sim 89.75\%$ (평균 86.77 ± 1.52)로 큰 변화는 없었고, 껍질 함량은 $10.17 \sim 15.11\%$ (평균 12.63 ± 1.38), 세분은 $0.08 \sim 0.95\%$ (평균 0.61 ± 0.23)이었다.

Ghana산 cacao bean의 배유는 87%, 배아는 0.7%, 껍질 함량은 11.5% 정도이므로(中西喜次, 1964), 위 결

과는 이 범위 값에 잘 일치하고, 우수한 분리 효율을 보였다. 아울러 니브 중의 껍질 함량은 0.25~0.81%로 매우 낮았으며, 껍질 중의 니브 함량도 0.01~0.75%로 매우 낮았다.

일반적으로 껍질은 향이나 법적인 규제와 관련하여 완전한 제거가 목적이지만 니브상호 혼재율의 통상 허용 범위는 껍질중의 니브량은 2%, 니브중의 껍질량은 1%이며, FDA 규제값은 보통 니브중 껍질의 양이 최대 1.75%(w/w) 이하이다(中西喜次, 1964; Kleinert, 1994). 따라서 본 실험의 결과는 매우 우수한 껍질 분리능을 나타내는 결과로, L-BTC 공정의 winnowing은 극히 효과적인 것으로 판단되었다.

특히, 이러한 우수한 분리능은 니브 크기 분포에서도 잘 보여지고 있다. 즉 Table 2에서 볼 수 있는 바와 같이, 6.0 mm 이상의 크기를 갖는 니브함량은 전체 니브 중 $92.33 \sim 97.30\%$ (평균 93.39 ± 1.56)로 대부분의 니브 크기가 매우 큰 결과를 나타내었는데, 일반적으로 winnowing에서 니브의 크기가 큰 것이 많을수록 분리가 좋다. 이는 작게 파쇄된 것일수록 배아나 껍질 등의 혼입율이 많아지기 때문이다. 통상 코코아의 roasting 정도를 높게 할수록 이러한 경향이 큰 것으로 알려져 있다(中西喜次, 1964).

또 니브의 수분 함량이 낮아지면 broken nib이 많아

Table 2. Results of hot winnowing of cacao bean processed at different treatment conditions

Treatment condition	Nib size distribution(%)				Nib (%)	Fines (%)	Shell (%)	Return (%)	Shell/ Nib (%)	Nib/ Shell (%)	Moisture content(%)		Moisture content difference
	9~6.3mm	6.3~3.5mm	3.5~2mm	2~1mm							Before	After	
W-1 100kPa 160°C	92.33	3.21	2.80	1.66	86.94	0.75	12.31	45.21	0.25	0.08	7.78	6.15	1.63
W-2 100kPa 180°C	92.52	3.10	2.36	2.02	86.18	0.57	13.26	43.49	0.26	0.25	7.78	5.16	2.62
W-3 60kPa 180°C	92.91	3.52	2.15	1.42	86.55	0.62	12.83	43.55	0.50	0.26	7.63	5.38	2.25
W-4 60kPa 160°C	93.30	3.27	2.03	1.40	87.55	0.67	11.78	65.08	0.50	0.08	7.63	5.79	1.84
W-5 80kPa 170°C	94.11	2.56	2.01	1.29	87.57	0.68	11.75	25.00	0.81	0.75	7.41	5.62	1.79
W-6 80kPa 150°C	92.52	3.82	2.14	1.52	85.51	0.95	13.54	77.39	0.28	0.17	7.41	5.92	1.49
W-7 120kPa 170°C	92.91	2.98	2.74	1.37	86.60	0.51	12.89	27.55	0.27	0.11	7.58	5.50	2.08
W-8 80kPa 190°C	92.58	3.42	2.50	1.50	84.24	0.65	15.11	47.50	0.30	0.06	7.41	5.60	1.81
W-9 40kPa 170°C	97.30	0.91	1.07	0.72	89.75	0.08	10.17	44.68	0.56	0.01	7.58	5.31	2.27
Mean±S.D	93.39± 1.56	2.98± 0.86	2.20± 0.51	1.43± 0.34	86.77± 1.52	0.61± 0.23	12.63± 1.38	46.6± 16.37	0.41± 0.19	- 0.17	7.58± 0.31	5.61± 0.31	1.98± 0.36

저 니브 크기가 작아지며, 껍질과의 분리 효율이 나빠지므로, 니브의 수분 함량은 3.5% 이하가 되지 않도록 처리하고 있다. 따라서 재래식 whole bean roasting에서는 수분이 쿵충을 통해 손실되며, 껍질이 헐겁게 되면서 쿵이 수축하고 결과적으로 쿵이 냉각되면 껍질이 제거되지만, 수분 함량이 낮으므로 니브의 조직이 쉽게 부스러지게 된다. 실제, 고온으로 roasting할 경우, 외부의 seed coat 표면에 hairline crack이나 분열이 나타나는 것이 주사형 전자현미경(SEM)으로 관찰되고 있다(Hoskin *et al.*, 1980).

그러나 열풍 및 적외선 전처리 등과는 달리, 포화 수증기를 사용하는 본 공정에서는 steam 처리로 bean의 수분 함량을 증가시킨 후 건조함으로써 배유부와 껍질의 결합을 헐겁게 하고, 동시에 열풍처리에서 나타나는 니브 조직이 쉽게 부스러지는 결점도 크게 향상되어 우수한 분리 효율을 얻었다고 생각된다.

한편, 본 실험에서는 배아에 대해서는 별도로 검토하지 않았지만 앞으로 배아의 제거에 대한 추가 검토도 필요할 것으로 생각된다. 이는 배아 자체가 대단히 단단하고 비중(1.49)이 니브(1.1)보다 크기 때문에 초콜릿의 경우에는 입안에서 나쁜 촉감을 나타내기 때문이다. 또 코코아로 한 경우, 입안에서의 촉감 외에 껍질 등과 함께 침전되어 컵 밑에 가라 앉아서 제품의 품위가 대단히 저하되기 때문이다. 이밖에도 배아는 theobramine, tannin (5%) 등을 함유하므로 고미를 갖고 자극적이다. 또한 신미 경향의 산미를 갖기 때문에 제품에 오래된 기름 냄새를 내게 하는 등, 전체적인 풍미를 떨어뜨리며, 다량의 섬유질로 소화율도 감소되는 것으로 알려지고 있다(中西喜次, 1964).

Hot winnowing 조건의 최적화

Hot winnowing에 의한 껍질 분리 효율이 예열처리 조건에 따라서는 어떻게 변하는 가를 알아보기 위하여 중심합성법으로 반응표면 분석하였다. 예열처리 조건별로 니브, 세분, 껍질 함량, S/N(Shell in nib), N/S(nib in shell) 및 return %의 반응 변수값(Table 2)의 등고선도 및 3-D 반응표면을 조사한 결과는 각각 Fig. 1~7과 같다.

니브, 세분, 껍질 함량 및 6 mm 이상의 크기를 갖는 입자 분획 %의 반응 표면은 안장점을 보였고, S/N와 N/S 및 return %는 각각 최대 및 최소점을 나타내었다. 또 서로 다른 수증기 압력(X_1) 및 건조온도(X_2)에서의 반응표면의 회귀식은 각각 다음식으로 나타낼 수 있었다.

$$\begin{aligned} \text{Nib: } Y = & -92.206^{**} + 2.231X_1^{**} - 0.1418X_2 \\ & + 0.0003X_1X_2 - 0.007X_1^{2**} + 0.0004X_2^2 \\ & (p < 0.05, R^2 = 0.9510) \end{aligned}$$

$$\text{Fines: } Y = 6.304 - 0.094X_1 + 0.070X_2$$

$$\begin{aligned} & - 0.0002X_1X_2 + 0.0003X_1^{2*} - 0.0002X_2^{2**} \\ & (p < 0.05, R^2 = 0.9305) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Shell: } Y = & 186.056^{**} - 2.138X_1^{**} + 0.0697X_2 \\ & - 0.0001X_1X_2 + 0.001X_1^{2**} - 0.00014X_2^2 \\ & (p < 0.05, R^2 = 0.9608) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Return: } Y = & 3255^{**} - 34.544X_1^{**} - 5.5519X_2 \\ & + 0.0248X_1X_2 + 0.094X_1^{2**} + 0.0070X_2^{2*} \\ & (p < 0.05, R^2 = 0.8729) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{S/N: } Y = & -38.141^{**} + 0.444X_1^{**} + 0.0332X_2 \\ & + 0.00001X_1X_2 - 0.001X_1^{2**} - 0.0003X_2^{2**} \\ & (p < 0.05, R^2 = 0.8181) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{N/S: } Y = & -48.201^{**} + 0.540X_1^{**} - 7.167X_2 \\ & - 0.001X_1X_2 - 0.002X_1^{2**} - 4.297X_2^{2**} \\ & (p < 0.05, R^2 = 0.8116) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Size} > 6 \text{ mm: } Y = & -2.234 + 1.274X_1 - 0.26423X_2 \\ & + 0.0007X_1X_2 - 0.004X_1^2 + 0.0006X_2^2 \\ & (p < 0.10, R = 0.7387) \end{aligned}$$

분산분석 결과, 6 mm 이상의 크기를 갖는 입자 분획 %를 제외하면 R^2 은 0.81이상이었고, 전체 모형에 대한 유의수준은 0.05보다 작아서 5%이내의 수준에서 유의성이 있었다. 또 회귀식 중의 * 및 **는 독립변수의 회귀 계수가 각각 $p > 0.95$ 및 $p > 0.99$ 에서 유의성이 있음을 나타낸다.

니브함량 % (Fig. 1)의 정상점((168.25°C, 121 kPa)은 안부점으로 이 보다 온도가 증가하고, 압력이 높아질수록 최소값을 나타내었고, 온도와 압력이 감소할수록 최대값을 나타내었다. 또 온도(X_1)에 대한 계수값은 압력(X_2)에 대한 계수값보다 작아서 니브함량의 변화는 압력에 대해 더 민감함을 알 수 있었으며, 농선분석하여 니브함량이 최대가 되는 점을 구한 결과, 최적점은 온도 167.57°C, 압력 40 kPa로, 이때 예측되는 최대의 니브함량은 89.37%이었다.

세분(Fig. 2) 및 껍질(Fig. 3) 함량(%)의 정상점 역시,

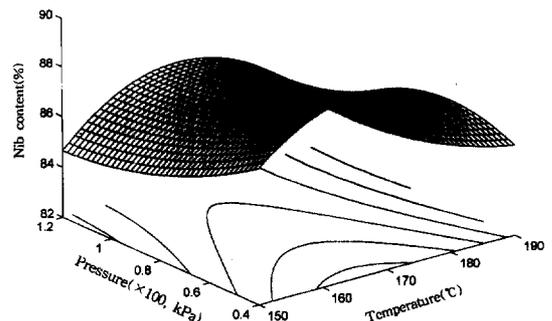


Fig. 1. Contour map and response surface for the effect of drying temperature and steam pressure on breaking/winning efficiency (nib content %).

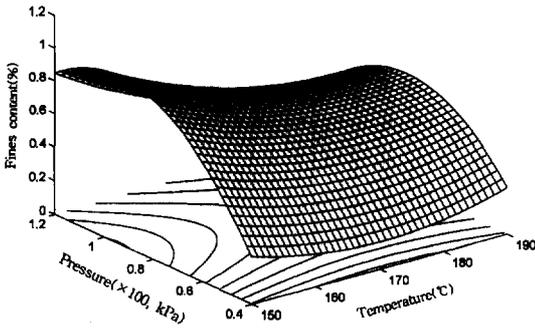


Fig. 2. Contour map and response surface for the effect of drying temperature and steam pressure on breaking/winning efficiency (fines content, %).

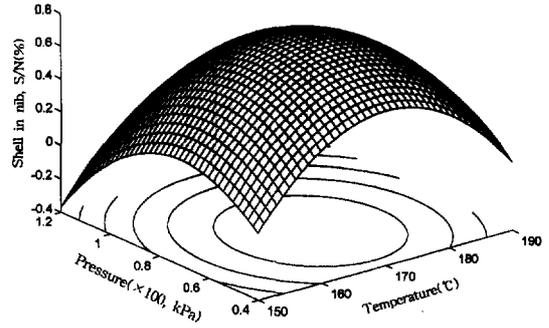


Fig. 5. Contour map and response surface for the effect of drying temperature and steam pressure on breaking/winning efficiency (shell in nib, S/N %).

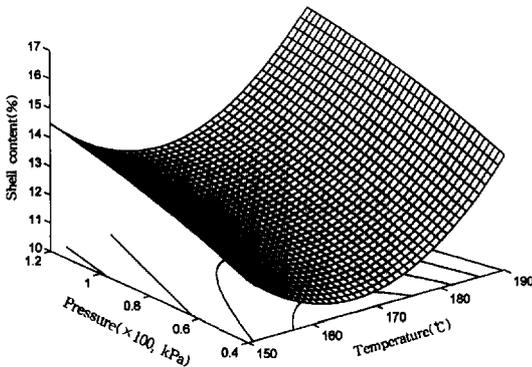


Fig. 3. Contour map and response surface for the effect of drying temperature and steam pressure on breaking/winning efficiency (shell content, %).

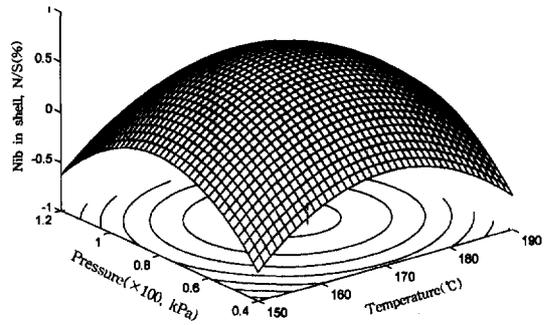


Fig. 6. Contour map and response surface for the effect of drying temperature and steam pressure on breaking/winning efficiency (nib in shell, N/S %).

안부점으로 온도보다는 압력의 영향을 더 받았다. 세분 및 껍질의 함량이 낮은 곳에 최적해가 존재하므로 능선 분석하여 최소가 되는 점을 구한 결과, 최적점은 각각 167.14°C, 압력 40 kPa 및 170.14°C, 40 kPa로, 니브 함량의 최적점과 거의 비슷하게 나타났다. 또 입자크기 6 mm 이상의 분획(Fig. 4)에 대한 정상점도 안부점으로, 능선 분석결과, 168.28°C 및 40 kPa에서 최대로 나타났

으며, 예측값은 96.42%이었고, 10% 이내에서 유의성을 보였다.

한편, shell과 nib의 상호 혼재율 S/N(Fig. 5) 및 N/S(Fig. 6)의 정상점은 최대점으로 거의 중심점(170°C, 80 kPa) 부근에서 가장 높았고, 예측값은 각각 0.76 및 0.66%이었다. 또 unbroken bean의 return %(Fig. 7)의 정상점(172.03°C, 93 kPa)은 최소점을 나타내었고, 온도

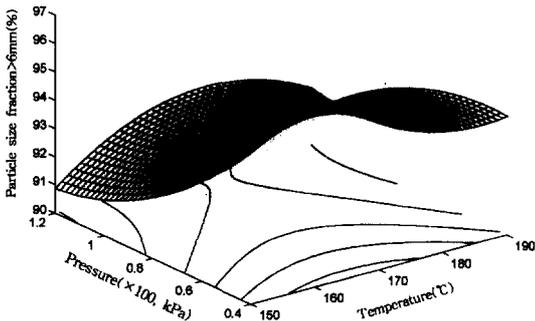


Fig. 4. Contour map and response surface for the effect of drying temperature and steam pressure on breaking/winning efficiency (particle size fraction above 6 mm, %).

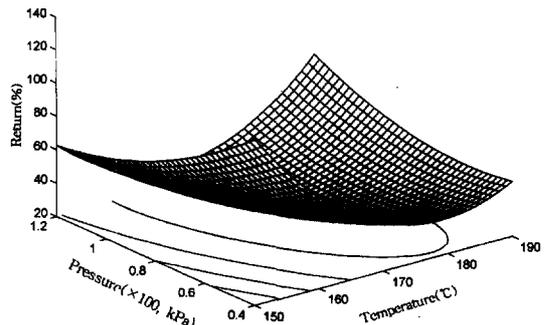


Fig. 7. Contour map and response surface for the effect of drying temperature and steam pressure on breaking/winning efficiency (return %).

Table 3. Results of 2nd order regression and ANOVA for optimum responses of hot winnowing efficiency in cocoa beans processed with different prethermal treatment conditions

Response variables	Optimum condition		Fitted surface	Expected values	R-square R ²	F-ratio Fo	Prob>F
	Pressure (kPa)	Temperature (°C)					
Nib (%)	40	167.57	Saddle pt.	89.37	0.9510	23.277	0.0007
Fines(%)	40	170.14	Saddle pt.	0.16	0.9305	16.064	0.0020
Shell (%)	40	167.14	Saddle pt.	10.46	0.9608	29.393	0.0004
Return (%)	93	172.03	Min.	26.90	0.8729	8.245	0.0116
S/N (%)	107	155.43	Max.	0.15	0.8181	5.398	0.0317
N/S (%)	41	165.66	Max.	0.06	0.8116	5.168	0.0350
Size>6 mm	40	168.28	Saddle pt.	96.42	0.7387	3.392	0.0845

감소와 압력의 증가로 증가하고, 온도 및 압력의 감소로 크게 증가하였다. 이때, S/N 및 N/S(%)는 낮은 것이 바람직하므로 실험 범위내에서 최소점을 구하였으며, 그 결과, 최적점은 각각 155.43°C, 107 kPa 및 166.66°C, 41 kPa에서 나타났다.

또 이들의 2차 회귀모형에 의한 반응표면의 최적 반응 조건 및 이의 ANOVA 검정 결과와 함께 종합한 결과는 Table 3과 같다.

S/N(%)가 155.43°C, 107 kPa에서 최적이었으나 N/S%, 껍질, 니브, 입자 크기 6 mm 이상의 분획, 세분 등은 모두 온도 166.66~170.14°C, 압력 40~41 kPa이 최적점으로 현행 조건(170°C, 80 kPa) 보다 다소 낮은 온도와 더 낮은 압력의 범위에서 winnowing의 분리효율이 더 높았다.

그러나 수율과 관계되는 unbroken bean의 return(%)는 172.03°C, 93 kPa에서 최소값(26.90)으로 최대의

수율을 나타내었고, 앞서 구한 166.66~170.14°C, 40~41 kPa 부근에서의 return %인 61%와 비교할 때, 압력이 낮아지면 수율이 급격히 감소함을 알 수 있었다.

이상의 Fig. 1~7과 Table 3에서 살펴본 바와 같이, steam 및 예열 처리 조건에 따른 winnowing 효율은 각 반응변수들의 값이 조금씩 다른 양상의 등고선 도 및 3-D반응표면을 보였고, 서로 다른 최적 조건을 나타내었다. 따라서 이들 품질에 관련된 몇 가지 반응변수들의 각 최적 값을 다같이 충족시킬 수 있는 최적 조건을 얻기 위하여 이들 등고선도 모두 합쳐서 superimposed contour map을 작성하였으며, 그 결과는 Fig. 8과 같다.

그림에서와 같이 빗금 친 부분이 얻어졌고, 이 부분은 hot winnowing 공정 중 분리효율을 극대화시킬 수 있는 조건의 최적 범위라 볼 수 있다. 이로부터 구한 최적 조건은 steam 처리압력 0.42~0.53 bar, 온도 174~181°C 범위이었으며, 이들 조건하에서의 실험 값과 예측 값은 5% 편차 범위에서 일치하였다.

요 약

L-BTC 공법으로 제조되고 있는 카카오 매스의 고품질화를 위한 연구의 일환으로, 2변수(40~120 kPa의 수증기 압력과 150~190°C의 건조 온도), 5 수준(-2~+2)의 중심합성법에 의한 반응표면분석법으로 L-BTC 공정의 winnowing 조건을 최적화하였다. Hot winnowing 효율의 반응변수로는 니브, 껍질, 세분 함량, 니브 크기와 분포, 수분함량 변화, 니브 중의 껍질 함량(S/N)과 껍질중의 니브 함량(N/S) 및 return % 등을 사용하였다. 반응표면 분석하여 얻은 각 반응변수의 최대 값은 서로 다른 수증기 압력과 건조 온도하의 winnowing 조건에서 얻어졌다. Superimposed contour mapping하여 조사한 결과,

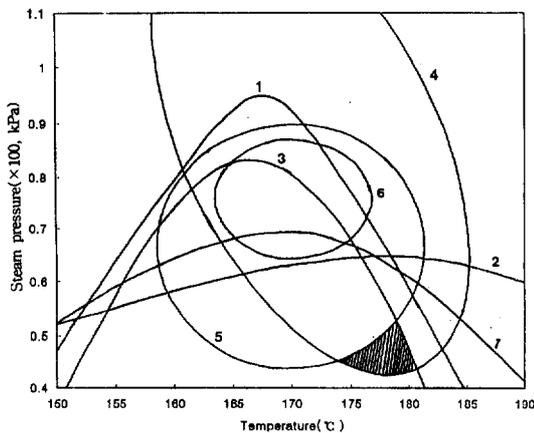


Fig. 8. Superimposed contour map for overall optimization of response variables in winnowing efficiency. 1: Nib(%), 2: Fines(%), 3: Shell(%), 4: Return(%), 5: S/N(%), 6: N/S(%), 7: Size fraction > 6 mm.

이들 반응 변수값을 동시에 극대화시킬 수 있는 최적 조건의 범위는 각각 수증기 압력 42~53 kPa 및 건조 온도 174~181°C이었다.

감사의 글

본 연구 수행을 위하여 BTC 시설의 사용 허가 및 일부 연구비 지원을 제공해주신 롯데제과 주식회사에 감사드립니다.

문헌

- 보건복지부. 1994. 식품공전(II): 제 7 일반 시험법
- 中西喜次. 1964. チョコレト・ココア. 製造の理論と實際, 光林書院, 東京
- Buhler catalogue Edition 87. 1988. *Machines and Installations for the Cocoa and Chocolate Industry*. Buhler AG, Uzwil, Switzerland
- Buhler catalogue. 1997. *State-of-the-Art Cocoa Factory in Korea*. Buhler AG, Uzwil, Switzerland
- Cros, E. and N. Jeanjean. 1995. *Cocoa quality: effect of fermentation and drying*. Plantations, Recherche, Development, pp25-27
- Grace Cocoa Company. 1993. *The Cocoa Manual: A guide to De Zaan's cocoa products*. Cacao De Zaan B.V., Holland
- Hancock, B.L. 1994. Cocoa bean production and transport. In: *Industrial Chocolate Manufacture and Use*, 2nd ed. Beckett(ed.). Blackie Academic & Professional, London. pp 8-24
- Hoskin, J.M., P.S. Dimick, and R.R. Daniels. 1980. Scanning electron microscopy of Theobroma cacao seed. *J. Food Sci.* **45**: 1538
- Hui, Y.H. 1991. *Encyclopedia of Food Science and Technology*(vol. 1). John Wiley & Sons, Inc., New York. pp394-405
- Kleinert, J. 1994. Cleaning, roasting and winnowing. In: *Industrial Chocolate Manufacture and Use*, 2nd ed. S.T. Beckett(ed.). Blackie Academic & Professional, London. pp55-69
- The Math Works Inc. 1993. *Matlab User's Guide/Reference Guide*(Matlab 4.0 Release). Natick, Mass
- SAS. 1988. *Statistical Analysis System. Property software* (Release 6.03 ed.). SAS Institute Inc., Cary, NC, USA
- Thompson, D. 1982. Response surface experimentation, *J. Food Processing and Preservation* **6**: 155-188
- Ziegleder, G. 1987. Highly-volatile cocoa-flavour constituents as indicators during cocoa processing. 2nd WARTBURG Aroma symposium, Rothem(ed.), Akademie-Verlag Berlin. pp17-22