

Reaction Flavoring에 의한 진주조개 (*Pinctada fucata*) 추출물의 풍미개선

강정구 · 남기호 · 강진영 · 황석민¹ · 김정균 · 오광수*
경상대학교 해양생명과학부·해양산업연구소, ¹경상대학교 해양생명과학부·거제요리전문학원

Enhancing the Flavor of Pearl Oyster (*Pinctada fucata*) Extract Using Reaction Flavoring

Jeong-Goo KANG, Gi-Ho NAM, Jin-Yeong KANG, Seok-Min HWANG¹,
Jeong-Gyun KIM and Kwang-Soo OH*
Division of Marine Life Science / Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University,
Tongyeong 650-160, Korea
¹Division of Marine Life Science / Geoje Cooking Academy, Gyeongsang National University,
Tongyeong 650-160, Korea

The optimal substrates and reaction flavoring conditions were examined to develop pearl oyster extract (POE) flavor using the Maillard reaction under a model system. The sugar for the Maillard reaction was glucose, and the amino acid was cysteine, with glycine as the reaction substrate. A three-dimensional response surface method was used to monitor the dynamic changes of the substrates during the Maillard reaction. To enhance the flavor of POE, a two-step enzymatic hydrolysate (Brix 20°) was reacted with the precursors (1:1, v/v). A 2:1:1 mixture of 0.4 M glucose:0.4 M glycine:0.4 M cysteine (v/v) was selected as a suitable reaction system for the reappearance of baked potato odor and boiled meat odor, and masking the shellfish odor. The two-step enzymatic hydrolysate and selected precursors were reacted in a high-pressure reactor to optimize the reaction parameters. The optimum conditions were 150 minutes at 120 °C and pH 7.0. The pH was the most critical factor for the response of the baked potato odor and masking the shellfish odor, while the reaction time affected the reappearance of the boiled meat odor.

Key words: Reaction flavoring, Maillard reaction, Pearl oyster, Extract, Response surface methodology, By-product

서 론

식품의 품질을 좌우하는 중요한 식품 고유의 특성인 식품의 풍미 (flavor) 및 조향에 관한 연구는 그 동안 주로 유럽과 미국을 중심으로 축산식품에 한해 활발히 진행되어 왔으며, 특히 특정식품에 포함되어 있는 어떤 물질이 주요성분이며, 또한 어느 정도 함유되어 있는가 하는 정성 및 정량적인 분석에 치중되어 왔다. 그러나 최근 들어 분석 장비 및 이를 이용한 기술의 발달에 힘입어 식품 풍미성분 중의 하나인 향미에 대한 관심이 높아지고 있으며, 다양한 소비자의 기호를 충족시키기 위한 새로운 식품을 개발하기 위해서는 식품의 색, 향미의 개선 등 풍미 증진에 대한 기술개발이 요구되고 있다. 한편, 수산식품의 경우, 수산물 활용에 가장 큰 장애요소인 어취의 차폐 (masking) 및 조향을 위한 향미 증진기술은 일부 국내에서 연구되어지고 있으나, 대부분의 경우 향신료나 한약재 등을 첨가함으로써 off-flavor를 차폐시키고 있는 수준에 그치고 있다. 식품의 향미증진을 위한 process flavor란 식품 중의 전구물질로부터 어떤 형태의 가공기술을 통해 생산된 향미를 일컫는 것으로, 그 주요 가공기술로는 가열처리 및

효소작용을 들 수 있으며, 특히 가열에 의해 생산된 향을 reaction flavor라고 한다 (Manley, 1994; Kim, 2002; Cha et al., 2005). 이 Reaction flavoring 기술은 현재 향료업계에서 삶은 쇠고기향이나 savory향을 생산하는데 많이 이용되고 있으며 (Manley and Ahmedi, 1995), 한편 식생활패턴의 변화에 따른 간편편의식품 (ready-to-eat food)의 수요증가는 고기향이나 savory향에 대한 수요 및 이에 관련한 다양한 반응처리 기술의 개발 필요성을 증가시키고 있다. 삶은 쇠고기향은 아미노산, peptide, 단백질, 핵산, 지방, 당 및 thiamin 등의 전구물질을 가열할 때 생성되는데, Maillard 반응과 Strecker 분해, Maillard 반응 중간생성물과 hydrogen sulfide, ammonia 및 thiol과의 반응, thiamin의 열분해, 아미노산 및 당의 열분해, 지방산화, 그리고 ribonucleotide의 분해가 쇠고기향의 생성에 관여하는 중요한 반응들로 알려져 있다 (Nagodawithana, 1995). 특히, 함황아미노산인 cysteine은 가열시 Strecker 분해에 반응성이 강한 2-mercapto-acetaldehyde, acetaldehyde 및 hydrogen sulfide를 생성하고, 이러한 화합물이 쇠고기향의 발현에 중요한 전구물질로 반응을 한다 (Nagodawithana, 1995; Hofmann and Schiberle, 1995). 국내에서도 이 reaction flavoring 기술을 이용한 고기향 개발 및 Maillard 반응 전구물질에 식물성단백

*Corresponding author: ohks@gnu.ac.kr

질 가수분해물 (HVP) 및 효소추출물을 첨가하여 고기향의 개발을 시도한 바 있다 (Yoon et al., 1994; Ko et al., 1997). 그러나 서구를 중심으로 개발되고 있는 meat flavor 계열의 향미소재는 현재 산업적 생산수준에까지 다다르고 있는데 비해 국내 수산가공식품의 경우 이러한 기술의 실용화가 전혀 이루어지고 있지 않다. 향미개선 및 부가가치가 높은 핵심 풍미소재 제품을 개발한다는 측면에서도 수산식품의 flavor technology에 관한 연구는 필히 진행되어야 할 것으로 본다. 한편, 최근 들어 이러한 reaction flavoring의 최적화를 위해 반응표면분석법이 많이 사용되고 있는데, 이전에 주로 사용된 실험방법은 독립변수 (independent variables) 중에서 한 변수만을 변화시키고 나머지 모든 변수를 고정시킨 상태에서 그 효과를 관찰하는 one-factor-at-time-method가 주로 사용되었으나, 식품과 같이 다양한 독립변수들의 상호작용으로 결과가 나타나는 경우 시간과 경비를 절감시키고 요인별 상호작용을 관찰할 수 있는 반응표면분석법이 많이 사용되고 있다 (Moupuet et al., 1992; Cha et al., 1995; Lee et al., 1996).

본 연구는 보석진주 가공산업의 부산물인 진주조개 (Pearl oyster, *Pinctada fucata*) 육을 각종 조미소재 및 인스턴트식품용 풍미소재로 활용하기 위한 일련의 연구로서, 2단 효소분해법으로 진주조개육 추출물을 조제한 후 reaction flavoring을 통해 본 엑스분의 풍미를 개선하고자 하였으며, 이에 적합한 반응조건에 대하여 검토하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 진주조개 (*Pinctada fucata*) 육은 2004년 11월 경남 통영시 도산면 소재의 대덕진주(주)에서 당일 채취한 활패로부터 탈핵 및 탈각 한 것을 구입하여 3% 식염수 및 민물로 각각 세척, 점질물과 이물질 제거한 다음 플라스틱 필름주머니에 넣어 밀봉, -25℃에 동결저장하여 두고 효소분해 추출용 원료로 사용하였다.

효소분해 추출물

효소분해 추출물은 Oh (1998) 및 Moon and Oh (2003)의 방법에 따라 다음과 같은 2단 효소분해법 (2 step enzyme hydrolysis)으로 제조하였다. 불순물을 제거한 진주조개 육을 초퍼(chopper)로써 세절한 후 시료 중량에 대해 2배량의 물을 가하고, 95℃에서 5분간 자숙하여 자가소화효소를 불활성화시켰다. 다음 시료액의 pH를 7.5 부근으로 조정하고 Alcalase 0.6 L 효소 (Novo Nordisk Co., Denmark)를 가하여 교반하면서 55℃에서 4시간 동안 1차 효소분해시켰다. 그리고 다시 95℃에서 5분간 열처리하여 Alcalase를 불활성화 시킨 다음, pH를 6.0-6.5로 재조정하고 Flavourzyme 효소 (Novo Nordisk Co., Denmark)을 가하여 45℃에서 교반하면서 4시간 동안 2차 효소분해 시킨 후 95℃에서 5분간 열처리하여 Flavourzyme을 불활성화시켰다. 다음 여과포 및 원심분리하여 잔사를 제거한

후 고형물 농도를 Brix 20°으로 조정한 추출물을 Maillard 반응용으로 사용하였다.

Reaction flavoring

중심합성계획에 의해 반응시간 및 반응액의 pH를 독립변수로 한 Maillard 반응과 표면반응분석법을 이용하여 진주조개 효소분해 추출물의 풍미개선을 시도하였고, 이에 적합한 반응조건을 구명하였다.

Maillard 반응: 진주조개 효소분해 추출물에 일정량의 glucose 등 당류, glycine, cystine 등 아미노산을 첨가한 후 pH를 조정하고, 반응조 (Stainless steel reactor, Hoke SS-DOT)에 넣어 일정 온도에서 일정시간 가열하여 생성되는 풍미에 대한 관능적 평가를 통하여 Maillard 반응 조건을 구명하고자 하였다. 반응표면분석: Reaction flavoring을 위하여 진주조개 효소분해 추출물의 풍미를 개선시키기 위하여, 중심합성계획에 의해 반응시간 및 반응액의 pH를 독립변수로 설정하여 Maillard 반응을 진행시켰다. 실험영역은 -2, -1, 0, +1, +2의 5단계로 부호화하였고, 독립변수와 부호를 이용하여 반응표면 실험계획을 중심합성계획에 따라 작성하였다. 본 연구에서는 반응표면분석법 (response surface method)을 이용하여 최적 반응조건을 예측하고자 각 독립변수에 따른 반응액의 관능적 특성을 모니터링하였다. 반응온도는 낮은 쇠고기향 발현에 매우 중요한 인자로서 Maillard 반응에 필수적이다. 그러나 이러한 반응온도에 대하여 IOFI (International Organization of Flavor Industries)에서는 180℃에서 15분 이내 또는 이보다 낮은 온도에서는 더 장시간으로 제한하고 있다 (Manley, 1994). 일반적으로 고기를 가열할 때 heterocyclic amine과 같은 발암성 물질이 생성될 수도 있기 때문에 reaction flavor에서도 생성될 가능성이 존재한다고 볼 수 있다. 보통의 조리조건인 200℃ 이내에서도 돌연변이원이 생성되었다고 보고되었으며, D,L-tryptophan이 300℃ 이상의 온도로 가열될 때 돌연변이원 3-amino-1,4-dimethyl-5H-pyrido[4,3-b]indole과 3-amino-1-methyl-5H-pyrido[4,3-b] indole이 생성된다고 알려져 있다 (Nagodawithana, 1995). 따라서 본 연구에서는 상기와 같은 식품위생학적 안전성을 고려하여 반응온도를 상한온도인 180℃보다 훨씬 낮은 온도 120℃로 고정해두고 실험에 임하였다 (Kim and Back, 2003). 반응조건에 대한 실험계획은 fractional factorial design을 사용하였으며, 반응표면 회귀분석을 위해 SAS (statistical analysis system) program (SAS, 1988)을 사용하였다. 실험계획은 Table 1과 같이 Maillard reaction에서 중요한 독립변수로 고려되는 인자 즉, 반응시간 30분, 60분, 90분, 120분, 150분, 반응액의 pH 5, 6, 7, 8, 9를 -2, -1, 0, +1, +2의 5단계로 부호화하였다. 즉, Table 1에 나타난 독립변수 (X_i)는 중심합성계획 (Lee et al., 1996)에 따라 Fig. 1과 같이 10구간 (요인실험점 4, 중심점 2, 축점 4)으로 설정하여 실험을 진행하였다. 또한, 이들 독립변수에 영향을 받는 종속변수 (Y_n) 즉, 반응액의 관능적 특성인자로서는 구수한 냄새 (baked potato odor, Y_1), 어패취 차폐 (masking of shellfish odor, Y_2), 삶은

Table 1. Levels of independent variables for experimental design of Maillard reaction

Xi	Independent variable	Level				
		-2	-1	0	+1	+2
X ₁	Time (min.)	30	60	90	120	150
X ₂	pH of solvent	5	6	7	8	9

X ₁	X ₂	
+1	+1	2 ² Factorial experimental points
+1	-1	
-1	1	
-1	-1	
0	0	Center points
0	0	
+2	0	
-2	0	Axial points
0	+2	
0	-2	

Fig. 1. Central composite design to k=2 for experimental design of Maillard reaction.

쇠고기향 (boiled meat odor, Y₃)으로 하였으며, 각 조건별로 3회 반복 측정하여 그 평균값을 회귀분석에 사용하였다.

관능검사

패류 엑스분의 맛, 냄새 및 색조 등 관능적 특성에 익숙하도록 훈련된 12인의 panel을 구성하여 추출물의 풍미, Maillard 반응의 반응변수에 대한 구수한 맛과 냄새, 어패취 차폐, 삶은 쇠고기향에 대하여 5단계 평점법 (5, 매우좋다; 4, 좋다; 3, 보통이다; 2, 좋지않다; 1, 매우 좋지않다) 및 9단계 평점법 (9, 매우좋다; 7, 좋다; 5, 보통이다; 3, 좋지않다; 1, 매우 좋지않다)으로 평가하였다 (온도 45-50°C). 관능검사의 결과는 SPSS

system (Statistical Package, SPSS Inc. USA)을 이용하여 ANOVA test 및 Duncan's multiple range test로 p<0.05 수준에서 시료간의 유의성을 검정하였다 (Han, 1999; Kim et al., 1993).

결과 및 고찰

최적 반응기질의 선정

진주조개 효소분해 추출물의 풍미를 개선시키기 위한 Maillard 반응액의 기질을 선정하기 위하여, 일반적인 Maillard 반응에 이용되는 당, 아미노산 등 전구물질들을 조합하였다. 먼저 0.4 M glucose 용액을 기본으로 하여 여기에 각종 아미노산의 조합을 변화시켜가면서 Maillard 반응을 시킨 후 발생하는 삶은 쇠고기향과 은은한 향의 특성을 관능적으로 평가한 결과는 Table 2와 같다. 이때 첨가하는 아미노산으로는 삶은 쇠고기향의 발현에 중요한 역할을 한다고 알려진 함황아미노산 (Nagodawithana, 1995; Hofmann and Schiberle, 1995; Macleod, 1986)과 시료 진주조개 추출물의 아미노산 조성과 정미성, Maillard 반응에 기여 정도 등을 고려하여 methionine, cystine, threonine, alanine, lysine 및 glycine 등을 선정하였다. Table 2에서와 같이 이들을 glucose 용액과 단일 또는 복합적으로 혼합하여 Maillard 반응을 시킨 후 발생하는 향기의 특성을 검토한 결과, glucose+glycine+cystine의 복합기질이 삶은 쇠고기향과 은은한 향의 발현에 가장 근접하였고 그 강도 또한 강하였으므로, 이 복합기질을 진주조개 추출물의 풍미를 개선시키기 위한 반응전구물질로 결정하였다. Sheldon and Shibamoto (1988)는 Maillard 반응에서 cystine은 반응조건에 유향대를 내지만 반응이 진행될수록 삶은 쇠고기향을 낸다고 하였고, 또한 Hsieh et al. (1980)은 함황아미노산과 가열시 alanine, glycine이 cystine과 혼합한 여러 혼합기질 중에서 가장 삶은 쇠고기향에 근접하였다는 본 실험의 결과와

Table 2. Odor characteristics of glucose-amino acids solution as affected by amino acids during Maillard reaction at 120°C

Glucose-amino acids solution ¹	Reaction time (hr)							
	4		8		12		16	
	Boiled meat	Sweet	Boiled meat	Sweet	Boiled meat	Sweet	Boiled meat	Sweet
Methionine+Threonine								
Methionine+Alanine								
Methionine+Lysine		++ ²		++		+		+
Methionine+Cystine					+			
Methionine+Glycine								
Threonine+Alanine				+				
Threonine+Lysine		+		++				++
Threonine+Cystine	+	+	+	++	+			+
Threonine+Glycine								
Alanine+Lysine		++		+				
Alanine+Cystine	+	+	+	++				+
Alanine+Glycine								
Lysine+Cystine		+			++			+
Lysine+Glycine	+	+						
Glycine+Cystine	+	+	++	+	+++	++	++	++

¹0.2 M glucose (10 mL)+0.2 M amino acid (5 mL)+0.2 M amino acid (5 mL).

²Symbols mean odor intensity (+: weak, +++: moderate, +++++: strong).

유사한 결과를 보고한 바 있다. 한편, 당류는 Maillard 반응시 낮은 쇠고기향의 생성에 관여하는 전구물질로서 일반적으로 5탄당이 6탄당 보다 반응성이 더 강하고, 당의 종류는 발생하는 향의 특성보다는 반응속도에 더 관여하는 것으로 알려져 있다 (Nagodawithana, 1995; Reyes et al., 1982). 따라서 본 Maillard 반응에 적합한 당류를 선정하기 위하여 0.2 M glucose, 0.2 M ribose 및 0.2 M xylose 용액을 각각 0.2 M glycine+0.2 M cystine 용액과 혼합하여 복합기질을 조제한 다음 Table 2와 같은 조건으로 Maillard 반응을 진행시킨 결과 서로 유사한 향을 발생하였고, 반응에 사용한 당의 종류에 따른 차이는 거의 없는 것으로 나타나, 3가지 당류 중 가격이 가장 저렴한 glucose를 복합기질의 전구물질로 결정하였다.

Maillard 반응의 동적 모니터링

진주조개 추출물의 풍미개선에 적합한 Maillard 반응조건을 구명하고자 스테인레스제 고온고압 반응기 (Stainless steel reactor, Hoke SS-DOT)를 이용하여 Maillard 반응을 실시하였다. 이때 반응액 조성은 진주조개 추출물 (Brix 20°), 0.4 M glucose, 0.4 M glycine 및 0.4 M cystine 용액을 각각 4:2:1:1 (v/v)로 혼합하여 사용하였다. 이 PE-Glu-G-C pearl oyster extract-glucose-glycine-cystine 반응계를 반응시간과 반응액의 pH 등 독립변수를 달리하여 다양한 조건에서 Maillard 반응시킨 다음 반응생성물의 3가지 종속변수 즉, 구수한 향 (baked potato odor), 어패취 차폐 (masking of shellfish odor) 및 낮은 쇠고기향 (boiled meat odor)의 발현에 대한 관능평가 결과를 바탕으로 이들의 동적변화를 3차원 반응표면으로 Fig. 2에 나타내었다. 이때 반응온도의 경우 reaction flavoring에서 매우 중요한 독립변수로 알려져 있으나, 식품위생학적 안전성을 고려하여 반응제한 온도인 180℃보다 훨씬 낮은 120℃로 고정해두고 Maillard 반응을 실시하였다 (Manley, 1994; Nagodawithana, 1995; Kim and Baek, 2003). PE-Glu-G-C 반응계를 120℃에서 Maillard 반응시킨 다음 반응생성물의 3가지 종속변수, 즉 구수한 향, 어패취 차폐 및 낮은 쇠고기향의 발현에 대한 관능평가한 결과, 구수한 향, 어패취 차폐면에서 반응액의 pH를 중성부근으로 조정하는 것이 가장 좋았으며, 반응시간이 길어짐에 따라 관능평점이 높아지는 것으로 나타났다. 한편, 낮은 쇠고기향의 발현은 반응시간의 영향을 보다 더 많이 받았으며, pH의 영향은 다소 적게 받는 것으로 나타났다. PE-Glu-G-C 반응계의 Maillard 반응에서 반응시간 및 반응기질 pH의 변화에 따른 종속변수의 회귀식, R2 값 및 유의성을 SAS program을 이용하여 측정된 결과를 Table 3에 나타내었다.

Maillard 반응의 최적화 반응조건

PE-Glu-G-C 반응계의 Maillard 반응에서 3가지 종속변수, 즉 구수한 향, 어패취 차폐 및 낮은 쇠고기향의 발현에 적합한 반응조건은 Table 4와 같다. Table 4에 나타난 세가지 종속변수의 반응조건을 고려하여 설정된 PE-Glu-G-C 반응계의

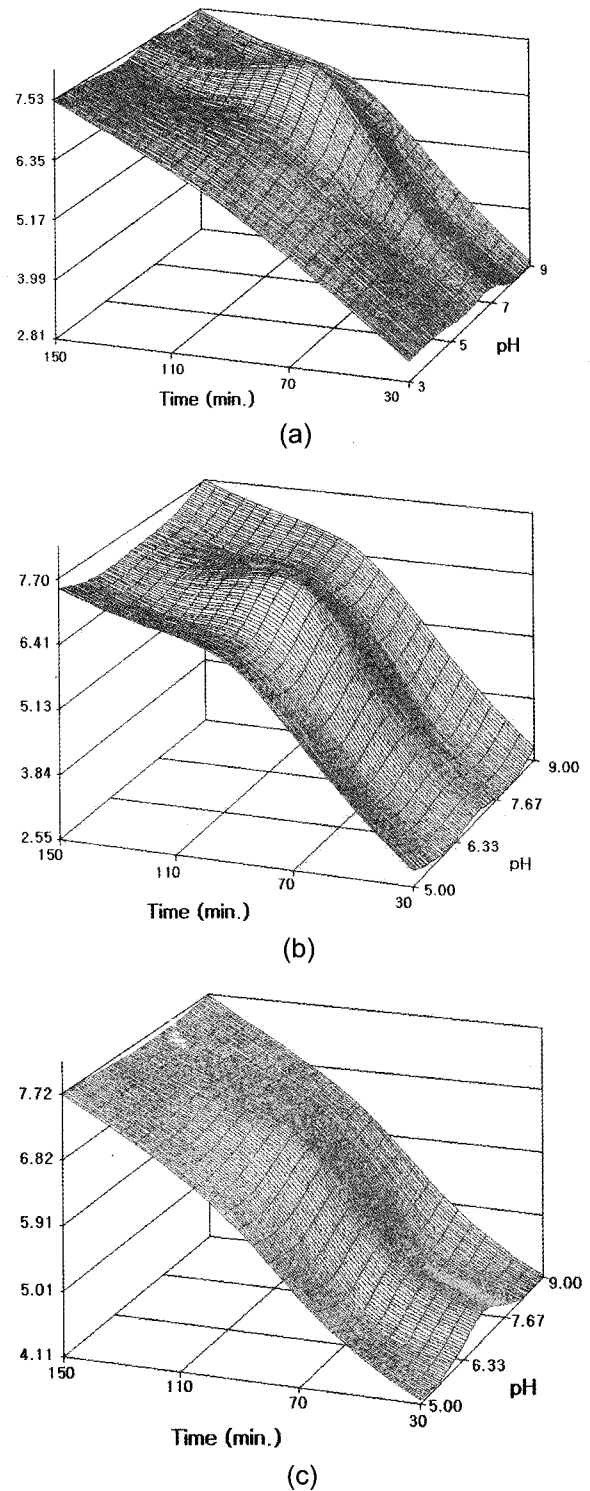


Fig. 2. Response surface for baked potato odor (a), masking of shellfish odor (b), boiled meat odor (c) at constant values as a function of time and pH of solvent in Maillard reaction at 120℃.

reaction flavoring 조건은 반응온도 120℃에서 반응시간 150분, pH 7.0 부근으로 설정되었다. 한편, PE-Glu-G-C 반응계를

Table 3. Polynomial equations for Maillard reaction calculated by RSM

Response	Polynomial equation	R ²	Significance
Baked potato odor	$Y_1=6.732857+1.11X_1-0.025X_2-0.412857X_1^2-0.06X_2X_1-0.197857X_2^2$	0.9118	0.0311
Masking of shellfish odor	$Y_2=6.35+1.1975X_1+0.019167X_2-0.4075X_1^2+0.0425X_2X_1-0.055X_2^2$	0.9119	0.0310
Boiled meat odor	$Y_3=6.240714+0.901667X_1-0.01X_2-0.076339X_1^2-0.55089X_2^2$	0.9315	0.0191

Table 4. Predicted level of optimum conditions for maximized sensory characteristics in preparation of Maillard reaction by the ridge analysis

Response	Temp. (°C)	Time (min.)	pH	Estimated response*
Baked potato odor	120.0	147.6	7.54	7.97 (max)
Masking of shellfish odor	120.0	149.9	6.98	7.34 (max)
Boiled meat odor	120.0	149.9	6.97	7.71 (max)

*9 scale score by sensory evaluation (n=12).

Table 5. Analysis of the overall effects of reaction variables on reaction conditions of model system

Reaction variable	F-ratio		
	Baked potato odor	Masking of shellfish odor	Boiled meat odor
Time	11.30 ¹	7.73 ²	7.38 ²
pH	3.93	2.63	1.04

¹Significant at 1% level; ²Significant at 5% level.

Table 6. Comparison between predicted values and observed values of response variables in critical Maillard reaction. Calculated using the predicted polynomial equations for response variables. Critical values of independent variables: reaction temperature 120°C, reaction time 150 min, pH 7.0. Mean values of triplicate determination by sensory test (9 scale score, n=12)

Response variable	Predicted value	Observed value
Baked potato odor	7.48	7.1±0.9
Masking of shellfishy odor	7.25	6.9±0.5
Boiled meat odor	6.70	6.4±0.8

이용한 Maillard 반응에서 반응온도를 120°C로 고정하였을 경우, 2가지 반응요소, 즉 반응시간과 반응액의 pH가 Maillard 반응생성물의 풍미발현에 미치는 전반적인 영향도를 알아본 결과는 Table 5와 같다. PE-Glu-G-C 반응계에서도 3가지 종속 변수에 가장 많은 영향을 주는 인자는 반응시간이었으며, 다음이 반응액의 pH 순이었으나, 낮은 최고기향의 발현에 미치는 반응액의 pH 영향은 아주 미미한 것으로 나타났다.

Maillard 예측반응조건의 실증

PE-Glu-G-C 반응계를 이용한 Maillard 예측반응조건을 실증하기 위하여, 임의의 조건 하에서 Maillard 반응의 종속변수들의 회귀식에 의한 예측치와 동일조건에서 실제 Maillard

반응시켜 얻은 실측치를 비교하여 이들 회귀식의 신뢰성을 검증한 결과를 Table 6에 나타내었다. 이때 임의의 반응조건은 반응온도 120°C, 반응시간 150분으로 하였으며, 반응액의 pH는 7.0으로 조정하였다. Table 5에서와 같이 각 종속변수들에 대한 실측치는 RSM기법에 의해 예측된 값과 유사하게 나타나, 본 Maillard 반응을 이용한 reaction flavoring의 회귀식에 대한 신뢰성을 검증할 수 있었으며, 반응 전에 비해 진주조개 추출물의 풍미가 상당히 개선됨을 알 수 있었다.

참고 문헌

- Cha, Y.J., E.J. Kim and H.H. Baek. 1995. Processing of pen shell by-product hydrolysate using response surface methodology. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, 27, 958-963.
- Cha, Y.J., J.S. Ahn, E.J. Jeong, W.J. Cho, H.Y. Lee and H. Kim. 2005. Comparison of crab-like flavor components produced from snow crab cooker effluents by reaction flavor system. Abstract, *Ann. Meet. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 281.
- Han, H.S. 1999. *Statistic Data Analysis*. Chungmungak, Seoul, Korea.
- Hofmann, T. and P. Schiberle. 1995. Evaluation of the key odorants in a thermally treated solution of ribose and cysteine by aroma extract dilution techniques. *J. Agric. Food Chem.*, 43, 2187-2194.
- Hsieh, Y.P.C., A.M. Pearson and W.T. Magee. 1980. Development of a synthetic meat flavor mixture by using surface response methodology. *J. Food Sci.*, 45, 1125-1130.
- Kim, K.O., S.S. Kim, R.K. Sung and Y.C. Lee. 1993. *Sensory Evaluation Method and Application*. Sin-

- kwang Pub. Co., Seoul, Korea.
- Kim, H. 2002. Functional flavorants produced from seafood by-products by reaction flavoring techniques. Ph.D. Dissertation, Chanwon National University, Korea.
- Kim, K.W. and H.H. Baek. 2003. Development of a burnt beef flavor by reaction flavor technology. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, 35, 1045-1052.
- Ko, S.N., S.H. Yoon, S.K. Yoon and W.J. Kim. 1997. Development of meat-like flavor by maillard reaction of model system with amino acids and sugars. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, 29, 827-838.
- Lee, G.D., J.S. Kim and J.H. Kwon. 1996. Monitoring of dynamic changes in maillard reaction substrates by response surface methodology. *Kor. J. Food Technol.*, 28, 212-219.
- Macleod, G. 1986. The scientific and technological basis of meat flavors. In *Developments of Food Flavors*. Birch, G.G. and M.G. Lindle. eds. Elsevier Applied Science, London, 191-223.
- Manley, C.H. 1994. *Process Flavors*. Chapman and Hill, New York, USA.
- Manley, C.H. and S. Ahmedi. 1995. The development of process flavors. *Trends Food Sci. Technol.*, 6, 46-51.
- Moon, J.H. and K.S. Oh. 2003. Marine flavoring product extracted by 2 step enzyme hydrolysis and process for preparation thereof. Korean Patent 0394186.
- Moupuet, C., J.C. Dumas and S. Guibert. 1992. Texturization of sweetened mango pulp: Optimization using response surface methodology. *J. Food Sci.*, 57, 1395-1400.
- Myers, R.H. 1971. *Response Surface Methodology*. Allyn and Bacon Inc., Boston, MA, USA.
- Nagodawithana, T.W. 1995. *Savory Flavors*. Esteekey Associate, Inc., Milwaukee, USA.
- Oh, K.S. 1998. Processing of flavoring substances from low-utilized shellfishes. *J. Kor. Fish. Soc.*, 31, 791-798.
- Reyes, F.G.R., B. Poocharoen and R.E. Wrolstad. 1982. Maillard browning reaction of sugar-glycine model system: Changes in sugar concentration, color, appearance. *J. Food Sci.*, 47, 1376-1379.
- SAS. 1988. *SAS/STAT. User's Guide Version 6*. 4th ed., SAS Institute Inc., Cary, NC, 1457-1478.
- Sheldon, S.A. 1988. Volatile compounds produced in L-cysteine/D-glucose model system by sun-light irradiation. *J. Food Sci.*, 53, 196-198.
- Yoon, S.H., J.K. Lee, H.S. Nam and H.J. Lee. 1994. Formation of meatlike flavors by maillard reaction using hydrolyzed vegetable protein (HVP). *Kor. J. Food Sci. Technol.*, 26, 781-786.

2007년 9월 21일 접수

2007년 11월 21일 수리