

대구찌 분석법을 이용한 대구부산물 열수 추출조건의 최적화

이명상* · 류기형

공주대학교 식품공학과, *(주) 정풍

Optimization of Hot-Water Extraction Conditions for Cod By-product by Taguchi Method Analysis

Myung-Sang Lee* and Gi-Hyung Ryu

Department of Food Science and Technology, Kongju National University
*Jeong Poong Co. Ltd.

Abstract

Taguchi experimental design and analysis was used to determine optimal conditions for extraction of cod by-product. The independent variables were set to three factors three levels, namely, extraction temperature(80, 98, 121°C), extraction time(2, 3, 4 hr) and addition of water (1.3, 2.0, 2.7 times) and response variables were extraction yield, crude protein, crude ash and calcium content in extract. Cod by-product as pre-treatment of extraction was chopped to determine how the difference affects extract characteristics for hot-water extraction. The extraction rate constant(k) of solid content and crude protein of the chopped and unchopped cod by-product were measured. It was found that, in the chopped cod by-product, the extraction rate constant of the soluble solid content was 0.137 hr⁻¹ and the extraction rate constant of the crude protein content was 0.133 hr⁻¹. In unchopped cod by-product, the extraction rate constants were 0.057 hr⁻¹ and 0.101 hr⁻¹, respectively. Optimized results via Taguchi analysis showed that optimum conditions and significant factors for yield were extraction temperature: 121°C, extraction time: 4 hr, addition of water: 2 times(A₃B₃C₂) and extraction temperature, that optimum conditions and significant factors for crude protein were extraction temperature: 121°C, extraction time: 4 hr, addition of water: 2 times(A₃B₃C₂) and extraction temperature. Optimum conditions and significant factors for crude ash were extraction temperature: 121°C, extraction time: 4 hr, addition of water: 2.7 times(A₃B₃C₂) and addition of water, that optimum conditions and significant factors for calcium were extraction temperature: 80°C, extraction time: 2 hr, addition of water: 2 times(A₁B₁C₂) and addition of water.

Key words: cod by-product, hot-water extraction, optimization, Taguchi method analysis

서 론

수산물의 건강기능성에 대한 인식이 높아짐에 따라 수산물에 대한 가공율도 해마다 증가하고 있다. 전체 어체의 약 40~70%를 차지하고 있는 어뼈, 어피, 어두, 내장 등과 같은 수산물 가공 부산물의 량이 증가와 함께 수산물 가공 부산물에 대한 재활용

방안에 대한 다양한 연구가 진행되고 있다(김세권 등, 2002).

이들 비가식부를 활용하여 환경오염예방, 자원재활용 및 고부가가치 창출하기 위한 연구를 보면 생선껍질을 이용한 젤라틴의 제조, 어뼈를 이용한 hydroxyapatite 제조, 어류내장 유래 효소 이용, 굴 껍질로부터 칼슘제의 개발, 대구가공 부산물로부터 생리기능성 펩타이드의 스크리닝, 어류뼈를 이용한 칼슘제의 제조 등이 있다. 또한 WTO 출범 이후 세계 선진각국들은 자국의 자원량 확보나 미이용자원의 식량화에 심혈을 기울이고 있는 실정이다(정상원, 1991). 특히 일본이나 유럽 각국에서는 수산 가

Corresponding author: Gi-Hyung Ryu, Department of Food Science and Technology, Kongju National University, Yesan, Choongnam 340-702, Korea.
Phone: +82-41-330-1484, Fax: +82-41-335-5944
E-mail: ghryu@kongju.ac.kr

공 부산물로부터 식량전환이 가능한 **creamy fish protein** 이나 **bio-fish flour** 등과 같은 단백질의 가수분해에 의한 식품소재의 개발에 주력하고 있다(김은정, 1996).

김진수 등(1998)은 수율에 따라 대구, 명태 및 민태의 가공잔사에는 근육도 다량 포함되어 식품소재로서 이용 가능하다고 보고하였고 대구뼈, 명태뼈, 각시가지미뼈, 민태뼈, 봉장어뼈 및 고등어뼈 중에서 조단백 함량이 많은 뼈가 대구뼈라고 보고하였다. 또한 조회분 및 무기성분 함량이 많은 어류뼈도 대구와 명태뼈라고 하여 무기질 공급원으로 이용할 경우 명태뼈 및 대구뼈가 적절하다고 하였다. 원료중의 가수분해성분 추출 방법 중에서 상압 또는 가압 하에서 물로 추출할 경우 성분의 변화는 거의 없고, 향기성분도 추출되므로 원료로부터 유래하는 풍미를 갖는 추출물이 얻어진다고 하였다(高橋 紀, 1998).

수산가공 폐기물이나 부산물로부터 유효한 자원으로 재 회수하고자 하는 노력이 국제적인 공통 관심사로 나타나고 있지만 아직 까지 수산부산물의 추출물에 대한 연구 및 추출법, 추출조건, 농축, 정제기술 등에 관한 연구가 부족한 실정이며 실제 산업화에 적용되는 부분이 적은 편이다.

생산과정의 품질관리 개선기법으로 다구찌 실험계획법(Taguchi method)을 일본에서 널리 사용되다가 80년대 초 미국에 보급된 이후 다양한 분야에서 활발하게 이용되고 있으며 국내에서도 비교적 최근에 다구찌 실험계획법에 대한 관심이 높아지고 있다. 다구찌 분석법은 품질특성이 통제 불가능한 인자의 변화에 대하여 둔감하게 할 수 있고 실험계획을 단순화할 수 있으므로 현재 많은 기업에서 공정 품질 개선으로 활용하는 식스 시그마(six sigma)기법에 다구찌 분석법을 많이 활용하고 있지만 식품분야에서 아직 많은 연구가 되고 있지 않다.

따라서 본 연구는 다구찌 실험계획과 분석법을 적용하여 대구부산물을 열수추출법으로 단백질, 칼슘 등의 유효성분 추출수율을 향상시키기 위하여 추출온도, 추출시간, 가수량에 따른 추출수율, 조단백 함량, 조회분 함량, 칼슘 함량 변화를 분석하여 최적화 조건을 결정하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에서 사용된 대구 부산물은 러시아산으로

대구살은 대구 가공용으로 사용하고 머리 부위가 제거된 부산물로 근육이 혼재하고 있는 뼈 부분의 어류 가공 잔사였다. 대구부산물은 명진물산에서 냉동상태로 구입하여 전 처리 과정으로 5배 정도의 물과 체(10 mesh)를 사용하여 5 시간 피빼기 및 이물질 제거 한 후 가정용 전기 믹스기로 파쇄하고, 냉동 보관하여 사용하였다.

추출조건 최적화 실험계획

현재 산업체에서 사용하는 추출공정은 대구 부산물을 파쇄하지 않고 추출온도 98°C, 3시간, 1.3 배수로 추출하고 있다. 본 연구에서는 우선 대구 부산물을 전처리 과정인 파쇄 공정이 추출에 미치는 영향을 결정한 다음, 추출공정의 최적 조건을 설정하였다.

추출 공정의 최적 조건은 독립변수인 추출시간, 추출온도, 가수량에 따라 추출수율과 추출물의 성분이 변화되므로, 추출물의 기능적 특성을 최대화하는 최적조건을 설정하기 위해 다구찌 실험계획으로 실험하였다. 독립변수는 Table 1과 같이 추출시간(2, 3, 4 hr), 추출온도(80, 98, 121°C), 대구 부산물 무게에 대한 가수량(1.3, 2.0, 2.7 배수)으로 설정하였고 반응변수로는 추출수율, 조단백 함량, 조회분 함량, 칼슘 함량으로 설정하였다.

열수추출

열수추출물의 제조는 동결시킨 시료 대구 부산물을 상온에서 해동시킨 다음 Table 1과 같은 추출조건에서 Fig. 1과 같은 추출방법으로 추출물을 제조하였다. 추출물 제조 시 80±1°C 와 98±1°C에서는 Soxhlet heater(창신과학기계)를 사용하였으며 121±1°C에서 Autoclave(동양이화학기계)를 사용하였다. 대구 부산물의 추출물은 원료에 대한 가수량 1.3, 2.0, 2.7 배수, 추출시간 2, 3, 4 hr, 추출온도 80±1°C, 98±1°C, 121±1°C에서 추출한 시료를 냉장 보관하여 분석시료로 하였다.

Table 1. Levels of extraction conditions in Taguchi experimental design

Ai		Bi		Ci	
A ₁	80	B ₁	2	C ₁	1.3
A ₂	98	B ₂	3	C ₂	2
A ₃	121	B ₃	4	C ₃	2.7

Ai: Extraction temperature(°C), Bi: Extraction time(hr), Ci: Addition of water(times), i: Level.

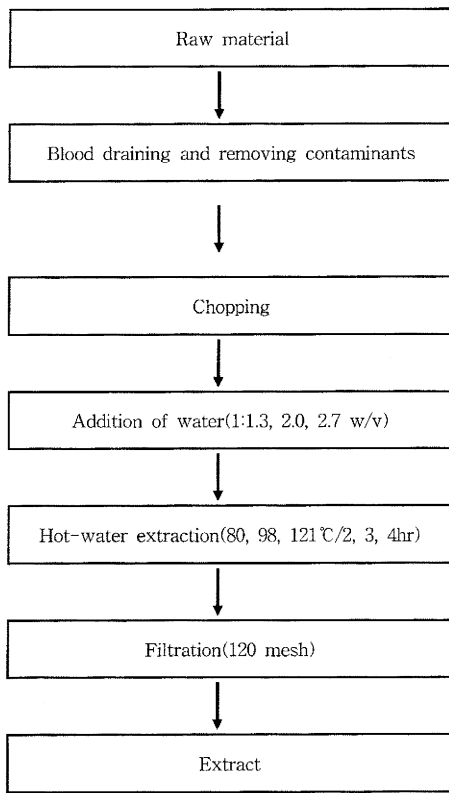


Fig. 1. The hot-water extraction procedure of cod by-product.

일반성분

각 조건별 얻어진 추출물의 조단백 및 조회분 함량은 AOAC법(1995)에 따라 회분은 건식 회화법, 조단백질은 Semimicro Kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet법을 이용하여 측정하였다.

칼슘

각 조건별 추출물의 칼슘 함량은 추출액을 일정량을 취하여 원심분리기(MF-300, 한일)를 사용하여 3,500 rpm에서 30분 동안 원심 분리 후 상등액을 여과지(Whatman No. 6, England)로 여과 후 inductively coupled plasma spectrophotometer(ICP, Spectro Flame, FTMOA86C, Germany) 측정파장 317.93 nm에서 분석하였다.

가용성 고형분

각 조건별 추출물의 가용성 고형분 함량은 추출액 일정량을 취하여 105°C 건조법으로 수분을 측정

하여 고형분 함량을 계산하고 추출물 조제에 사용된 건물량에 대한 백분율로서 고형분 함량을 나타내었다.

수율

각 조건별 추출물의 수율은 원료량에 대한 추출물의 가용성 고형분 함량으로 식(1)에 의하여 계산하였다.

$$\text{Yield}(\%) = \frac{\text{Weight of water-Soluble solid}}{\text{Weight of raw material}} \times 100 \quad (1)$$

추출속도

추출속도의 측정은 가수량 1.3배수에서 추출시간이 98°C 도달 시점부터 4시간까지 30분 간격으로 각각의 가용성 고형분 함량(S_t)과 조단백 함량(P_t)을 초기 98°C에 도달했을 때 초기 원료의 가용성 고형분 함량(S_0)과 조단백 함량(P_0)으로 나눈 로그값과 추출시간의 1차 선형 회귀직선식의 기울기를 추출속도 상수(extraction rate constant, k)로 나타내었다.

대구부산물 추출물의 가용성 고형분 추출속도의 변화를 1차 반응식으로 나타내면,

$$\frac{dS}{dt} = kS \quad (2)$$

추출시간 t_0 에서 t 에 도달하는 동안 추출물의 가용성 고형분 함량은 S_0 에서 S_t 로 증가하는 조건으로 식(1)을 적분하면,

$$\frac{dS}{S} = kdt \quad (3)$$

$$\int_{S_0}^{S_t} \frac{1}{S} dS = k \int_0^t dt \quad (4)$$

$$\ln \frac{S_t}{S_0} = kt \quad (5)$$

S_t : solid in extract at time t

S_0 : solid in extract at initial time

k : extraction rate constant(hr^{-1})

t : extraction time(hr)

다구찌 실험방법

다구찌 실험계획법에서 품질에 대한 정의를 다구찌는 ‘제품이 출하된 시점부터 변동과 부작용으로

인하여 사회에 미치는 총 손실'(이상복, 2001)이라 정의하여 품질을 금액으로 평가함으로서 전통적인 실험계획법과는 다르게 독특한 품질관리의 개념을 도입하였다. 손실함수를 품질의 특성치로 정의하고, 이 손실함수에 근거하여 만들어진 SN비(signal-to-noise ratio)를 특성치로 하여 인자들의 최적조건을 결정하는 방법(이상복, 2000)을 사용하였다.

SN비를 특성치로 사용하여 목표치에 대한 특성치의 변동을 최소화시키며 직교배열표를 사용하여 제품의 성능 특성치가 잡음에 영향을 받지 않도록 계획하여 적은 비용으로 목표치의 허용한계를 만족시키는 설계변수들의 최적조건을 설정하였다.

SN비(signal-to-noise ratio)

SN비는 신호(signal)대 잡음(noise)의 비율을 의미하는 것으로, 신호입력의 힘과 잡음이 주는 영향이 힘의 비율로서 나타내며, 각 특성치에 대한 SN비는 식(6)과 같다.

$$SN \text{ 비} = \frac{\text{신호의 힘}}{\text{잡음의 힘}} = \frac{\text{모평균의 제곱의 추정값}}{\text{분산의 추정값}} = \frac{\mu^2}{\sigma^2} \quad (6)$$

SN비 값은 크면 클수록 좋은 것이며 단위는 데시벨이다. 손실함수와 SN비를 비교하여 망목특성(nominal the better characteristics), 망소특성(smaller the better characteristics)과 망대특성(larger the better characteristics)으로 나누며 손실함수(loss function)와 SN비의 계산식은 Table 2와 같다. 본 실험에서 대구부산물의 특성 값인 수율, 조단백 함량, 조회분 함량, 칼슘 함량이 최대가 되는 것이 바람직하므로 망대특성을 이용하였다.

Table 2. Classification of quality characteristics

	Loss functions	SN ratio
Nominal the characteristics	$L(y) = \frac{A}{\Delta^2}(y - m)^2$	$SN = 10 \log \left((y)^2 - \frac{V}{n} \right) / V$
Larger the better characteristics	$L(y) = A \Delta^2 \frac{1}{y^2}$	$SN = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right)$
Smaller the better characteristics	$L(y) = \frac{A}{\Delta^2} y^2$	$SN = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right)$

L(y): 손실함수, m: 제품특성의 목표치, y: 실질 특성치, A: 손실한계, Δ: 기능한계

직교배열표

인자의 수가 많은 경우에 각 인자의 주효과와 일부의 교호작용을 구하고, 나머지 교호작용과 고차의 교호작용에 대한 정보를 얻지 않음으로써 실험 횟수를 적게 할 수 있도록 직교화의 원리(principle of orthogonal)를 적용시켜 만든 표로서 일부실시법, 분할법, 교락법 등의 배치를 쉽게 할 수 있다. 실험 데이터로부터 요인변동의 계산을 쉽게 하여 분산분석표 작성이 수월하며 실험 크기를 확대시키지 않고도 실험에 많은 인자를 배치시킬 수 있으므로 실험의 실시를 용이하게 한다. 본 실험에서 사용된 직교배열표는 3개 인자에 대해 3수준까지 시험이 가능한 $L_9(3^3)$ 직교배열표를 사용하였다(Table 6).

결과 및 고찰

대구부산물의 일반성분 및 칼슘

실험에 사용한 대구부산물의 일반성분 및 칼슘 함량은 Table 3과 같이 수분 71.74%, 조단백 16.63%, 조지방 0.52%, 조회분 6.86% 및 칼슘 2.02%였다. 실험에 사용된 대구부산물의 순수 고형분 함량을 기준으로 조단백, 조지방, 조회분의 함량과 김진수 등(1998)이 분석한 대구뼈의 성분 비교를 Table 4에 나타내었다. 대구뼈의 함량과 부산물의 성분을

Table 3. Proximate composition and calcium contents of cod by-product

Composition	Contents(%)
Moisture	71.74
Crude protein	16.63
Crude fat	0.52
Crude ash	6.86
Calcium	2.02

Table 4. Comparison of composition of cod bon and cod by-product(d.b.)

Composition(%)	Cod bones	Cod by-product
Crude protein	38.8	58.8
Crude fat	0.5	1.8
Crude ash	62.6	24.2
Calcium ¹⁾	38.1	29.5

¹⁾Based on crude ash content

보면 순수한 대구뼈보다는 상당량 근육이 혼재하므로 조단백 함량은 20%, 조지방 함량 1% 정도 많이 함유하며 상대적으로 조회분 함량은 38%정도 적게 함유하였다. 또한 대구뼈의 조회분 함량 대비 칼슘 함량이 38.1%였지만 대구부산물의 경우 조회분 함량 대비 칼슘함량은 29.5%로 약 9%정도 낮았다.

파쇄에 따른 추출속도 변화

원료 전처리로 대구뼈를 파쇄 하여 파쇄에 따른 추출 속도의 변화를 알고자 1.3 배수, 98°C 도달시 점부터 30분 간격으로 4시간 동안 가용성 고형분 함량과 조단백 함량의 변화 및 추출속도 상수를 비

교하였다(Table 5, 6).

추출시간에 따른 추출물의 가용성 고형분 함량과 조단백 함량은 파쇄한 대구부산물에서 높게 나타났다. Figs. 2, 3은 추출시간에 따른 가용성 고형분 함량과 초기의 가용성 고형분 함량의 비에 대한 자연 대수 값의 관계를 도식화하여 기울기를 추출속도상수(k)로 나타내면 파쇄한 대구부산물과 미 파쇄한 대구부산물의 가용성 고형분 함량의 추출속도 상수는 0.057 hr⁻¹에서 0.137 hr⁻¹로 2배 정도 증가하였으며, 조단백 함량의 추출속도 상수는 0.101 hr⁻¹에서 0.133 hr⁻¹ 약 1.3배 정도 증가하였다.

파쇄한 대구부산물의 추출속도는 다시마 입자크기가 작을수록 추출속도가 증가했다는 이석희 등(2000)의 결과와 같이 대구부산물의 입자크기가 작을수록 용매가 입자 내에 침투하는 경로가 짧아 확산저항이 감소하므로 추출속도가 증가한 것으로 판단되었다.

수율변화

다구찌 실험계획에 따른 추출조건에서 대구부산물을 추출 한 추출물의 수율, 조단백, 조회분, 칼슘

Table 5. Comparison of solubles for chopped and unchopped cod by-product

Time(hr)	Soluble solid(%)		Crude protein(%)		Ln(St/S ₁ ¹⁾)	Ln(St/S ₂ ²⁾)	Ln(St/P ₁ ³⁾)	Ln(St/P ₂ ⁴⁾)
	Un- chopped	Chopped	Un- chopped	Chopped	Un-chopped	Chopped	Un-chopped	Chopped
0	1.87	2.16	1.69	2.02	0	0	0	0
0.5	2.15	2.52	1.7	2.49	0.140	0.155	0.006	0.207
1	2.23	2.83	1.74	2.61	0.176	0.269	0.029	0.257
1.5	2.35	3.04	1.85	2.89	0.229	0.343	0.091	0.359
2	2.43	3.72	1.99	3.49	0.262	0.542	0.163	0.546
3	2.53	3.83	2.17	3.63	0.302	0.573	0.250	0.586
4	2.63	4.05	2.39	3.85	0.341	0.630	0.347	0.646

¹⁾Soluble solid of unchopped ²⁾Soluble solid of chopped ³⁾Crude protein of unchopped ⁴⁾Crude protein of chopped

Table 6. Experimental data on Taguchi design for hot-water extraction of cod by-product

Exp No.	Temp. (°C)	Time (hr)	Water (times)	Yield (%)	Crude protein (mg/g)	Crude ash (mg/g)	Calcium (µg/g)
1	80	2	1.3	4.04	33.77	2.47	25.15
2	80	3	2.0	4.49	39.70	2.91	26.60
3	80	4	2.7	4.52	37.90	3.23	37.04
4	98	2	2.0	5.37	45.01	3.01	32.09
5	98	3	2.7	5.42	48.85	3.15	28.29
6	98	4	1.3	5.35	50.87	2.63	15.15
7	121	2	2.7	7.25	66.94	3.31	25.17
8	121	3	1.3	7.00	65.53	2.83	16.77
9	121	4	2.0	8.65	80.97	3.41	31.46

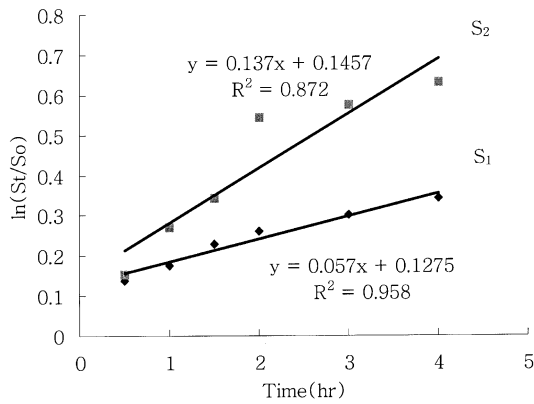


Fig. 2. Relationship between extraction time and $\ln St/So$.
 S_1 : Soluble solid of unchopped cod by-product, S_2 : Soluble solid of chopped cod by-product

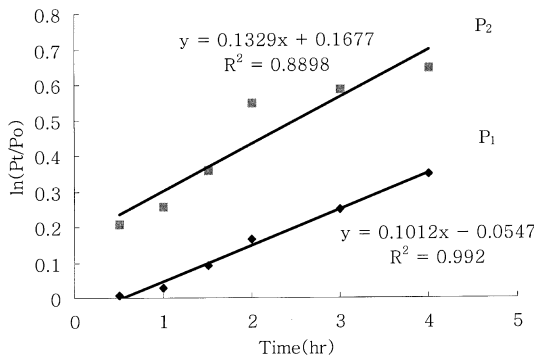


Fig. 3. Relationship between extraction time and $\ln Pt/Po$.
 P_1 : Crude protein of unchopped cod by-product, P_2 : Crude protein of chopped cod by-product

함량을 Table 6에 나타내었다.

추출물 수율에 대한 인자의 각 수준에서 SN비의

Table 7. Response for signal to noise ratios on yield of extracts

Level	A	B	C
1	12.7584	14.6446	14.5322
2	14.6155	14.8756	15.4616
3	17.6163	15.4701	14.9965
Delta ¹⁾	4.8579	0.8254	0.9294
Rank ²⁾	1	3	2

A: Extraction temperature(°C), B: Extraction time(hr), C: Addition of water(times)

¹⁾Difference between high SN and low SN ratios

²⁾Rank of the influenced factor about response variable

점 추정치와 각 인자에서 SN비가 큰 값과 작은 값의 차이(Delta 값) 및 어떤 인자가 반응변수에 영향을 미치는 순위(Rank 값)를 Table 7에 나타내었다.

수율에 대한 SN비의 분산분석 결과 추출온도($P < 0.01$)는 통계적으로 매우 유의적인 요인이었고 추출시간, 가수량($P > 0.1$)은 통계적으로 유의성이 인정되지 않았다. 그리고 주 효과를 나타낸 Fig. 4에서 A인자(추출온도)가 수율에 많은 영향을 미쳤고 B, C인자(추출시간, 가수량)는 수율에 영향을 적게 미쳤다. 다구찌 분석의 SN비를 크게 하는 수준을 정하면 $A_3B_3C_2$ 임을 알 수 있었다. 즉 추출온도 121°C, 추출시간 4 hr, 가수량 2배수가 수율에 대한 대구 부산물 열수 추출조건의 최적조건으로 나타났다.

조단백 함량 변화

추출물 조단백 함량에 대한 인자의 각 수준에서 SN비의 점 추정치와 각 인자에서 SN비가 큰 값과 작은 값의 차이 및 반응변수에 영향을 미치는 인자의 순위를 Table 8에 나타내었다.

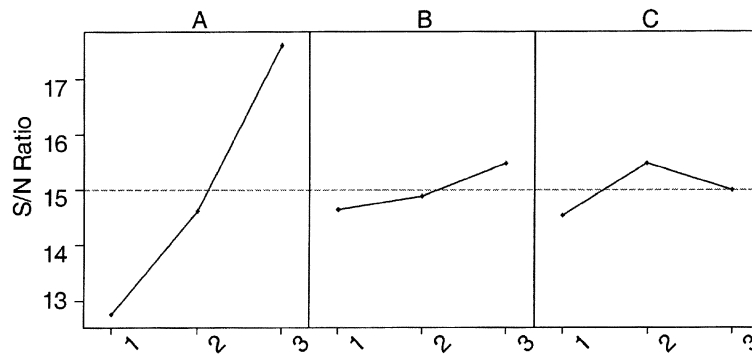


Fig. 4. Signal to noise(S/N) ratios of main effects of extraction time and temperature and addition of water on yield of extracts.
 Ai: Extraction temperature(°C), Bi : Extraction time(hr), Ci : Addition of water(times), i: Level

Table 8. Response for signal to noise ratios on crude protein in extracts

Level	A	B	C
1	31.3731	33.3835	33.6762
2	33.6576	34.0276	34.4028
3	37.0030	34.6228	33.9546
Delta ¹⁾	5.6299	1.2393	0.72266
Rank ²⁾	1	2	3

A: Extraction temperature(°C), B: Extraction time(hr), C: Addition of water(times)

¹⁾Difference between high SN and low SN ratios

²⁾Rank of the influenced factor about response variable

조단백 함량에 대한 SN비의 분산분석 결과 추출 온도(P<0.05)는 통계적으로 매우 유의적인 요인이었고 추출시간, 가수량(P>0.1)은 통계적으로 유의성이 인정 되지 않았다. 그리고 주 효과를 나타낸 Fig. 4에서 A인자(추출온도)가 조단백 함량에 많은 영향을 미쳤고 B, C인자(추출시간, 가수량)는 조단백 함량에 영향을 적게 미쳤다. 다구찌분석의 SN비를 크게 하는 수준을 정하면 A₃B₃C₂임을 알 수 있었다. 즉 추출온도 121°C, 추출시간 4 hr, 가수량 2 배수가 조단백 함량에 대한 대구부산물 열수 추출조건의 최적조건으로 나타났다.

조회분 함량 변화

추출물 조회분 함량에 대한 인자의 각 수준에서 SN비의 점 추정치와 각 인자에서 SN비가 큰 값과 작은 값의 차이 및 반응변수에 영향을 미치는 인자의 순위를 Table 9에 나타내었다.

조회분 함량에 대한 SN비의 분산분석 결과 가수

Table 9. Response for signal to noise ratios on crude ash in extracts

Level	A	B	C
1	9.1053	9.27394	8.4296
2	9.3122	9.42660	9.8348
3	10.0291	9.74608	10.1823
Delta ¹⁾	0.9238	0.47214	1.7527
Rank ²⁾	2	3	1

A: Extraction temperature(°C), B: Extraction time(hr), C: Addition of water(times)

¹⁾Difference between high SN and low SN ratios

²⁾Rank of the influenced factor about response variable

량(P<0.05)은 통계적으로 유의성이 인정 되었고 추출 온도(P<0.1)는 통계적으로 다소 유의적인 요인으로 인정 되었으나 추출시간(P>0.1)은 유의성이 인정 되지 않았다. 그리고 주 효과를 나타낸 Fig. 6에서 C인자(가수량)가 조회분 함량에 많은 영향을 미쳤고 A인자(추출온도)는 약간의 영향을 미치고 있다. 그리고 B인자(추출시간)의 경우 다른 인자에 비해 조회분 함량에 영향을 적게 미쳤다. 다구찌분석의 SN비를 크게 하는 수준을 정하면 A₃B₃C₃임을 알 수 있었다. 즉 추출온도 121°C, 추출시간 4 hr, 가수량 2.7 배수가 조회분 함량에 대한 대구부산물 열수 추출조건의 최적조건으로 나타났다.

칼슘 함량 변화

추출물 칼슘에 대한 인자의 각 수준에서 SN비의 점 추정치와 각 인자에서 SN비가 큰 값과 작은 값의 차이 및 반응변수에 영향을 미치는 인자의 순위를 Table 10에 나타내었다.

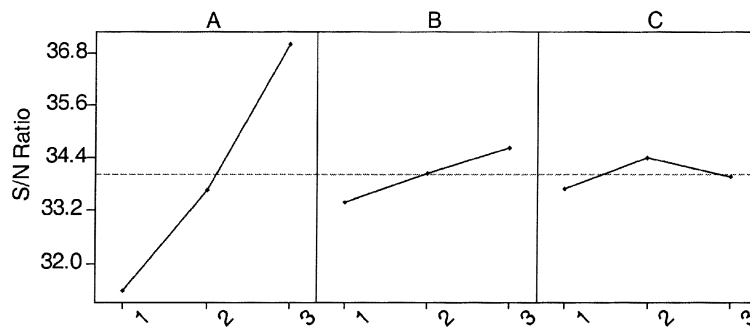


Fig. 5. Signal to noise(S/N) ratios of main effects of extraction time and temperature, and addition of water on crude protein in extracts.

Ai: Extraction temperature(°C), Bi : Extraction time(hr), Ci : Addition of water(times), i: Level

Table 10. Response for signal to noise ratios on calcium in extracts

Level	A	B	C
1	29.2939	28.7186	25.3699
2	27.5894	27.3403	29.5267
3	27.4878	28.3123	29.4746
Delta ¹⁾	1.8061	1.3783	4.1568
Rank ²⁾	2	3	1

A: Extract temperature(°C), B: Extract time(hr), C: Addition of water(times)

¹⁾Difference between high SN and low SN ratios

²⁾Rank of the influenced factor about response variable

칼슘 함량에 대한 SN비의 분산분석 결과 추출 온도, 추출시간, 가수량(P>0.1)은 통계적으로 유의적인 요인이 인정 되지 않았다. 그리고 주 효과를 나타낸 Fig. 7에서 C인자(가수량)가 반응변수에 많은 영향을 미치며 1수준(1.3 배수)과 2, 3수준(2.0, 2.7 배수)은 많은 차이를 보이고 있고 A, B인자(추출 온도, 추출시간)도 다소 영향을 미쳤다. 다구찌분석의 SN

비를 크게 하는 수준을 정하면 A₁B₁C₂임을 알 수 있다. 즉 추출 온도 80°C, 추출시간 2 hr, 가수량 2 배수가 칼슘 함량에 대한 대구부산물 열수 추출 조건의 최적조건으로 나타났다.

최적 조건의 선정

다구찌분석에 따른 최적화 결과를 Table 11에 나타내었다. 수율의 최적조건과 핵심인자는 A₃B₃C₂(추출 온도 121°C, 추출시간 4 hr, 가수량 2 배수)와 추출 온도였고 SN비는 현재조건(추출 온도 98°C, 추출 시간 3hr, 가수량 1.3배수)보다 4.53만큼 증가될 것으로 판단되었으며 조단백 함량의 최적조건과 핵심인자는 A₃B₃C₂(추출 온도 121°C, 추출시간 4 hr, 가수량 2배수)와 추출 온도였고 SN비는 현재조건보다 4.67만큼 증가할 것으로 판단되었다.

조회분 함량의 최적조건과 핵심인자는 A₃B₃C₃(추출 온도 121°C, 추출시간 4 hr, 가수량 2.7배수)과 가수량이며 SN비는 현재조건보다 2.79만큼 커질 것이라 판단되고 칼슘 함량의 최적조건과 핵심인자는

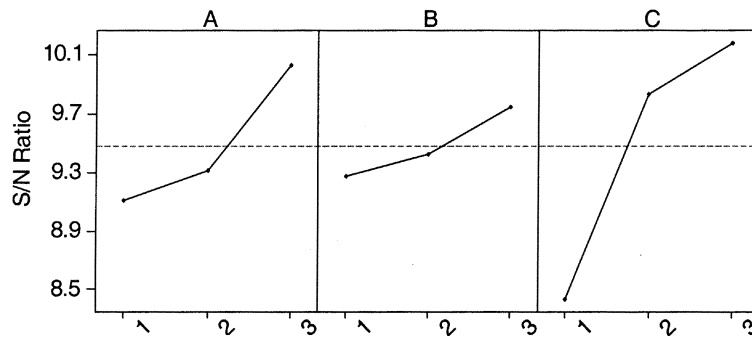


Fig. 6. Signal to noise(S/N) ratios of main effects of extraction time and temperature, and addition of water on crude ash in extracts.

Ai: Extraction temperature(°C), Bi : Extraction time(hr), Ci : Addition of water(times), i: Level

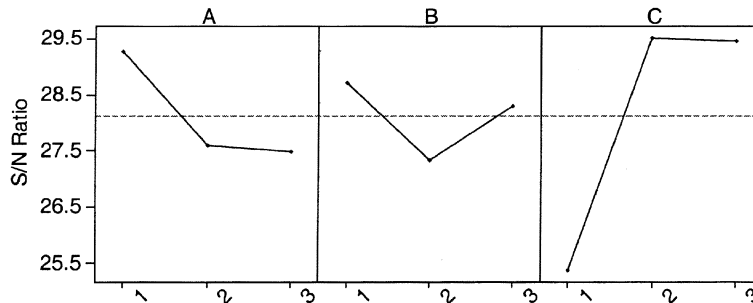


Fig. 7. Signal to noise(S/N) ratios of main effects of extraction time and temperature, and addition of water on calcium in extracts.

Ai: Extraction temperature(°C), Bi : Extraction time(hr), Ci : Addition of water(times), i: Level

Table 11. Optimum response variables by Taguchi analysis for hot-water extraction for cod by-product

	Optimum conditions	Current S/N ratio	Predicted S/N ratio	Improvement	Significant factor
Yield(%)	A ₃ B ₃ C ₂	14.03	18.56	4.53	Extraction temperature
Crude protein(mg/g)	A ₃ B ₃ C ₂	33.34	38.01	4.67	Extraction temperature
Crude ash(mg/g)	A ₃ B ₃ C ₃	8.20	10.99	2.79	Addition of water
Calcium(ug/g)	A ₁ B ₁ C ₂	24.05	31.29	7.24	Addition of water

Ai: Extraction temperature(°C), Bi: Extraction time(hr), Ci: Addition of water(times), i: Level

A₁B₁C₂(추출온도 80°C, 추출시간 4 hr, 가수량 2 배수)와 가수량이었고 SN비는 현재조건보다 7.24만큼 증가할 것으로 판단되었다.

요 약

대구부산물 열수 추출조건을 최적화하기 위하여 원료 파쇄가 열수 추출조건에 미치는 영향을 결정하고 다구찌 실험계획과 분석을 이용하여 독립변수로는 3인자 3수준 즉 추출온도(80°C, 98°C, 121°C), 추출시간(2, 3, 4 hr) 가수량(1.3, 2.0, 2.7 배수)으로 설정하고 반응변수인 추출수율, 조단백 함량, 조회분 함량, 칼슘 함량 등으로 최적화하였다. 파쇄 및 미파쇄한 대구부산물의 가용성 고형분 함량과 조단백 함량의 추출속도 상수(k)를 측정하고 파쇄한 대구부산물 가용성 고형분 함량의 추출속도 상수는 0.137 hr⁻¹과 조단백 함량 추출속도 상수 0.133 hr⁻¹ 이었고 미파쇄한 대구부산물의 경우 각각 0.057 hr⁻¹과 0.101 hr⁻¹이었다. 파쇄한 대구부산물 경우 미파쇄 대구부산물 보다 가용성 고형분 함량의 추출속도는 2 배 이상, 조단백 함량 추출속도는 1.3 배 증가하였다.

다구찌분석 결과 추출수율의 최적조건과 핵심인자는 A₃B₃C₂(추출온도 121°C, 추출시간 4 hr, 가수량 2 배수)와 추출온도, 조단백 함량의 최적조건과 핵심인자는 A₃B₃C₂(추출온도 121°C, 추출시간 4 hr, 가수량 2 배수)와 추출온도였다. 조회분 함량의 최

적조건과 핵심인자는 A₃B₃C₃(추출온도 121°C, 추출시간 4 hr, 가수량 2.7 배수)과 가수량이고 칼슘 함량의 최적조건과 핵심인자는 A₁B₁C₂(추출온도 80°C, 추출시간 4 hr, 가수량 2 배수), 가수량으로 나타났다.

문 헌

김세권, 최영일, 박표잠, 최정호, 문성훈. 2002. 대구가공 부산물로부터 생리 기능성 펩타이드의 스크리닝. 한국농화학학회지 **43**(3): 225-227

김은정. 1996. 참치 가공 부산물(혈합육)로부터 단백질 분해효소를 이용한 천연조미료의 개발. 석사학위논문. 창원대학교

김진수, 최종덕, 구계근. 1998. 식품소재로서 어류뼈의 성분 특성. 한국농화학학회지 **41**(1): 67-72

김진수, 최종덕, 김동수. 1998. 어류뼈를 이용한 칼슘제의 제조 및 특성. 한국농화학학회지 **41**(2): 147-152

이상복. 2000. 알기 쉬운 다구찌 기법. 상조사

이상복. 2001. Minitab을 이용한 다구찌 기법 활용. 이레테크

이석희, 천재기, 주창식. 2000. 초임계 이산화탄소에 의한 다시마의 지방질추출. 산업식품공학학회지 **4**(1): 19-24

정상원. 1991. GATT/UR 협상에 따른 국내 식품 가공 산업의 대응방안. 식품과학과 산업 **24**: 14

高橋 紀. 1998. 動物 ㄱ키스開發と理容, 食品と開發. **23**(7): 59

AOAC. 1995. Official methods of analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC., USA