

비밀폐조건에서 진행하는 초고주파-염산물작용분해에서 닭털단백질의 물작용분해률에 영향을 미치는 인자

심 명 수

위대한 수령 김일성동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《생물학연구에서 무엇보다도 중요한것은 지금 있는 자연부원을 효과적으로 리용할수 있게 하는것입니다.》(《김일성전집》 제37권 451페이지)

깃털이나 견잔사, 머리카락과 같은 유헴단백질재료들을 여러 분야에서 아미노산자원으로 리용하는데서 염산물작용분해법은 그 우점을 살리고 결함을 극복할 때 현실적의의가 있다.

이미 전통적인 염산물작용분해법에 초고주파(MW)가열이 적용되어 단백질의 물작용분해속도가 수십~100배나 높아지는 MW-염산물작용분해법이 나왔다.[5] 그러나 여기에서도 염산농도는 지난 시기와 마찬가지로 6mol/L 수준에서 보장하고있으며 공해를 일으키는 염화수소가 배출되지 않도록 특별히 제작한 완전밀폐형분해용기[8]를 반드시 리용하여야 한다. 완전밀폐형분해용기는 테플론을 비롯한 값비싼 재료로 만들며 또 그 크기나 수량을 늘이기 어려운 문제가 있다. 때문에 MW-염산물작용분해는 아미노산조성분석에서와 같이 극히 작은 규모의 단백질물작용분해에만 적용되고있다.

MW가열을 적용할 때 물작용분해속도가 비상이 높아지는것만큼 염화수소가 허용수준정도로 배출되도록 염산농도를 적당히 낮춘다고 하자. 그러면 물작용분해속도증가에서는 일정한 손해를 보더라도 전통적방법보다 물작용분해속도를 훨씬 더 높이면서도 값싼 비밀폐형분해용기를 리용하여 물작용분해규모를 확대할수 있다.

이미 우리는 일련의 천연단백질들의 MW-염산물작용분해가 비밀폐조건과 낮은 염산농도(2mol/L)조건에서도 원만히 이루어진다는것을 확인하였다.[1-3] 그런데 비밀폐조건에서 진행되는 MW-염산물작용분해에서는 물작용분해계의 전반적지표들이 끊임없이 변화된다. 이러한 반응계의 특성을 정확히 밝히고 그에 근거하여 염산농도를 적당히 낮추자면 모든 인자들을 종합적으로 고려하는것이 필요하다.

우리는 비밀폐조건에서 닭털단백질을 MW-염산물작용분해할 때 분해률에 관계되는 전반적인 인자들을 중회귀분석법으로 검토하였다.

재료와 방법

닭(*Gallus gallus*)의 깃털(간단히 닭털)을 선별 및 자연건조하여 잡물질을 없애고 물기함량이 5%정도 되도록 준비하였다. 닭털과 염산을 4L들이 가정용폴리프로필렌바게트에 넣고 적당히 혼합한 다음 뚜껑을 덮고 가정용MW로에서 2 450MHz의 MW를 쪼여주는 방법

으로 MW-염산물작용분해를 진행하였다. 닭털의 총질소함량은 미량켈달법으로, 물작용분해물의 아미노태질소함량은 닐히드린법으로 정량하였으며 단백질물작용분해물은 리용한 닭털의 총질소량에 대한 생성된 아미노태질소량의 백분율(%)로 계산하였다.

염산초기농도와 초기체적, 닭털함량, MW가열시간, MW출력의 수준들을 각각 세가지씩 변화시키고 그것들의 가능한 조합들을 조건으로 하는 243차례의 물작용분해에서 물작용분해물과 염산마감농도, 마감체적을 결과자료로 수집하여 표본을 만들었다.(표 1)

표 1. MW출력에 따르는 닭털단백질의 MW-염산물작용분해실험자료들의 표본특성량

출력 /W	표본 특성량	조건지표			결과지표			
		염산초기농도 /(mol·L ⁻¹)	초기체적 /L	닭털함량 /(g·dL ⁻¹)	MW가열 시간/min	물작용 분해률/%	염산마감농도 /(mol·L ⁻¹)	마감체적 /L
385	자료수	81	81	81	81	81	81	81
	평균값	1.00	2.00	10.0	240	10.27	1.16	1.98
	표준편차	0.41	0.41	4.1	99	10.52	0.49	0.54
540	자료수	81	81	81	81	81	81	81
	평균값	1.00	2.00	10.0	180	23.14	1.69	1.60
	표준편차	0.41	0.41	4.1	74	21.33	1.11	0.67
700	자료수	81	81	81	81	81	81	81
	평균값	1.00	2.00	10.0	120	11.53	1.97	1.47
	표준편차	0.41	0.41	4.1	49	9.13	1.41	0.65

MW출력은 가정용MW로에서 저(385W), 중(540W), 고(700W) 등 불연속적인 값으로만 설정하게 되어있기때문에 층별인자(부류인자)로 보았다.[4]

목적변수와 종속변수들은 표 2와 같이 선택하였다.

표 2. 중회귀식추정을 위한 변수선택

종속변수 목적변수	염산초기농도 /(mol·L ⁻¹)	MW가열 시간/min	초기체적* /L	닭털함량 /(g·dL ⁻¹)	염산마감농도 /(mol·L ⁻¹)	마감체적** /L
물작용분해률(y)/%	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6

* 리용한 염산의 체적, ** 물작용분해물의 체적

표준편회귀결수(β')와 편회귀결수(β)의 추정, 합리적인 중회귀식형태의 선택 등 중회귀분석은 선행방법[4]으로 하였다.

결과 및 론의

1) 중회귀식추정

일부 실험자료들에서 y가 x_3 이나 x_6 에 반비례하는 경향성이 있었다. 때문에 모든 종속변수를 포함하는 중회귀식을 추정할 때 x_3 과 x_6 을 각기 또는 모두 역수로 변환하여 중회귀식에 반영하기도 하였다. 결과 자유도를 고려한 중상관결수(R^*)가 가장 큰 중회귀식형태

는 MW출력이 385W와 540W일 때 $y = f(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6^{-1})$ 이였고 700W일 때 $y = f(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6)$ 이였다.(표 3)

표 3. 모든 인자들($p=6$)을 종속변수로 포함시켜 추정할 때 R^* 이 가장 큰 중회귀식형태와 회귀결수

MW출력 /W	X	중회귀식의 상관성검정				회귀결수			
		S_R	K_R	K_R/K_R	$F_{제}$	R^*	i	β'_i	β_i
		S_e	K_e	S_e/K_e	q				
		S_{yy}	K_{yy}	S_{yy}/K_{yy}	$F_{q, p, N-p-1}$				
385	x_1	8 379	6	1 397	215.0	0.970 3	0	-4.46×10^{-16}	21.912
	x_2						1	0.357	9.154
	x_3						2	-2.063	-0.220
	x_4	480.8	74	6.497	10^{-44}		3	-0.184	-0.472 6
	x_5						4	-0.219	-0.561
	x_6^{-1}	8 860	80	110.7	214.9		5	2.605	56.114
540	x_1					0.970 2	0	6.08×10^{-16}	-16.045
	x_2	34 408	6	5735	215.1		1	0.057	2.983
	x_3						2	0.622	0.179
	x_4	1 973.0	74	26.66	10^{-44}		3	-0.034	-1.753
	x_5						4	-0.123	-0.640
	x_6^{-1}	36 381	80	454.8	214.9		5	0.565	10.874
700	x_1					0.966 5	0	-3.05×10^{-15}	9.672
	x_2	6 263.2	6	1044	190.0		1	0.262	5.824 4
	x_3						2	2.981	0.552
	x_4	406.48	74	5.493	10^{-42}		3	-3.038	-67.534
	x_5						4	-0.793	-1.762
	x_6	6 669.7	80	83.37	188.3		5	0.261	1.686
							6	3.853	53.962

표 3에 제시된 형태의 중회귀식들 가운데서 변수감소법을 적용하였을 때 R^* 은 오직 MW출력이 540W일 때만 0.970 4로 높아졌으며 그 형태는 $y = f(x_1, x_2, x_4, x_5, x_6^{-1})$ 이였다. 그러나 이 형태에서 R^* 은 불과 0.000 2밖에 높아지지 않았다. 그러므로 우리는 표 3의 때 중회귀식형태들이 비밀폐조조건에서 닭털단백질을 MW-염산물작용분해할 때 물작용분해률의 변화를 가장 적절히 반영한다고 보았다.

표 3에 해당하는 중회귀식들은 R^* 값의 유의수준(q)이 $10^{-44} \sim 10^{-42}$ 이므로 100%의 믿음을 확률로 유의하다고 볼수 있다.

적합한 중회귀식형태들에서 β' 및 β 가 추정(표 3)되고 그 유의성이 검정(표 4)됨으로써 합리적인 중회귀식들이 MW출력별로 완성되었다.

표 4. 비밀폐조건에서 닭털단백질을 MW-염산물작용분해할 때 물작용분해률에 대하여 추정($N=81$, $p=6$)한 회귀결수들의 유의성검정

i	MW출력/W								
	385			540			700		
	$t_{계}$	q	$t_{N-p-1, q}$	$t_{계}$	q	$t_{N-p-1, q}$	$t_{계}$	q	$t_{N-p-1, q}$
0	3.003 ($-1.64 \cdot 10^{-14}$)	$3.7 \cdot 10^{-3}$ (1)	2.998 (0)	-2.523 ($2.25 \cdot 10^{-15}$)	0.013 (1)	2.523 (0)	2.683 ($-1.06 \cdot 10^{-13}$)	10^{-2} (1)	2.644 (0)
1	6.822	$2.3 \cdot 10^{-9}$	6.801	1.010	0.316	1.009	6.262	10^{-7}	5.904
2	-9.297	10^{-13}	9.117	15.505	10^{-24}	15.365	6.678	10^{-8}	6.455
3	-5.294	$1.2 \cdot 10^{-6}$	5.290	-0.823	0.413	0.823	-5.522	10^{-6}	5.336
4	-2.394	0.020	2.378	-4.092	$1.1 \cdot 10^{-4}$	4.086	-6.566	10^{-8}	6.455
5	11.270	$1.1 \cdot 10^{-17}$	11.250	6.488	10^{-8}	6.455	4.857	10^{-5}	4.743
6	-4.384	$3.8 \cdot 10^{-5}$	4.383	-1.900	0.084	1.751	5.428	10^{-6}	5.336

괄호안의 값들은 각각 β'_0 과 β_0 에 해당한다.

2) 중회귀식들에 대한 분석

중회귀식들의 모형적가치 표 3의 모든 중회귀식형태들에서 β'_0 는 유의성이 없으며

$$|\beta'_i| > |\beta'_0| \quad (i=1, p)$$

이다. 때문에 중회귀식추정에서 고려하지 못한 종속변수가 없었다고 볼수 있다. 다시말하여 표 3의 추정결과에는 MW-염산물작용분해에서 닭털단백질의 물작용분해률에 영향을 미치는 모든 인자들이 빠짐없이 반영되었다고 볼수 있다.

한편 완성된 중회귀식들에 의한 중회귀추정값(\hat{y}_i)들과 실험값(y_i)들은 $r_{y_i \hat{y}_i}$ 값이 0.969 05~0.972 69로서 그 유의수준(q)으로 보아 거의 100%의 믿음확률로 1차관련성이 뚜렷하였다. 그리고 $R^*/r_{y_i \hat{y}_i}$ 이 약 1.00이였으므로 $r_{y_i \hat{y}_i}$ 와 R^* 은 수값적으로 같다고 볼수 있다.(표 5, 그림 1)

표 5. 물작용분해률의 실험값(y)과 중회귀추정값(\hat{y})의 상관성

MW출력 /W	N	r_{yy}	r_{yy} 에 대한 t -검정				R^*/r_{yy}
			$t_{계}$	q	$t_{n, q}$	결과	
385	81	0.972 69	36.230	10^{-51}	36.137	유의	0.997 5
540	81	0.972 25	35.912	10^{-50}	35.061	유의	0.997 9
700	81	0.969 05	33.809	10^{-48}	32.994	유의	0.997 4

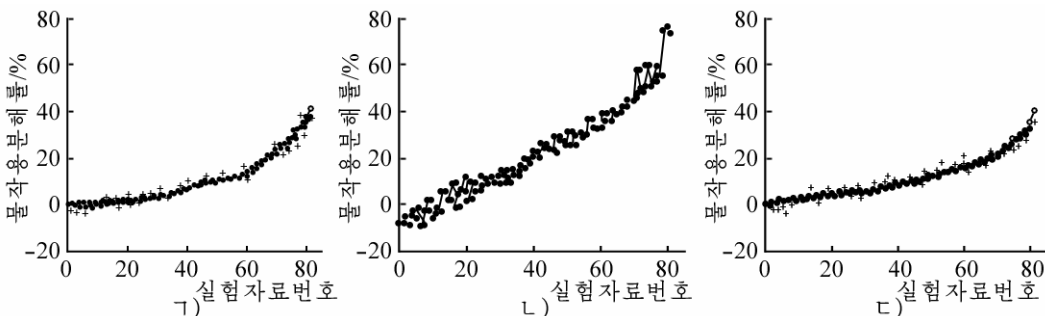


그림 1. 비밀폐조건에서 닭털단백질을 MW-염산물작용분해하였을 때 물작용분해률의 실험값(y_i, \bullet)과 중회귀추정값($\hat{y}_i, +$)
 ㉠)-㉡)는 MW의 출력이 각각 385, 540, 700W인 경우

이로부터 우리는 MW출력별로 완성된 중회귀식들이 충분한 모형적가치를 가진다고 판단하였다.

MW출력에 따르는 요인변화 385W에서 제1요인과 제2요인은 각각 종속변수 x_5 와 x_2 에 해당하는 염산마감농도와 MW가열시간이다.(그림 2) 이 두 요인들은 모두 다른 인자들보다 무게가 뚜렷이 큰 공통점이 있으나 해당한 편회귀결수들의 부호가 반대라는 차이가 있다.(표 3) $\beta_5 > 0$ 인것은 385W에서 염산마감농도가 높을수록 물작용분해률이 높아진다는것을 의미하며 실험적사실들[1-3]에 부합된다. 그리고 $\beta_2 < 0$ 인것은 385W에서 MW가열시간이 늘어날수록 물작용분해률이 낮아진다는것을 의미하며 낮은 출력의 MW가열은 무턱대고 오래 할 필요가 없다는것을 보여준다.

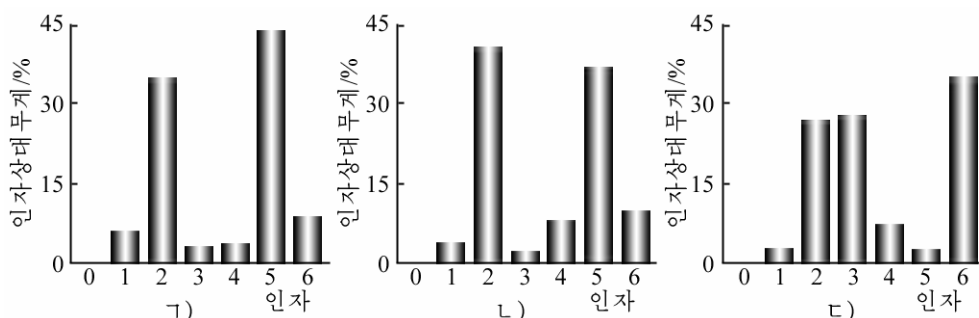


그림 2. 비밀폐조조건에서 닭털단백질을 MW-염산물작용분해하였을 때 물작용분해률에 영향을 미치는 인자(종속변수)들의 상대무게
 1)-c)는 MW의 출력이 각각 385, 540, 700W인 경우; 종속변수: 0-우연인자,
 1- x_1 , 2- x_2 , 3- x_3 , 4- x_4 , 5- x_5 , 6- x_6^{-1} 또는 x_6

540W에서 제1요인과 제2요인은 각각 종속변수 x_2 와 x_5 에 해당하는 MW가열시간과 염산마감농도이다.(그림 2) 이 두 요인들은 모두 다른 인자들보다 무게가 뚜렷이 크고 해당한 편회귀결수들의 부호가 《+》인 공통점(표 3)이 있으며 그 의미가 실험적사실들[1-3]에 잘 부합된다.

700W에서 제1요인과 제2요인, 제3요인은 각각 종속변수 x_6 과 x_3 , x_2 에 해당하는 마감체적과 초기(염산)체적, MW가열시간이다.(그림 2) 마감체적과 초기체적은 모두 체적이라는 공통점이 있으나 해당한 편회귀결수들의 부호가 반대이고 무게가 뚜렷이 다른 차이가 있다.(표 3) $\beta_6 > 0$ 이고 $\beta_3 < 0$ 인것은 700W에서 마감체적은 크고 초기체적은 작아야 물작용분해률이 높아진다는것을 의미한다. 700W에서의 세 요인들도 그 의미가 실험적사실[1-3]들에 잘 부합된다.

우리가 리용한 가정용MW로에서 700W는 연속적인 MW복사에 의한 최대출력이고 540W 및 385W는 간헐적인 MW복사에 의한 중출력 및 저출력이다. 여기서 《연속》 및 《간헐》이라는것은 가정용MW로에서 MW가열형식 또는 출력조절방식인 마그네트론의 주기적 및 연속동작을 의미한다.(표 6)

385 및 540W에서와 달리 700W에서는 요인으로서 염산마감농도가 마감체적으로 바뀌었으며 초기체적도 요인으로 평가되었다. 이로부터 MW가열형식이 연속복사일 때에는 물작용분해계의 체적이 요인으로 되고 간헐복사일 때에는 염산마감농도가 요인으로 된다고 볼수 있다. 다시말하여 MW-염산물작용분해에서 물작용분해률을 높이자면 MW복사가 연속적일 때에는 물작용분해계의 체적유지에 관심을 돌려야 하며 간헐적일 때에는 염

표 6. 가정용MW로에서의 일반적인 출력조절방식

출력선택 표시례	1 2*	출력 1 덥히기	출력 2 얼음녹이기	출력 3 저화력	출력 4 중화력	출력 5 고화력
마그네트론작용	동작/s	3	7	12	19	런속
	정지/s	15	14	10	6	0
	주기/s	20	20	20	20	—
MW출력*	질대/W	60	180	380	540	700
	상대/%	17	33	55	77	100

* 우리가 리용한 설비

산마감농도에 관심하여야 한다고 본다.

MW출력에 따르는 요인변화가 뚜렷한것만큼 MW출력자체도 유의한 요인이라는것이 명백하다.

물작용분해률에 미치는 MW가열시간의 영향 물작용분해률에 영향을 미치는 요인으로서 MW가열시간의 상대무게는 540W에서 비교적 크고 700W에서 비교적 작다. 이것은 닭털 물작용분해에 적당한 MW가열이 간헐적MW복사이며 그 효과가 540W에서 비교적 높은것으로 리해할수 있다.

MW-염산물작용분해에서 MW가열시간은 본질에 있어서 MW로의 동작시간이다. 그리고 가정용MW로에서 MW출력은 마그네트론의 런속 및 불런속동작과 관련되어 그 수명에 영향을 미친다. 때문에 닭털단백질의 MW-염산물작용분해에서는 MW출력을 간헐적 MW복사가 적절히 진행되도록 선택하여야 가정용MW로의 운영에 합리적이라고 볼수 있다.

MW-염산물작용분해에 대한 선행연구자료들[6-8]에서는 MW출력을 최대수준보다 낮게 선택하는것이 반응계의 유지와 조절, 부반응방지 등에 유리하다고 지적하였으나 그 리유를 인자분석에 근거하여 정량적으로 설명하지 않았고 특히 MW가열형식과 련관시킨 것은 없다.

물작용분해률에 미치는 염산초기농도의 영향 모든 MW출력에서 염산초기농도는 상대무게가 다른 요인들보다 1/6~1/10정도로 작아 요인으로 인정되지 않으며 이러한 경향은 MW출력이 높을수록 더욱 뚜렷하다.(그림 1) 더우기 이것은 염산초기농도가 0.6~1.4mol/L 일 때 주어진 표본자료(표 1)에 근거한 결론이다. 때문에 닭털단백질을 MW-염산물작용 분해할 때 염산초기농도를 지난 시기의 6mol/L보다 훨씬 낮추어도 요구하는 물작용분해률에 이룰수 있다고 본다.

맺 는 말

중회귀분석법으로 밝혀진 유의인자는 초고주파출력과 염산초기농도, 초고주파가열시간, 염산초기체적, 닭털함량, 염산마감농도, 물작용분해물마감체적이다.

가정용초고주파로를 리용할 때 초고주파출력에 따라 기타 인자들의 무게가 뚜렷이 변화된다.

비교적 적당한 초고주파출력은 최대출력의 77%이며 이때 초고주파가열형식은 간헐적초고주파복사이다.

0.6~1.4mol/L의 염산초기농도는 요인이 아니며 초고주파출력이 높을수록 인자들의 무게가 더욱 작아진다.

참 고 문 헌

- [1] 김일성종합대학학보(자연과학), 52, 10, 134, 주체95(2006).
- [2] 김수정 등; 생물학, 2, 17, 주체96(2007).
- [3] 심명수; 조선민주주의인민공화국 발명특허, No. 44220, KP-06-236.
- [4] 정봉남; 다변량해석총서 1(회귀분석법), 과학백과사전종합출판사, 8~115, 1988.
- [5] L. Joergensen et al.; J. Chromatography, A 706, 1-2, 421, 1995.
- [6] 陈光全 等; 广西师范大学学报(自然科学版), 13, 4, 45, 1995.
- [7] 李冬青 等; 广西师范大学学报(自然科学版), 14, 2, 49, 1996.
- [8] 赵建幸 等; 氨基酸和生物资源, 17, 3, 29, 1995.

주체104(2015)년 7월 5일 원고접수

**Factors on the Hydrolysate Yield of Chicken Feather Protein
in the Microwave (MW) Hydrolysis by Hydrochloric
Acid(HCl) under Unenclosed Condition**

Sim Myong Su

On multiple regression analysis, the significant factors were the output of MW and the initial concentration of HCl, the time of MW heating, the initial volume of HCl, the content of chicken feather, the final concentration of HCl, the final volume of hydrolysate. With the use of domestic MW oven, according to the output of MW, the factor loadings of others were obviously changed. The comparatively suitable output of MW was 77% of the maximum and at this time the mode of MW heating was intermittent MW radiation. The initial concentration of HCl from 0.6 to 1.4mol/L was not an important factor and the higher output of MW, the weaker was the factor loading of the initial concentration of HCl.

Key words: microwave heating, HCl hydrolysis, protein, multiple regression analysis