KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL.
Vol. 18, *No.* 3 (1986)

Linear Programming을 이용한 소시지 최소가격배합비 작성시 부산물의 사용 가능성

이무하 · 김양하

한국과학기술원

The Possibility of By-Products Utilization in a Least-Cost Sausage Formulation using Linear Programming

Mooha Lee and Yang Ha Kim

Korea Advanced Institute of Science and Technology, Seoul

Abstract

The possibility of by-products utilization in a sausage formulation was studied using Linear Programming. Among constraints groups (1: moisture and meat content, 1+ heart, 1+ organ, 1+ head, 1+ heart + backfat, 1+ heart + organ, 1+ heart + head, 1+ heart + head + backfat), the group in which moisture and meat content, and the use of heart and organ were considered appeared to give the least-cost formulation. The groups where the use of backfat was considered resulted in higher-cost formulations. However, if the formulation contains binders and extenders such as vegetable proteins or milk proteins which are not limited in use under the Korean regulation, the result would be different from that obtained here.

서 론

Linear Programming (L.P.)을 이용할 수 있는 분야는 다양하다. 그 중에서 비용을 최소화하는 수단으로서 사료배합, 식품배합 및 식단작성에 용이하게 사용할 수 있다[1].

식품배합 분야에서의 L.P.의 이용은 식품원료의 기능성을 고려하지 않는 단순배합과 원료의 기능성까지 고려해 넣는 배합을 생각할 수 있다. 기능성을 고려하지 않는 최소가격배합 연구는 salad와 fruits cocktail[2], 아이스크림[3], 맥주[3], 저콜레스테롤 beef stew[1], snack blends[1], 경제적 마이오네즈[1], 곡류를 주성분으로 하는 식품의 영양가 균형[4] 등 다양하게 이루어졌고 또한 실제로 이용되고 있다. 그러나 식품재료의 기능성이 고려되어져야 하는 제품에서는 단순히 원료의 경제적 배합만으로는 최종제품의 품질을 보장할 수 없으므로 식품원료들의 기능성을 종류별로 수치화하여 고려해 넣어야 한다. 예를 들면, 빵에서는 원료가 loaf volume에 미치는 영향, 과자류에서는 spread : width ratio 및 puff volume이 고려되어 연구되어 졌다[4, 5, 6]. 소시지 배합에서는 원료육의 색깔 및 결착성[8, 9], 유화력 및 유화안정성이 고려되어[5, 7] 연구되어 왔으며, 최근에 Parks등[10]은 computer를 이용하여 최소가격배합비 작성시 사용될 수 있는 소시지 원료의 단백질 및 수분함량으로부터 결착치들을 예측하기 위해 기존의 결착치계수들을 비교 검토하였다.

본 연구에서는 식단작성시 사용된 computer program을 이용하여 소시지 최소가격배합비 작성시 원료육으로서 부산물의 활용이 가격에 미치는 영향을 조사하고자 하였다.

재료 및 방법

입력자료

computer program은 이무하[11]가 이용한 것을 사용하였다. 소시지 원료의 성분, 결착치, 색깔 및 가격은 Table 1과 같이 입력시켰고 성분은 Komarik등[12]이 제시한 것을 사용하였다. 결착계수중 Saffle의 것은 Parks등[10]이 제시한 원료육 분류별 회귀방정식을 이용하여 각 부위별 단백질함량에 의거 계산하였고, Anderson-Clifton의 것은 Komarik등[12]이 제시한 표에 의거하였다. Color는 Komarik등[12]이 제시한 것을 이용하였다.

국내에서는 아직 돼지고기의 가격은 부위별로 차이가 없고, 단지 등지방 및 두내장과의 차이만이 존재하기 때문에 소시지 원료의 가격은 국내 육가공회사에서 내부적으로 사용되는 부위별 중요도를 감안하여 임의로 책정하였다. 결과적으로 1985년 말 등지방 가격이 1, 두내장

Table 1. Characteristics of sausage ingredients from pork.[a]

Carcass part	Moisture (%)	Fat (%)	Protein (%)	Binding constant		Color[d]	Cost[e] (Won/kg)
				Saffle[b]	Anderson-Clifton[c]		
Liver	71.48	8.00	20.60	3.45	0	80.00	650
Spleen	68.85	15.00	15.90	0.31	0	60.00	650
Heart	67.32	17.00	15.30	12.90	30	85.00	650
Weasands	66.42	17.00	16.40	0.50	80	80.00	650
Ears	67.50	10.00	22.50	18.60	20	10.00	1,000
Snouts	66.95	15.00	17.90	23.00	10	45.00	1,000
Cheeks	67.46	15.00	17.80	23.60	70	65.00	1,000
Tongue	64.39	16.30	19.00	13.70	10	15.00	1,000
Lips	68.74	31.00	20.10	26.90	10	5.00	1,000
Skirt	55.38	30.00	14.20	11.90	45	50.00	1,500
Pork skin	39.62	32.00	28.30	15.20	20	5.00	700
Back-fat	16.09	80.00	4.20	4.29	30	20.00	500
Belly trimming	23.63	70.00	6.30	7.29	30	20.00	1,500
50% trimming	35.31	55.00	9.70	12.12	55	35.00	2,500
95% trimming	70.50	10.00	18.90	25.20	90	70.00	3,000
Jowl	23.44	70.00	6.30	7.29	35	20.00	1,500
Picnic	59.28	25.00	15.60	20.50	80	60.00	2,750
Ham	64.22	19.00	16.90	22.40	80	60.00	3,250

[a] Adopted from Komarik et al.[13]
[b] From regression equations for Saffle.[12]
[c] From Komarik et al.
[d] From Komarik et al.
[e] See text.

1.3, 햄부위 6.5, 어깨부위 5.5, 및 삼겹살 5로 책정되었다. 머리부위에서 나오는 고기의 가격은 총중량의 35%가 뼈임을 고려하여 돼지머리 가격에서 역산하였다.

제한조건

소시지 최소가격배합비 작성시 필요한 조건들은 국내 소시지 규격(고기함량 70%이상, 수분함량 70%이하)을 사용하였고, 경우에 따라 조건들을 추가하였다. 결착성의 조건은 Saffle의 것은 15이상, Anderson-Clifton의 것은 50이상으로 책정하였다. Color는 양쪽 모두 65이상으로 조건을 주었다.

부산물의 이용은 Table 2에서와 같이 8가지의 예를 시도하여 원료가격과 최대 수분첨가 가능량을 비교하였다. 본 연구에서는 향신료등 기타 첨가제의 비용은 고려하지 않았으며, 따라서 관능적인 요인은 전혀 고려되지 않았다.

결과 및 고찰

배합비의 원료구성 비교

제한조건을 달리한 8가지의 배합비간의 차이는 Table 3에서 보는 바와 같다. 국내규정인 수분과 고기함량만을 제한조건으로 주었을 경우(처리 1) 간이나 염통 등의 부산물 사용량이 제한되지 않았기 때문에 상당량의 염통이

Table 2. Constraints of treatment

Treatment	1	2	3	4	5	6	7	8
Constraints	Moisture Meat	Moisture Meat Heart	Moisture Meat Organ	Moisture Meat Head	Moisture Meat Heart Backfat	Moisture Meat Heart Organ	Moisture Meat Heart Head	Moisture Meat Heart Head Backfat

Table 3. Least-cost sausage formulations with various constraints. (Unit: *g*)

Treatments / Raw materials	1	2	3	4	5	6	7	8
Liver	99.5	54.7	29.85	—	—	54.7	24.9	—
Jowl	—	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5
95% Trimming	355.7	383.1	370.65	415.4	510.45	383.1	427.9	519.9
Picnic	141.8	114.4	126.9	82.1	—	114.4	69.6	—
Cheek	—	—	—	29.9	—	—	29.8	29.8
Weasand	—	—	—	—	24.9	—	—	—
Heart	303.5	248.8	273.6	273.6	248.8	248.8	248.8	243.8
Skirt	49.75	49.75	49.75	49.75	49.75	49.75	49.75	49.75
Belly trimming	49.75	49.75	49.75	49.75	36.8	49.75	49.75	27.4
Backfat	—	—	—	—	29.8	—	—	29.85
Total	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

사용되는 것을 알 수 있다. 그러나 실제로 외국 업계에서 사용되는 최대수준은 25%미만으므로 염통의 사용량을 최대 25%로 제한하여 본 결과(처리 2), 목살의 사용이 추가되고 간의 사용이 줄었다. 반면에 양질의 원료육(95% trimming)의 사용은 증가하였다. 염통을 제외한 내장육의 사용량을 최대 15%로 고려한 경우(처리 3)에도 결과는 처리 2의 경우와 비슷하였다. 머리고기 사용량을 최대 15%로 고려하였을 경우(처리 4)에는 상대적으로 양질의 원료육의 사용량이 더욱 증가하였다. 처리 5에서는 염통과 등지방 사용량(최대 15%)을 고려함으로써 양질의 원료육 사용이 처리 4에서 보다도 더욱 증가하였다. 이것은 결착력 및 색깔을 충족시키기 위한 예상된 결과이다. 염통과 내장육을 함께 고려한 경우에는(처리 6) 처리 2와 동일한 결과를 보이므로 염통만을 제한하여도 내장육 사용이 제한됨을 알 수 있다. 이것은 내장육이 원료육으로서의 기능적 특성 및 색깔이 떨어지고, 가격이 염통과 동일하기 때문인 것으로 사료된다. 그러나 머리고기와 염통을 함께 고려한 경우(처리 7)에는 처리 4(머리고기만 사용)와는 다른 결과를 보여준다. 이것은 머리고기의 가격이 내장육보다 비싸고 색깔이 열기때문에 처리 7에서 간의 사용이 추가되어진 것으로 생각된다. 모든 원료육 종류를 동시에 고려하였을 경우에는(처리 8), 처리 5와 단지 머리고기와 식도 및 기도의 사용만이 차이가 생겼음을 알 수 있다.

배합비의 성질 및 가격 비교

여러가지 원료육의 사용을 고려하여 작성된 배합비의 성질을 살펴보면(Table 4) 일반 조성분에서는 크게 차이가 없고, 결착계수나 색깔 및 고기함량도 주어진 제한조건에 상응한 결과를 보여준다. 결착계수의 경우 Saffle의 것이나 Anderson-Clifton의 것 모두 동일한 최종 배합비 및 배합비 성질을 보여주고 있어 두가지 중 어느 것이나

Table 4. Characteristics of the sausage formulations with various constraints

Treatments* / Items	1	2	3	4	5	6	7	8
Fat(%)	24.32	23.42	23.83	23.36	23.30	23.42	22.95	22.67
Protein(%)	15.30	15.68	15.51	15.57	15.63	15.68	15.75	15.80
Moisture(%)	60.48	61.02	60.77	61.16	61.13	61.02	61.40	61.60
Binding constant	17.55	17.16	17.34	18.16	17.89	17.16	17.98	18.69
Color	65	65	65	65	65	65	65	65
Meat content (%)	70	70	70	70	70	70	70	70
Cost (Won/*kg*)	1,962.6	1,969.5	1,966.4	1,988.1	2,013.3	1,969.5	1,991.3	2.038.0

See Table 2.

사용이 가능하다고 하겠다(본 결과에서는 Saffle의 것만 나타내었음). 가격면에서 보면 국내 규정만을 고려한 경우(처리 1)가 가장 저렴하였고 다음이 내장육을 사용한 경우(처리 3)이다. 그러나 처리 1과 3의 경우 염통사용량이 과다히 책정되는 결과를 가져오므로 처리 2와 6의 경우가 가장 최저비용이라고 말할 수 있겠다. 처리 5와 8의 경우에서처럼 등지방을 사용할 경우 가격의 상승이 유발되고 있는 것은 실제로 업계현실과 상반되고 있음을 알 수 있으나 본 연구에서는 식물성 단백질 첨가를 고려하지 않았기 때문에 당연한 결과라고 사료된다.

첨가 가능 수분량 비교

실제 소시지 배합시에는 지방유화가 안정되게 형성될 수만 있으면 열처리시 감량을 고려하여 수분을 추가로 첨가하는 것이 상례이다. 그러나 본 연구에서는 단지 규정에 의해 제한되는 수분함량만을 고려하여, 작성된 배합비간의 최대 수분첨가 가능량을 비교하였다(Table 5).

국내 규정에는 최대수분함량이 70%이므로 이에 상응하는 수분첨가 가능량은 처리 1에서 가장 높았고, 다음에 처리 3, 세번째로 처리 2와 6이었다. 그러나 위에서 언급한 바와 같이 처리 2와 6이 최소비용배합비로서 적합하므로 이들이 가장 경제적인 배합비가 될 수 있겠다. 미국의 규정을 따르면 수분함량 제한이 (단백질%×4+10)%를 초과할 수 없으므로 첨가될 수 있는 물의 량은 국내 규정에서보다 감소한다.

본 연구에서는 식물성 단백질들의 기능성이 아직 수치화된 기준이 없어 고려되지 못하였으므로 실제의 경우처럼 식물성 단백질이나 탄수화물 첨가제들이 사용된다면 더욱 안정된 제품을 저렴하게 생산할 수 있겠다. 국내 소시지제품의 일반성분 분석을 보면(Table 6), C회사의 경우 단백질 수준에 비해 수분함량이 높은 감이 있으나 모두 국내 규정에 상응하는 결과를 보여 준다. 결과적으로 소시지 배합비 작성시 내장육을 사용하는 것은 최종제품 품질에 큰 손상없이 최소가격배합을 수행할 수 있겠다. 또한 컴프터를 이용하여 소시지 배합비 작성시에는 회사내에 보유하고 있거나 구득이 가능한 고기원료들을 고려해 넣어 배합비를 작성할 수 있으므로 사용 원료종류에 대한 현실감을 가미할 수 있다.

요 약

소시지 배합시에 부산물의 사용가능성을 Linear Programming에 의해 조사하였다. 원료육 종류만을 고려하여 8가지의 제한조건 조합(①수분 및 고기함량, ①+염통, ①+내장육, ①+머리고기, ①+염통+등지방, ①+염통+내장육, ①+염통+머리고기, ①+염통+머리고기+등지방)에 의해 최소가격 배합을 시도하여 본 결과, 현실적으로 가장 경제적인 배합은 수분 및 고기함량과 염통 및 내장육 사용을 고려한 것으로 나타났다. 등지방의 사용을 고려하였을 경우가 가장 비싼 배합비를 초래하였다. 그러나 이러한 결과는 국내 규정에 제한이 없는 식물성 단백질 등 결착제 및 증량제를 첨가할 경우에 달라질 수

Table 5. Maximum amount of water to be added to the formulation without considering the moisture loss during cooking (unit:g/kg total weight)

Treatments	1	2	3	4	5	6	7	8
Under Korea regulations	317.3	299.3	307.7	291.7	295.7	299.3	286.7	280.0
Under U.S. regulations	119.1	130.0	125.2	123.5	126.5	130.0	128.8	128.8

Table 6. Proximate analysis of commercial Frankfurters in Korea (n=1)

Company	Moisture(%)	Protein(%)	Fat (%)	Carbohydrate and Ash (%)	Total
A	54.62	12.5	25.0	7.88	100
B	49.92	12.8	29.0	8.28	100
C	60.02	10.4	21.0	8.58	100

있다.

문 헌

1. Bender, F.E., Kramer, A. and Kahan, G.: *"System analysis for the food industry"*. AVI Pub. Co., Inc., Westport, CN (1976)
2. Skinner, R.H. and Debling, G.B.: *Food Manufacture*, Oct., 35(1969)
3. Dano, S.: *"Linear programming in industry*, 4th ed., Springer-Verlag/Wein, N.Y. (1974)
4. Cavins, J.F., Inglett, G.E. and Wall, J.S.: *Food Technol.*, **26** (6) 46 (1972)
5. Stark, A.L., Satterlee, L.D. and Kendrick, J.G.: *Food Prod. Devel.*, Sept., 38(1975)
6. Hsu, H.W., Satterlee, L.D. and Kendrick, J.G.: *Food Prod. Devel.*, Sept., 52(1977)
7. Hsu, H.W., Satterlee, L.D. and Kendrick, J.G.: *Food Prod. Devel.*, Oct., 70(1977)
8. Rust, R.E.: *"Sausage and processed meats manufacturing"*, AMI, Washington, D.C. (1976)
9. Pearson, A.M. and Tauber, F.W.: *"Processed meats"*, 2nd ed., AVI Pub.Co., Inc., Westport, CN(1984)
10. Parks, L.L., Carpenter, J.A., Rao, V.N.M. and Reagan, J.O.: *J. Food Sci.*, **50,** 1564 (1985)
11. 이무하 : 한국과학기술원보고서 BSK73-2311-5 (1985)
12. Komarik, S.L., Tressler, D.K. and Long, L.: *"Food products formulary. vol. 1. meats, poultry, fish, shellfish"*, AVI Pub. Co., Inc., Westport, CN, p. 35(1974)

(1986년 3월 8일 접수)