

ノート

最小二乗法によるハンバーガー原料の混合割合の推定

川 端 省 三*, 中 込 昇**

1 緒 言

牛肉の調製品は、その調製の程度によって、関税率表第2類、第16類又は第21類に分類されるが、これらは互いに税率が異なっている。また、牛肉及び牛肉又は豚肉の割合が高い調製品は輸入制限品目となっている。筆者らは牛肉に他の畜肉を混合した混合肉について、その分析法を検討してきたが¹⁾²⁾、最近、牛肉にたまねぎ、パン粉及び卵を混合したハンバーガー原料の輸入がみられるようになった。

ハンバーガー原料は、牛肉に他の野菜等を混合し、ミンチ状にしているので、その構成原料を選別定量することはできない。特定成分、例えばでん粉に着目して、その定量値からパン粉の割合を逆算することもできるが、他の原料についてはこのような特定成分を見出すことは困難である。また、一般的に特定成分から換算する方法は、実験誤差や原料の成分変動に由来する換算値の誤差が大きくなる。

ここでは、最小二乗法を用いて、ハンバーガー原料の混合割合を求める方法を検討した。また、牛肉の成分は肉の部位により様々であるが、最小二乗法を応用して、製品の分析値から原料牛肉の成分を推定する方法についても検討した。

2 実 験

脂肪含有量の異なる3種の牛肉(A, B, C)、生鮮たまねぎ、パン粉及び生鮮鶏卵は市販のものをを用い、これらをそれぞれ30, 43, 15, 12の割合で秤取し、ミキサ

ーで十分混合したものを製品(Products A,B,C)とした。各原料及び製品について、水分、粗たん白質、粗脂肪、灰分、直接還元糖分及び糖質を定量した。定量方法は次のとおりである。

水分：105℃乾燥による減量

粗たん白質：ケルダール法による窒素の定量値(%)に係数6.25を乗じた値

粗脂肪：ソックスレー抽出器によるエーテル抽出量

直接還元糖(D.S.)：ハーネス法による還元力をグルコースとして算出した値

糖質(Sugars)：2.25%塩酸分解物の還元力をハーネス法により求め、グルコースとして算出した値より、直接還元糖分を差引き、0.9を乗じた値。これらの定量結果をTable 1に示した。

Table 1 Analytical data

(%)	Moist	Protein	Fat	D.S.	Sugars	Ash
Onion	92.09	1.24	0.22	4.62	0.18	0.54
Bread C.	11.95	13.34	2.00	1.90	68.13	1.74
Egg	72.62	12.60	11.44	0.96	0.19	1.06
Beef A	61.59	19.26	19.40	1.00	0.48	0.90
B	60.13	18.99	21.96	1.00	0.48	0.92
C	54.01	16.62	29.52	1.00	0.48	0.77
Products A	68.55	10.14	7.41	2.79	10.22	0.92
B	68.29	9.81	8.30	2.78	10.67	0.94
C	65.57	9.15	10.14	2.76	10.07	0.93

3 結果及び考察

3・1 混合割合の推定方法³⁾

製品の分析値を S_n 、混合原料の分析値を A_{nk} 、混合割合

* 大蔵省関税中央分析所 271 千葉県松戸市岩瀬 531

** 横浜税関輸入部 231 横浜市中区海岸通 1-1

合を x_k とすると、これらの関係は次式で表わされる。

$$S_n = A_{nk} \cdot x_k + e_n \quad (1)$$

ただし、 $n=6$ (分析値の種類の数)、 $k=4$ (混合原料の数) 及び e_n は誤差である。

(1)式において、はじめに適当な近似値 x_k を用いたとき、 $\sum e_n^2 = \Phi$ を小さくする x_k の補正値を Δx_k とすると、 $\partial \Phi / \partial x = 0$ から次式が得られる。

$$\left(\sum_{n=1}^6 \Delta x_k \cdot A_{nk} \right) A_{nk} = \sum_{n=1}^6 e_n \cdot A_{nk} = 1 \quad (2)$$

(2)の正規方程式を解くと Δx_k が得られる。(1)式の x_k を $\sum x_k = 1$ の条件のもとに Δx_k によって補正し、再び(2)式より Δx_k を求める計算を繰り返し行えば、 $\sum e_n^2$ は最小値に収束する。このようにして得た収束値 x_k を、原料の混合割合の推定値とした。Table 2 は、Table 1 の分析値を用い、当初の混合割合を初期の x_k として計算を行った結果で、推定値は $\pm 0.6\%$ の範囲内で得られた。

Table 2 Mixed ratio estimated by least-squares method used analytical data cited in Table 1

%	Onion	Bread C.	Egg	Beef	$\sum e^2$
	43.0	15.0	12.0	30.0	
A	42.5	14.7	12.6	30.1	0.20
B	42.9	15.2	11.9	30.0	0.08
C	43.5	14.8	11.9	29.7	0.77

3・2 牛肉の成分

3・1の計算は、原料の分析値がすべて既知の場合であり、実際の輸入試料の場合は、このような計算はできない。たまねぎ、鶏卵及びパン粉は特殊なものを除き、成分の変動は小さいものと考えられるが、牛肉の成分は個体差、肉の部位による差が大きい。

香川ら⁴⁾の分析値によれば、牛肉の灰分及び糖質の割合はほぼ一定で、平均値はそれぞれ0.8%及び0.2%である。残りは水分、たん白質及び脂質であるが、たん白質と脂質の割合には相関があり、両者の関係はFig. 1のようになる。回帰式は $y = -3.59x + 86.34$ で表わされ、相関係数は -0.9520 である。このような関係は牛肉の個体差にかかわらず成立するものと考えられる。

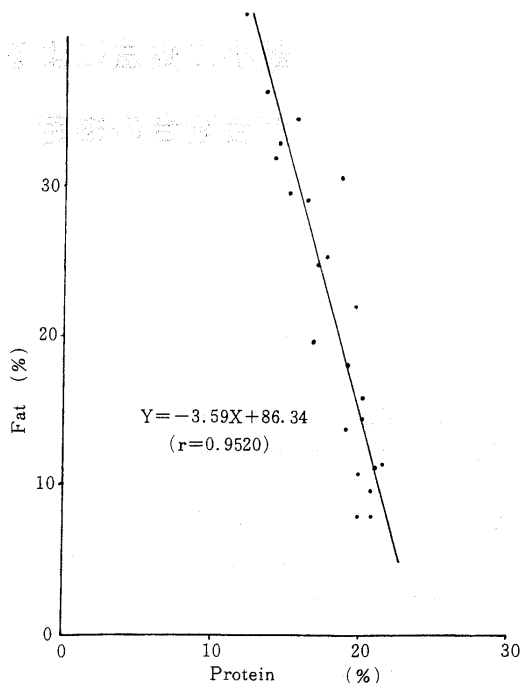


Fig. 1 Relationship between fat and protein content of beef according to the data analysed by Kagawa et al⁴⁾

3・3 文献値による計算

3・3・1 牛肉の成分の推定

食品の成分表としては、「日本食品標準成分表」⁵⁾が最もよく知られているとこの表に掲げられている成分値を用いて、混合割合の推定計算を行った。この表では、糖質は差引き法による値であり、また、直接還元糖分に相当する値が載せられていないので、これらの値は、Table 1の分析値を用いた。また、たまねぎの水分は89.1%とこの表に掲げられているが、実際試料との差が大きかったので92.0%として計算した。

牛肉の成分については、3・2に示した理由で、文献値を直接用いることはできない。そこで、牛肉の成分を0.8%、糖質を0.2%とし、たん白質及び糖質の値を適当に仮定し、残りを水分として $\sum e_n^2$ の値を求めた。製品Bについて $\sum e_n^2$ の分布を表わしたものがFig. 2である。 $\sum e_n^2$ の等高線はだ円状に分布している。

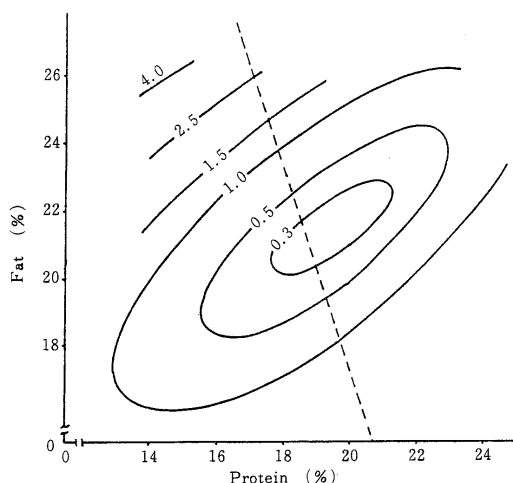


Fig. 2 Distribution curves of sum of squares of errors obtained by least-squares method as function of fat and protein component of beef. Broken line indicates the regression line of Fig.1.

このだ円の中心を牛肉の成分の推定値とした。Table 3 に示したように牛肉の成分の推定値は、分析値に近い値を示したが、水分については推定値と分析値との差がやや大きかった。これは、推定値が合計 100%となるようにしているのに対し、実際の分析値は 100%を超えることによるものと考えられる。このことについては今後検討したい。

Table 3 Estimated beef composition

(%)	Moist	Protein	Fat	D.S.	Sugars	Ash
A	60.5 (61.59)	19.0 (19.26)	19.5 (19.40)	0.0 (1.0)	0.2 (0.48)	0.8 (0.90)
B	58.0 (60.13)	19.5 (18.99)	21.5 (21.90)	0.0 (1.0)	0.2 (0.48)	0.8 (0.92)
C	50.0 (54.01)	18.5 (16.62)	29.0 (29.52)	0.0 (1.0)	0.2 (0.48)	0.8 (0.77)

() Analytical data

3・3・2 未知試料としての混合割合の推定

3・3・1で得た牛肉組成の推定値を用い、たまねぎ、鶏卵及びパン粉についても、3・3・1に記した値を用いて、製品の混合割合の推定計算を行った。Table. 4 及び Table. 5 及びこれから求めた製品の成分の計算値を示した。混合割合の推定値は ±1.7%の範囲内で得られ、製品の成分の計算値は実際の分析値とほぼ一致し、本法による推定結果は妥当なものと考えられる。

Table 4 Mixed ratio estimated by least-squares method used reference data

(%)	Onion	Bread C.	Egg	Beef
	43.0	15.0	12.0	30.0
A	42.5	14.7	12.6	30.1
B	42.0	14.1	13.5	30.4
C	44.7	13.9	10.8	30.6

Table 5 Calculated composition of products

(%)	Moist	Protein	Fat	D.S.	Sugars	Ash
A	68.73 (68.55)	9.73 (10.14)	7.86 (7.41)	2.35 (2.79)	10.29 (10.22)	0.77 (0.92)
B	67.90 (68.29)	9.74 (9.81)	8.30 (8.30)	2.40 (2.78)	10.60 (10.67)	0.76 (0.94)
C	66.14 (65.57)	9.23 (9.15)	10.46 (10.40)	2.46 (2.76)	10.19 (10.07)	0.75 (0.93)

() Analytical data

3・4 混合割合 x_k の初期値について

これまでの計算において、混合割合 x_k の初期値はすべて実際の混合割合を用いた。しかし、実際の混合割合とかけ離れた初期値を用いて計算を行った場合、推定値が誤った値に収束することも考えられる。

混合割合の近似値は、たまねぎ及びパン粉について Table 1 の直接還元糖分と糖質の分析値から概算すれば、たまねぎは 45%程度、パン粉は 15%程度と見積ることができる。牛肉と鶏卵については、互いに成分が似ているので、このような推定は困難である。そこで、たまねぎを 45%、パン粉を 15%として、牛肉と鶏卵

の割合を適当に仮定し、製品 A について、計算を行った。その結果、たまねぎとパン粉については $\pm 1.7\%$ の範囲で推定値が得られたが、牛肉と鶏卵についてはこの範囲はさらに大きくなった。すなわち、たまねぎ 45%、パン粉 15%、牛肉 28%及び鶏卵 11%を初期値とした場合、推定値はたまねぎ 41.3%、パン粉 14.6%、牛肉 28.3%及び鶏肉 15.8%となった。

本品の混合原料は、パン粉を除いていずれも水分が多く、また、牛肉と鶏卵は成分が互いに類似しているため、このような条件での計算はいわゆる悪条件の最小二乗法である、しかし、原料の混合割合が輸入者によりあらかじめ知られている場合、製造者の原料の仕込み量の妥当性を確認する手段として本法による計算は有効と考えられる。また、牛肉と鶏卵については、電気泳動法などにより両者の比をあらかじめ測定しておき、この比を x_k の補正計算に用いることも考えられるが、これらについては今後検討することとしたい。

4 要 約

牛肉 30%、たまねぎ 43%、パン粉 15%及び鶏卵 12%の割合で混合したハンバーガー原料の混合割合を、最小二乗法によって推定する方法を検討した。混合に用いた原料の実際の分析値をパラメーターとして計算した場合、混合割合は $\pm 0.6\%$ の範囲で得られた。牛肉の成分は、その部位によって大きく異なるが、最小二乗法による誤差の平方の和の分布を調べ、その最も小さい値を牛肉の成分の推定値とすることができた。この牛肉の成分の推定値及び各混合原料の文献値を用いて、混合割合を計算したところ、 $\pm 1.7\%$ の範囲で推定値が得られた。これらの計算において混合割合の初期値としては、調製したときの実際の混合割合を用いたが、牛肉と鶏卵の成分比は互いに類似しているため、初期値の採用法によっては、計算結果が異なってくることもあり、今後検討することとしたい。

文 献

- 1) 加藤時信, 川端省三, 出来三男: 本誌, **19**, 57 (1979).
- 2) 川端省三, 出来三男: 本誌, **20**, 71 (1980).
- 3) マージナマーフィー: “物理と化学のための数学Ⅱ” 共立出版, 567 (1963).
- 4) 香川綾編: “食品成分表” 女子栄養大学出版部 (1979).
- 5) 科学技術庁資源調査会編: “三訂日本標準食品成分表” (1976).

Estimation of Mixed Ratio of Uncooked Hamburger by Least-Squares Method

Shozo KAWABATA* and Noboru NAKAGOME**

* Central Customs Laboratory, Ministry of Finance,
531 Iwase, Matsudo-shi, Chiba-ken, 271 Japan

** Yokohama Customs, Import Division,
1-1 Kaigan-dori, Yokohama-shi, Kanagawa-ken, 231 Japan

A method of estimation of mixed ratio of uncooked hamburger was investigated by least-squares method.

Uncooked hamburger was made by blending with mixer following materials : beef 30%, fresh onion 43%, bread crumbs 15% and fresh egg 12%.

When the calculation was carried out with the analytical data as parameter of least-squares method, the mixed ratios were estimated in the values of $\pm 0.6\%$ of actual mixed ratios. Though beef has various composition according to its source, it could be estimated from the distribution of sum of squares of errors obtained by the calculation of least-squares method. With the values of the estimated beef composition and the reference data of onion, bread crumbs and fresh egg, the estimated values of mixed ratios were obtained in the range of $\pm 17\%$ of actual mixed ratios.

—Received Sep. 16, 1980—