

文章编号:1671-5497(2006)Suppl.2-0161-04

# 吉林杂交猪瘦肉率的主成分 回归分析估算

胡铁军<sup>1</sup>,孙永海<sup>2</sup>,张学强<sup>2</sup>,郭建<sup>3</sup>,王占博<sup>3</sup>

(1. 吉林大学 军需工程系, 长春 130062; 2. 吉林大学 生物与农业工程学院, 长春 130022; 3. 吉林省华正农牧业开发股份有限公司 技术部, 吉林 公主岭 136100)

**摘要:**在对69头吉林杂交猪的17个胴体参数进行调查分析的基础上,通过相关性分析,筛选出影响猪胴体瘦肉率的11个主要因素,并用主成分分析法优选出复合因子、眼肌面积因子和胴体品质因子3个主成分变量,构建了吉林杂交猪瘦肉率多元线性回归模型。通过对30头吉林杂交猪的胴体瘦肉率的测算,平均误差仅为3.41%,标准残差RSD为0.061。试验结果表明,该方法可以在实际生产中应用,适合对吉林二元杂交猪瘦肉率的估算。

**关键词:**食品加工技术;检测系统;瘦肉率;主成分分析;吉林杂交猪

中图分类号:TS251.7 文献标识码:A

## Estimation for cutability of crossbred jilin swine by principal component regress analysis

Hu Tie-jun<sup>1</sup>, Sun Yong-hai<sup>2</sup>, Zhang Xue-qiang<sup>2</sup>, Guo Jian<sup>3</sup>, Wang Zhan-bo<sup>3</sup>

(1. Department of Quartermaster Engineering, Jilin University, Changchun 130062, China; 2. College of Biological and Agricultural Engineering, Jilin University, Changchun 130022, China; 3. Technology Department, Jilin Huazheng Farming Development Ltd., Gongzhuling 136100, China)

**Abstract:** On the basis of investigation on 17 carcass parameters of 69 crossbred Jilin swine, 11 principal factors influencing the carcass cutability were found by the correlation analysis. Three principal component variables such as complex factor, loin eye area factor and carcass quality factor were chosen out by means of principal component analysis and a multiple linear regression analysis model for the cutability of crossbred Jilin swine was developed. The cutabilities of 30 crossbred Jilin swine were estimated by the model. The experiment results show that the mean error was only 3.41%, the residual standard deviation(RSD) was 0.061. The estimate method can be used in the pork production, which is especially suitable to the cutability estimation of the two-way-crossbred Jilin swine.

**Key words:** food processing technology; measurement system; cutability; principal component analysis; crossbred Jilin swine

收稿日期:2005-08-02.

基金项目:吉林省科技厅科技发展计划重大资助项目(20020212).

作者简介:胡铁军(1959-),男,教授.研究方向:肉类加工. E-mail:htj678@yahoo.com.cn

通讯联系人:孙永海(1956-),男,教授,博士生导师.研究方向:农产品品质智能检测. E-mail:sunyh@jlu.edu.cn

客观、准确地估算猪瘦肉率是屠宰加工企业最关心的热点问题,国内外专家学者曾对猪瘦肉率估算方法进行广泛研究<sup>[1-4]</sup>,其中多数采用逐步回归方法构建回归方程预测猪瘦肉率<sup>[1,3,4]</sup>。目前,吉林省屠宰企业多采用专业人员凭经验对猪瘦肉率进行估计,不同评定人员的评价结果有较大的差异。为了确保瘦肉率估算的客观性,作者对猪胴体瘦肉率的影响因素进行了相关性分析,采用主成分分析方法筛选主成分变量,结合多元回归分析,提出新的客观、准确的猪瘦肉率估算方法。

## 1 瘦肉率测定的方法

测定猪瘦肉率有两种方法,一是采用猪胴体剥离法,进行皮、脂、骨、肉的分离,然后计算瘦肉率;二是利用数学方程,从相关性状来预测瘦肉率<sup>[5]</sup>。前者计算所得瘦肉率准确度比较高,但需大量的人力和时间,受到操作者技术熟练程度与解剖技巧差异的影响,还会造成一定的成分损失,不适宜直接评定;后者较为简单实用,日益受到广泛的应用。

## 2 主参数的确定

本研究材料是华正瘦肉型猪,主要以二元杂交猪为主。通过胴体参数的提取,可以得到包括直接测量参数和组合参数等17组数据<sup>[6]</sup>。对其中的直接测量参数进行统计,得出它们的平均值、标准差、最大值和最小值如表1所示。

表1 胴体参数分析

Table 1 Carcass parameter analysis

参数	变量	平均值	标准差	最大值	最小值
胴体重/kg	$X_1$	63.31	7.78	81.0	49.0
胴体长/cm	$X_2$	94.60	4.48	105	86.5
前宽/cm	$X_3$	34.14	2.02	38.5	29.5
后宽/cm	$X_4$	27.18	2.03	31.0	25.0
背膘厚度/cm	$X_5$	3.05	0.52	4.2	2.1
腰脂厚度/cm	$X_6$	3.35	0.57	4.5	2.3
脂肪最厚/cm	$X_7$	4.39	0.65	5.8	3.1
三角肉脂肪/cm	$X_8$	3.60	0.65	5.4	2.4
眼肌面积/cm <sup>2</sup>	$X_9$	18.64	3.18	26.0	12.0
瘦肉率/%	$X_{10}$	53.85	4.29	61.5	57.0

从表1可以看出,吉林杂交猪胴体重为49 kg~81 kg,分布范围较大,具有代表性。对1~4等猪胴体分别进行的分析表明:1~4等猪平均瘦肉

率分别为60.78%、54.95%、53.13%和50.45%,差异较大,因此瘦肉率对于胴体等级评定是一个非常重要的指标<sup>[7]</sup>。

通过相关系数分析结果表明:胴体重与胴体长、前宽、后宽、背膘厚度、腰脂厚度以及胴体等级都是正相关的,而与其他各项参数相关性并不很大。胴体长与前宽、后宽、胴体重、三角肉处脂肪厚度和胴体等级呈正相关,与背膘厚度略微呈负相关,基本可以说保持不变。前宽和后宽与几乎所有的指标都呈正相关。除了背膘厚度、腰脂厚度、脂肪最厚和三角肉处脂肪厚度与瘦肉率呈负相关外,其他参数都与瘦肉率呈正相关。瘦肉率与胴体长和胴体重呈正相关,而与背膘厚度、腰脂厚度、脂肪最厚、三角肉处脂肪厚度和胴体等级都呈负相关。这与胴体等级评定的条件相符,也与瘦肉率的估计相符。瘦肉率与胴体重、背膘厚度和眼肌面积、背膘/眼肌面积、三角肉处脂肪厚度/眼肌面积、腰脂厚度/眼肌面积、胴体等级的相关性极为显著。而胴体等与瘦肉率和背膘厚度等的相关性也极为显著。用背膘厚度完全可以表征腰脂厚度、脂肪最厚和三角肉处脂肪厚度等3个参数的性状。

通过以上分析,本试验使用了最具代表性的11个性状进行瘦肉率主成分分析,分别为: $X_1$ (胴体重)、 $X_2$ (胴体长)、 $X_3$ (前宽)、 $X_4$ (后宽)、 $X_5$ (背膘厚度)、 $X_8$ (三角肉脂肪)、 $X_9$ (眼肌面积)、 $X_{11}$ (前宽/胴体长)、 $X_{12}$ (后宽/胴体长)、 $X_{13}$ (背膘/眼肌)和 $X_{16}$ (三角脂肪厚/眼肌)。

## 3 主成分分析

试验使用了胴体猪的11个性状,设对 $m$ 头猪分别测定 $q$ 个性状(本试验 $m$ 、 $q$ 分别为69、11),得到实测数据矩阵<sup>[8]</sup>

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1q} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2q} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mq} \end{bmatrix} \quad (1)$$

对各性状值做标准化变换

$$d_{kj} = (x_{kj} - \bar{x}_{.j})/s_j \quad (2)$$

$$k = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, q$$

其中

$$\bar{x}_{.j} = \sum_{k=1}^m x_{kj}/m$$

$$s_j^2 = \sum_{k=1}^m (x_{kj} - \bar{x}_{.j})^2/(m-1)$$

记变换后的数据矩阵为  $D$ , 则

$$D = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \cdots & d_{1q} \\ d_{21} & d_{22} & \cdots & d_{2q} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ d_{m1} & d_{m2} & \cdots & d_{mq} \end{bmatrix} \quad (3)$$

求出标准化矩阵  $D$  的协方差矩阵  $H$

$$H = E[(D - E(D))(D - E(D))^T] \quad (4)$$

再求出矩阵  $H$  的特征值  $\lambda_i, i = 1, 2, \dots, q$ 。

主成分为

$$Z_i = l_i^T D, i = 1, 2, \dots, q \quad (5)$$

式中:  $l_i$  为第  $i$  个主成分特征值对应的特征向量;  $D$  为样品原始数据标准化矩阵。

### 3.1 特征值及贡献率

主成分向量为:

$$Z = (X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_8, X_9, X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{16})$$

表 2 列出了各主要成分的特征值和贡献率, 并按贡献率的大小进行了排列。

表 2 主成分分析

Table 2 Principal component analysis

主成分	特征值/ $\lambda$	贡献率/%	累积贡献率/%
$Z_1$	3.931	35.735	35.7350
$Z_2$	2.730	24.816	60.5511
$Z_3$	1.592	14.476	75.0266
$Z_4$	1.004	9.125	84.1520
$Z_5$	0.773	7.027	91.1787
$Z_6$	0.435	3.957	95.1353
$Z_7$	0.287	2.610	97.7449
$Z_8$	0.216	1.967	99.7117
$Z_9$	0.027	0.243	99.9547
$Z_{10}$	0.004	0.036	99.9909
$Z_{11}$	0.001	0.009	100.0000

随着特征值的下降, 各主成分贡献率降低。特征值绝对值的大小反映了参数对该主成分贡献的大小。

### 3.2 特征值与特征向量

根据累积贡献率达到 85% 的要求, 选择前 5 个主成分, 累积贡献率为 91.179%。特征值和特征向量见表 3。

主成分  $Z_1$  的特征值为 3.931, 贡献率为 35.735%, 其特征向量以  $X_9$  为正值较大, 以  $X_1, X_3, X_4, X_5, X_8, X_{12}, X_{13}, X_{16}$  为负值较大, 可称为复合因子。主成分  $Z_2$  的特征值为 2.730, 贡献率为 24.816%, 其特征向量以  $X_1, X_2, X_3, X_4, X_9, X_{12}$  为

表 3 特征值和特征向量

Table 3 Eigenvalues and eigenvectors

性状	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$	$Z_5$
$X_1$	-0.211	0.447	0.248	-0.089	-0.114
$X_2$	-0.013	0.337	0.555	0.149	0.365
$X_3$	-0.307	0.294	0.084	0.004	0.333
$X_4$	-0.253	0.373	-0.354	0.201	0.320
$X_5$	-0.428	0.042	0.028	-0.177	-0.408
$X_8$	-0.436	0.014	0.116	-0.137	-0.346
$X_9$	0.173	0.484	-0.081	-0.303	-0.379
$X_{11}$	-0.078	-0.142	-0.059	-0.867	0.445
$X_{12}$	-0.225	0.151	-0.671	0.102	0.081
$X_{13}$	-0.412	-0.304	0.071	0.107	0.042
$X_{16}$	-0.408	-0.299	0.133	0.120	0.066
特征值 $\lambda$	3.931	2.730	1.592	1.004	0.773
贡献率/%	35.735	24.816	14.476	9.125	7.027
累积贡献率/%	35.735	60.551	75.027	84.152	91.179

正值较大, 而以  $X_{11}, X_{13}, X_{16}$  为负值较大。  $X_9$  为正值最大, 反映了眼肌面积的大小,  $Z_2$  可作为眼肌面积因子。主成分  $Z_3$  的特征值为 1.592, 贡献率为 14.476%, 其特征向量以  $X_1, X_2, X_{16}$  为正值较大, 而以  $X_4, X_{12}$  为负值较大。其中  $X_2$  为正值最大,  $Z_3$  可作为体长因子。主成分  $Z_4$  的特征值为 1.004, 贡献率为 9.125%, 其特征向量以  $X_2, X_4, X_{12}, X_{13}, X_{16}$  为正值较大, 而以  $X_5, X_8, X_9$  为负值较大。可以作为胴体品质因子。主成分  $Z_5$  的特征值为 0.773, 贡献率为 7.027%, 其特征向量以  $X_2, X_3, X_4, X_{11}$  为正值较大, 而以  $X_1, X_5, X_8, X_9$  为负值较大。可作为体形因子。

## 4 瘦肉率与主成分的相关性

瘦肉率与入选主成分的相关性系数如表 4 所示。从表 4 中可以看出, 主成分  $Z_1, Z_2, Z_4$  与胴体的瘦肉率相关性较大, 所以用这 3 个参数进行瘦肉率估算。

表 4 相关系数

Table 4 Correlation coefficients

主成分	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$	$Z_5$
相关系数	0.695	0.764	0.170	0.620	0.087

## 5 多元线性分析

本试验采用多元线性回归分析, 特征向量为

$$Z = (Z_1, Z_2, Z_4) \quad (6)$$

多元线性回归模型为

$$\hat{x}_{10} = b_0 + b_1 Z_1 + b_2 Z_2 + b_3 Z_4 + \varepsilon \quad (7)$$

式中: $b_0$ 、 $b_1$ 、 $b_2$ 、 $b_3$  为待定系数; $\varepsilon$  为随机干扰向量。

利用得到的数据( $Z_{1k}$ ,  $Z_{2k}$ ,  $Z_{4k}$ , 其中  $k = 1, 2, \dots, 69$ ) 进行多元线性回归分析。计算回归系数, 得到方程

$$\hat{x}_{10} = 46.4941 + 1.6403Z_1 + 0.6652Z_2 + 0.0122Z_4 \quad (8)$$

此多元线性回归方程自变量较少, 计算复相关系数为 0.8655 ( $P < 0.01$ ), 说明影响瘦肉率的主要因素都包括在其中, 并没有影响方程的可靠程度, 具有一定的实用性。

## 6 结果分析

用多元线性回归方程(8)计算出 30 头猪的估测值、平均误差、标准残差 RSD、均数离差和显著性检验(T 检验)等参数, 见表 5。

表 5 预报与实测结果对比

Table 5 Comparison of predicted and real data

实测值	预报值	均数离差	平均误差/%	RSD	T 检验
54.8	54.3	0.5	3.41	0.061	$P > 0.05$

表 5 表明, 平均误差为 3.41%, 满足小于 5% 的要求, 测试总体标准残差  $RSD = 0.061$ , 满足  $RSD < 2.0$  的要求, 且预报值的群体均数与实际均数无明显差异 ( $P > 0.05$ ), 证明该多元线性回归方程满足精度要求。

## 7 结束语

经主成分分析筛选出复合因子( $Z_1$ )、眼肌面积因子( $Z_2$ )、体长因子( $Z_3$ )、胴体品质因子( $Z_4$ )、体形因子( $Z_5$ )等 5 个主成分, 在此基础上, 找出与瘦肉率相关较大的因子  $Z_1$ 、 $Z_2$ 、 $Z_4$ , 并以此作为多元线性回归的 3 个变量。用得到的多元线性回归方程对 30 头吉林杂交猪进行估算, 其平均误差为 3.41%, 标准残差  $RSD = 0.061$ , 且预报群体均数值与实际均数无明显差异 ( $P > 0.05$ ), 试验表明, 该方法能够较为准确地测定吉林杂交猪瘦肉率。

### 参考文献:

[1] Fortin A, Tong A K W, Robert W M. A novel ap-

proach to grading pork carcass: computer vision and ultrasound[J]. Meat Science, 2003, 63(4): 451-462.

[2] Garrido M D, Pedauye J. On-line methods for pork quality detection[J]. Food Control, 1995, 2(6): 111-113.

[3] 张书松, 杨国勋, 任广志. 杜洛克猪胴体瘦肉量估测方法的研究[J]. 河南农业大学学报, 1995, 29(3): 282-285.

Zhang Shu-song, Yang Guo-xun, Ren Guang-zhi. Study of estimating methods for Duluoke pork carcass cutability[J]. Journal of Henan Agricultural University, 1995, 29(3): 282-285.

[4] 金访中, 黄瑞华, 王松均, 等. 长白猪胴体组成与瘦肉率的关系[J]. 南京农业大学学报, 2000, 23(1): 55-57.

Jin Fang-zhong, Huang Rui-hua, Wang Song-jun, et al. Relation of Changbai pork carcass structure and cutability[J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 2000, 23(1): 55-57.

[5] 张惠林, 刘小林. 多元回归估计关中黑猪胴体瘦肉量的研究[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2001, 29(2): 47-50.

Zhang Hui-lin, Liu Xiao-lin. Study of the estimation on cutability of Guanzhong black pork carcass by multi-regress analysis[J]. Journal of Northwest Sci-Tech University of Agricultural and Forest (Natural Science Edition), 2001, 29(2): 47-50.

[6] 罗明, 朱砾. 屠宰加工线上瘦肉型猪胴体瘦肉率估测方法的研究[J]. 四川农业大学学报, 2002, 20(2): 153-155.

Luo Ming, Zhu Li. Study of estimating methods of cutability of lean pork carcass[J]. Journal of Sichun Agricultural University, 2002, 20(2): 153-155.

[7] Goodson K J, Miller R K. Carcass traits, muscle characteristics, and palatability attributes of lambs expressing the callipyge phenotype[J]. Meat Science, 2001, 58: 381-387.

[8] 张学强. 吉林省优质猪胴体等级评定系统的研究与开发[D]. 长春: 吉林大学生物与农业工程学院, 2004.

Zhang Xue-qiang. Study and development of a grading system for pork carcass in Jilin[D]. Changchun: College of Biological and Agricultural Engineering, Jilin University, 2004.