

中国商品猪胴体瘦肉率预测模型的建立^{*}

李业国^{1a, 1b}, 汤晓艳^{1b, 2}, 高峰^{1a}, 周光宏^{1b}

(1 南京农业大学 a 动物科技学院; b 农业部农畜产品加工与质量控制重点开放实验室, 江苏 南京 210095;

2 中国农业科学院 农业质量标准与检测技术研究所, 北京 100081)

[摘 要] 为在生猪屠宰线上较快地预测胴体瘦肉率, 实现按瘦肉率大小对猪胴体进行等级划分, 构建优质优价的收购体系, 研究测定了325头5~8月龄不同类型阉割商品猪的热胴体重和背膘厚, 并根据实际分割肉块重对瘦肉率进行了计算, 以瘦肉率为因变量, 热胴体重和背膘厚为自变量, 采用 SAS 8.2 软件建立了商品猪胴体瘦肉率预测方程, 并对其中的最优回归方程进行了诊断和准确性检验。结果表明, 所建立的最优回归方程能较好的拟合商品猪的胴体瘦肉率。

[关键词] 猪胴体; 瘦肉率预测; 预测模型

[中图分类号] TS251.7

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2006)10-0027-05

中国是猪肉生产第一大国, 但不是猪肉生产强国。随着人们生活水平的提高, 养猪生产发生了从数量型到质量型的转变, 猪肉消费发生了从脂肪型到瘦肉型的变化。猪热胴体重和瘦肉产量直接决定了猪胴体的商业价值^[1], 各国的分级标准也是根据胴体瘦肉率的不同将猪胴体划分为不同的等级; 瘦肉率一般是利用探针等分级工具测量胴体的某一位置或某几个位置, 然后根据设定的模型进行预测^[2-3]。对猪胴体进行分级可以使饲养者和屠宰加工者之间买卖公平, 增加市场的透明度, 促进优质优价市场制度的建立, 给消费者提供更加安全、优质的猪肉产品, 还可以促进猪育种技术的发展及饲养管理水平的提高^[4]。

加拿大、欧盟、美国等养猪发达国家都有比较完善的猪胴体分级体系, 而中国的猪胴体分级体系尚未建立。为此, 本研究对中国商品猪胴体分级指标进行了筛选, 以期建立一个适合我国国情的猪胴体瘦肉率在线快速预测模型, 为猪胴体在线分级及以质论价的实现提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 试验动物

从河南、山西、陕西、湖南、湖北、四川等地选购阉割商品猪325头(试验猪类型包括土猪72头、土杂

95头、良种62头、良种96头, 5~8月龄, 未考虑其具体品种及基因型), 试验于2005-07~2005-08在河南漯河双汇实业集团下属屠宰场进行。

1.2 胴体性状指标测定方法

采用现代屠宰加工工艺按生猪屠宰操作规范^[5]进行屠宰, 现场跟踪测量各项指标。

1.2.1 热胴体重 指去头、蹄、尾、皮(机械剥皮, 去皮厚度5 mm)、内脏、板油及修整后的两片热鲜胴体重。

1.2.2 冷胴体重 热胴体经0~4℃冷却24 h后的重量。

1.2.3 背膘厚及肉厚 称重后的热胴体打入红白条车间, 用钢性直尺(最小刻度0.5 mm)测量左半胴体颈胸结合处、3~4肋、6~7肋、倒数3~4肋、末肋、腰荐结合处、9~13肋最薄膘、F、M(肉厚)及X处等10点的背膘厚度及肉厚。

其中, 9~13肋最薄膘厚是参考日本猪半胴体分级标准^[6]中所测量的位置; F表示臀中肌处垂直背中线的最薄膘厚, M指臀中肌末端到脊髓管边缘处距离, 这是参考欧盟分级方法^[7]中一种ZP技术所采用的2个指标(图1); X指半胴体腰椎部腰部瘦肉前端膘厚最大处, 是参考加拿大猪胴体产量分级标准^[8]所测量的位置(图2)。

^{*} [收稿日期] 2005-10-26

[基金项目] 国家科技攻关项目“肉制品加工关键技术研发与新产品开发”(2001BA501A11); 江苏省科技攻关项目(BE2004314); 江苏省攻关招标项目(BS2002051)

[作者简介] 李业国(1978-), 男, 山东沂南人, 硕士, 主要从事营养与畜产品品质控制研究。

[通讯作者] 周光宏(1960-), 男, 江苏扬州人, 教授, 博士生导师, 主要从事肉品加工及质量控制研究。

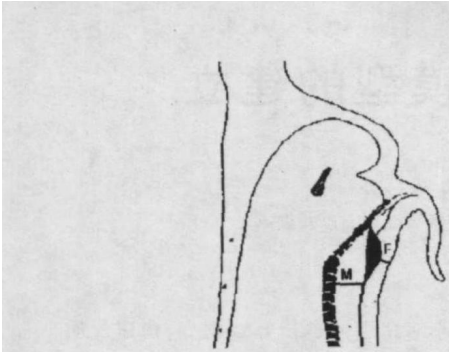


图1 猪胴体F、M两测量点的位置
Fig.1 F,M position for measurement



图2 猪胴体X测量点的位置
Fig.2 X position for measurement

1.2.4 瘦肉量 按商业方式分割^[9],包括颈背肌肉(I号肉)、前腿肌肉(II号肉)、大排肌肉(III号肉)、后腿肌肉(IV号肉)、小里脊(V号肉)、肋腹肉(五花肉),下颚垂肉(槽头)、有颈前排、胸腔骨、膈肌角、尾骨及寸骨上的瘦肉按照一定比例换算(分别含瘦肉22%,41%,50%,40%,28%和78%)。则瘦肉量(kg)=I+II+III+IV+V+槽头×0.22+有颈前排×0.41+胸腔骨×0.5+膈肌角×0.4+尾骨×0.28+寸骨×0.78。

1.2.5 瘦肉率 按公式“瘦肉率=瘦肉量/冷胴体重×100%”计算。

1.3 数据处理

运用SA S 8.2软件对数据进行统计分析。其中采用A nlyst→Statistics→Descript ive→Summary Statistics,Correlations 等过程对数据进行均值及Pearson 相关性分析,采用A nlyst→Statistics→Re-gression→L inear 中的R-square,Full model 等方法对数据进行回归分析,并对“最优”预测模型进行了

两样本均值(实测值与预测值)的t 检验。

2 结果与分析

2.1 试验猪各胴体性状的基本统计量

表1 表明,商品猪胴体平均瘦肉率为(56.42±7.03)%,平均热胴体重为(58.49±9.62) kg;商品猪的平均膘厚为(19.47±6.94)~(36.69±8.41) mm。背膘厚度(不含9~13肋最薄膘厚)从第1肋到末肋有逐渐变薄的趋势,此后又开始逐渐增厚至X点,X点与腰荐区域膘厚先下降后增大;各测量点中颈胸结合处的背膘最厚,最薄处为9~13肋之间的位置。但总体来看,沿脊椎骨方向(第1块胸椎到荐椎)背膘厚度有下降的趋势。M点肉厚度的平均值为(59.01±7.50) mm,与国外相比其值偏小^[7],表明中国商品猪胴体此处的肉较薄,臀部丰满程度不够好。所有性状的变异程度较大,这与中国商品猪类型复杂多样、饲养管理水平差异较大有关。

表1 商品猪胴体性状的基本统计

Table 1 Descriptive statistics of carcass characteristics of swine

指标 Index	样本量 N	最大值 Max	最小值 Min	平均值 Mean±SD
瘦肉率(y)/% Lean percentage	325	71.13	39.58	56.42±7.03
热胴体重(x ₁)/kg Hot carcass weight	325	93.28	35.28	58.49±9.62
颈胸膘厚(x ₂)/mm Backfat neck & thorax	325	60.00	17.00	36.69±8.41
3~4肋膘厚(x ₃)/mm Backfat ribs 3 & 4	325	60.00	12.00	34.52±8.99
6~7肋膘厚(x ₄)/mm Backfat ribs 6 & 7	325	54.00	9.00	28.96±8.62
倒数3~4肋膘厚(x ₅)/mm Backfat 3rd & 4th last ribs	325	42.00	4.00	21.66±7.40
末肋膘厚(x ₆)/mm Backfat last rib	325	41.00	4.00	21.53±7.11
腰荐膘厚(x ₇)/mm Backfat sacrum & lumbar vertebra	325	48.00	3.00	22.01±9.57
9~13肋最薄膘厚(x ₈)/mm M in backfat ribs 9~13	325	41.00	3.00	19.47±6.94
F点膘厚(x ₉)/mm Backfat of F	305	44.00	3.00	20.14±8.81
M处肉厚(x ₁₀)/mm Thickness of M	305	80.00	39.00	59.01±7.50
X点膘厚(x ₁₁)/mm Backfat of X	278	51.00	14.00	29.80±7.40

2.2 试验猪胴体各性状间的相关性分析

表2 表明,所测9点的膘厚与胴体瘦肉率之间呈

极显著负相关($P < 0.0001$),这与庞勇等^[10]的报道一致。其中,与胴体瘦肉率相关性最强的是F处膘厚

(相关系数达- 0.9035), 其次是腰荐膘厚和 3~ 4 肋膘厚(相关系数分别为- 0.90045 和- 0.84692)。9~ 13 肋最薄膘厚及 X 处膘厚与胴体瘦肉率之间的相关系数分别为- 0.8151 和- 0.789; 热胴体重与瘦肉率显著负相关($P < 0.05$), 与其他指标间呈极显著正相关($P < 0.0001$), 其中与 M 处的相关性最强, 达 0.59817; M 处肉厚度与瘦肉率呈极显著正相关($P < 0.0001$)。各点背膘厚度之间存在极强的正相关($P < 0.0001$); M 点肉厚度除与末肋膘厚度间相关性不显著外, 与其他点膘厚度之间均存在显著性相关($P < 0.05$), 但其相关系数的绝对值偏小。

表 2 商品猪胴体指标的表型相关系数

Table 2 Pearson correlation coefficients of carcasses indexes of swine												
胴体指标 标记 Notation	y	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11
y	1.00000	- 0.11335*	- 0.83072***	- 0.84692***	- 0.82926***	- 0.83666***	- 0.79709***	- 0.90045***	- 0.8151***	- 0.90353***	0.48480***	- 0.789***
x1		1.00000	0.29372***	0.34701***	0.36403***	0.35913***	0.41482***	0.25504***	0.36839***	0.2748***	0.59817***	0.40538***
x2			1.00000	0.90137***	0.84501***	0.82054***	0.79847***	0.83317***	0.80468***	0.80827***	- 0.21955***	0.75915***
x3				1.00000	0.95623***	0.89175***	0.87698***	0.87981***	0.87235***	0.86223***	- 0.1896**	0.83349***
x4					1.00000	0.90858***	0.89056***	0.87275***	0.88406***	0.85446***	- 0.15935**	0.83105***
x5						1.00000	0.94168***	0.88667***	0.95453***	0.8648***	- 0.13966*	0.87661***
x6							1.00000	0.87815***	0.94531***	0.86095***	- 0.06981	0.89516***
x7								1.00000	0.88188***	0.9899***	- 0.29893***	0.89607***
x8									1.00000	0.8632***	- 0.12302*	0.86083***
F9										1.00000	- 0.30544***	0.8885***
x10											1.00000	- 0.10739
x11												1.00000

注: *表示 $P < 0.05$; **表示 $P < 0.01$; ***表示 $P < 0.0001$ 。
Note: * Represents $P < 0.05$; ** represents $P < 0.01$; *** represents $P < 0.0001$.

2.3 猪胴体瘦肉率的线性回归方程的预测及比较

采用 SAS 线性回归中的 R^2 选择法(R-square), 确定最佳预测因变量的不同自变量个数的子集(考虑到实际可操作性, 子集中最多包含 3 个需要直尺

测量的自变量), 然后应用全回归模型(Full model)对不同的自变量进行回归分析, 从中挑选具有统计学意义(模型及偏回归系数都具有统计学意义)且有代表性的模型进行比较, 结果见表 3。

表 3 预测猪胴体瘦肉率的回归方程的比较

Table 3 Comparison of regression equations which estimated the lean percentage of pig carcasses						
方程 Equations	自变量 Variables	回归模型 Regression models	判定系数 R^2	校正判定系数 Adj R^2	RM SE	
1	x7	$y = 70.977 - 0.6616x_7$	0.8108	0.8102	3.06301	
2	x1, x7	$y = 66.172 + 0.0909x_1 - 0.6849x_7$	0.8253	0.8242	2.94816	
3	x9	$y = 70.5 - 0.6585x_9$	0.8164	0.8158	2.75751	
4	x1, x9	$y = 66.914 + 0.0682x_1 - 0.6789x_9$	0.8259	0.8247	2.68943	
5	x7, x10	$y = 57.742 - 0.5871x_7 + 0.2023x_{10}$	0.8651	0.8642	2.36706	
6	x1, x7, x10	$y = 56.806 - 0.1054x_1 - 0.5316x_7 + 0.3029x_{10}$	0.8753	0.8741	2.27971	
7	x9, x10	$y = 57.822 - 0.6073x_9 + 0.1973x_{10}$	0.8645	0.8636	2.37298	
8	x1, x9, x10	$y = 56.885 - 0.1032x_1 - 0.5507x_9 + 0.2964x_{10}$	0.8742	0.8729	2.29013	
9	x2, x9, x10	$y = 61.94 - 0.2173x_2 - 0.4438x_9 + 0.2044x_{10}$	0.8905	0.8894	2.13643	
10	x1, x2, x9, x10	$y = 60.928 - 0.0738x_1 - 0.1993x_2 - 0.4169x_9 + 0.2747x_{10}$	0.8953	0.8939	2.09269	
11	x2, x7, x10	$y = 61.716 - 0.2112x_2 - 0.4323x_7 + 0.2083x_{10}$	0.8890	0.8879	2.15058	
12	x1, x2, x7, x10	$y = 60.665 - 0.0776x_1 - 0.192x_2 - 0.4055x_7 + 0.2819x_{10}$	0.8944	0.8930	2.10180	

表 3 表明, 方程中的变量越多, 模型的判定系数越大, 按照欧共体猪胴体分级标准^[11]关于瘦肉率预测方程中 $R^2 > 0.8$ 和 RM SE < 2.5 的要求, 除方程 1, 2, 3, 4 不能满足外, 其他方程均符合该要求。采用直尺只测量 1 点背膘厚所得的瘦肉率预测方程达不到

欧共体的分级要求; 而测量 2 点(不含热胴体重)所得的预测模型较好(方程 5, 6, 7, 8), 其中以方程 6 最好($R^2 = 0.8753$, RM SE = 2.27971); 虽然 3 点(不含热胴体重)测量所得的预测模型(方程 9, 10, 11, 12)优于 2 点测量所得模型, 但考虑到实际应用时会

额外增加劳动量,比较费时费力。因此,笔者认为方程6,即 $y = 56\,806 - 0\,105\,4x_1 - 0\,531\,6x_7 + 0\,302\,9x_{10}$ 为“最优”瘦肉率预测回归模型,此方程既满足欧盟分级时对瘦肉率预测模型的要求,又较易操作,可行性强。

2.4 最优回归方程的诊断

将试验所收集的各试验猪相应指标数据代入回归方程,进行回归诊断,发现305头试验猪中只有13头猪的标准化估计残差大于2,且试验猪总体的平均误差项标准差的估计为2.279 71,证明此回归模型具有较高的精确性。

图3表明,残差分布是完全随机的,确定的回归方程没有违反方程齐性、误差项不相关的假设理论,而且分布图中88.5%的试验点落在(-1.5, 1.5)之间,说明所得的多元线性回归模型是可靠的,其预测结果较为准确。Cook D检验发现有19个有影响的试验点,说明可能还存在能更好拟合此数据的模型,但也可能是异常观测点,其与所取的样本量多少有关。共线性诊断结果表明,方差膨胀因子(VIF)小于10,说明自变量之间不存在共线性,所得的模型是稳定的。

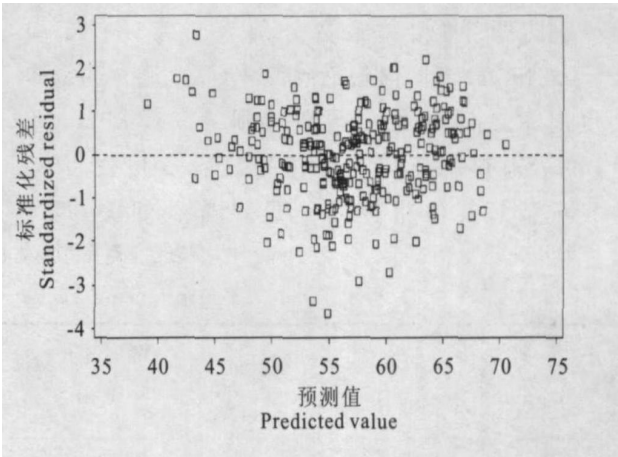


图3 标准化残差分布散点图

Fig 3 Scatter plots of standardized residual distribution

2.5 最优回归方程的准确性检验

为了验证所得回归模型在实际生产中的可靠程度,在线随机选取54头猪胴体进行了测量和分割。表4是实测值与预测值的统计结果,两样本的t检验表明: $t = 0.341, P = 0.7336 > 0.05$,说明方程预测的平均值与实测平均值间的差异不显著,可见所得模型的预测准确度较高,结果可靠。

表4 猪胴体瘦肉率实测值与最优回归方程预测值的比较

Table 4 Simple statistics of actual and predicted value about lean percentage

项目 Item	样本量 N	瘦肉率/% Lean percentage		
		最大值 Max	最小值 Min	平均值 Mean±SD
实测值 Actual value	54	71.93	39.56	56.70±6.13
预测值 Predicted value	54	67.29	36.87	56.30±6.16

3 小结与结论

本研究发现,中国商品猪胴体平均瘦肉率为(56.42±7.03)%,平均热胴体重为(58.49±9.62)kg;平均膘厚在(19.47±6.94)mm(9~3肋最薄膘厚)与(36.69±8.41)mm(颈胸膘厚)之间;背膘与胴体瘦肉率之间存在极强的负相关($P < 0.0001$)。中国商品猪屠宰性状的变异程度较大,表明中国商品猪类型存在复杂多样性。

本研究结果表明,能较好预测中国商品猪胴体瘦肉率的方程为: $y = 56\,806 - 0\,105\,4x_1 -$

$0\,531\,6x_7 + 0\,302\,9x_{10}$ ($R^2 = 0.8753$, $RMSE = 2.27971$),在实际生产中只需要用直尺测量腰荐背膘厚(x_7)、M厚度(x_{10})2个(x_1 代表热胴体重,在生产过程中电脑会自动记录其热胴体重)指标的数值就能较准确地预测该胴体的瘦肉率。应用此模型操作简单、费用低,在不破坏胴体商业价值的前提下可以对猪胴体进行等级划分,并按照不同等级进行定价,易为屠宰场所接受。但需要指出的是,在操作过程中需要对分级人员进行正规培训,以减少人为误差。

[参考文献]

[1] Gazette Du Canada Hog carcass grading regulation[J]. Canada Gazette, 1986, 120: 1657-1667.
[2] Daumas G, Dhorne T. Teneur en viande maigre des carcasses de porc Évaluation et estimation[J]. Journées de la Recherche Porcine en

- France, 1997, 29: 411-418
- [3] Pomar C, Fortin A, Marcoux M. Estimation of lean yield of pork carcasses based on different methodologies measuring fat and muscle depth[EB/OL]. [2005-10-12]. <http://res2.agr.ca/lennoxville/pubs/snout2000/resumesgroin/2000/resumes-e.htm>.
- [4] Jernimo Antonio F, Ávero, Antnio Louren o Guidoni Regulation and stanardization of swine carcass grading in Brazil-positive aspects and restraints[C]. Second International Virtual Conference on Pork Quality, 2001: 1-6
- [5] 中国标准出版社第一编辑室. 中国食品工业标准汇编—肉、禽、蛋及其制品卷[S]. 2版. 北京: 中国标准出版社, 2003: 88-93
- [6] 周光宏. 肉品学[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1997: 273
- [7] Marjeta Candek-potokar, Milena Kovač, Spela Malovrh. Slovenian experience in pig carcass classification according to SEUROP during the years 1996 to 2004[J]. Journal central European Agriculture, 2004, 5(4): 323-330
- [8] Dave Wasylshen. 加拿大农业及农业食品部加拿大猪胴体分级制度[EB/OL]. (2004-05-12) [2005-10-20]. <http://www.ccag.com.cn/chinese/technical-info/tech-livestock/tech-swine/tech-swine-grading-cn.htm>.
- [9] 国家标准化管理委员会. 中国强制性国家标准汇编—食品卷1[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003: 79-83
- [10] 庞勇, 胡铁军, 王占博, 等. PIC猪胴体瘦肉率的回归预测研究[J]. 肉类工业, 2004(4): 28-31
- [11] Official Journal of the European Union. Council Regulation (EEC) No 3220/84 of 13 November 1984 determining the Community scale for grading pig carcasses as amended by Commission Regulation (EEC) No 3530/86 of 24 November 1986 and No 3513/93 of 14 December 1993 [EB/OL]. (1994-07-01) [2005-10-01]. http://europa.eu.int/smartapi/cgi/sga_doc?smartapi!celexdoc!Prod!CELEXnumdoc&lg=EN&numdoc=31984R3220&model=guicheti

Establishment of prediction model of the lean percentage of swine carcasses in China

LI Ye-guo^{a,b}, TANG Xiao-yan^{a,b}, GAO Feng^a, ZHOU Guang-hong^b

(a College of Animal Science and Technology; b Key Laboratory of Agricultural and Animal Products Processing and Quality Control,

Ministry of Agriculture, Nanjing Agriculture University, Nanjing, Jiangsu 210095, China;

c Institute of Quality Standards & Testing Technology for Agricultural Products,

Chinese Academy of Agricultural Science, Beijing 100081, China)

Abstract: In order to know the lean percentage of pig carcasses as soon as possible on the slaughtering line, to rank pig carcasses on the basis of the lean percentage and to pay for pig carcasses according to its quality, this study assessed carcass' lean percentage (y) calibration equation, and measured indexes were used for pig carcasses grading. 325 samples aged from 5 months to 8 months were selected in this study. The usual predictors were used: hot carcass weight, backfat of different parts and other characteristics measured on each carcass with ruler. By commercial cutting, multiple regression analysis of dissectible lean meat on linear form based on the variables with different indexes was performed by SAS (SAS version 8.2). The results suggest that the sixth equation is the best multiple linear regression prediction model, with R^2 0.8753 and RMSE 2.27971.

Key words: pig carcass; lean percentage prediction; prediction model