利用质构值对火腿肠进行分级的研究

赵改名[1]，郝红涛[1,2]，田 玮[3]，李苗云[1]，黄现青[1]，柳艳霞[1]
(1.河南农业大学食品科学技术学院，河南 郑州 450002；2.河南永达集团康食源食品有限公司，河南 鹤壁 458030；
3.河南农业大学牧医工程学院，河南 郑州 450002)

摘 要：探讨建立火腿肠的质构标准及利用质构值判别火腿肠的等级。通过测定火腿肠质构特性的感官得分和质构值，利用感官得分点对应参照样品的质构值及通过建立以感官得分为自变量，质构值为因变量的线性回归方程，确立硬度、脆性、黏着性、弹性、内聚性和咀嚼性的标准范围；同时以不同品牌火腿肠的质构值为基础建立Fisher线性判别方程。在特定的测试条件下，特级火腿肠的硬度、脆性、黏着性、弹性、内聚性和咀嚼性值范围分别为8690.162～9357.137g、8929.995～10963.274g、－102.467～－35.005g、0.836～0.951、0.226～0.279和1766.990～2232.348g；优级火腿肠对应质构值范围分别为7441.334～9188.980g、6700.973～8929.995g、－102.467～－66.644g、0.741～0.833、0.200～0.247和1368.863～1737.272g；普通级火腿肠对应质构值范围分别为6734.754～8690.162g、4441.556～6700.973g、－257.264～－159.397g、0.633～0.698、0.148～0.183和736.838～951.339g；利用线性判别方程对不同品牌火腿肠等级判别的正确率为94.5%。所建立的各等级火腿肠的质构标准范围及Fisher线性判别方程可以应用于该类产品的开发及质量评价等。

关键词：质构；感官评定；分级；火腿肠

Grade Identification of Sausages Based on Instrumental Texture Parameters

ZHAO Gai-ming[1]，HAO Hong-tao[1,2]，TIAN Wei[3]，LI Miao-yun[1]，HUANG Xian-qing[1]，LIU Yan-xia[1]
(1. College of Food Science and Technology, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China；
2. Kangshiyuan Food Co. Ltd. of Yongda Group, Hebi 458030, China；
3. College of Animal Husbandry and Veterinary Medicine, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract：In this study, texture standards for sausage grading were proposed and validated. Both sensory scores and textural values of texture characteristics were measured. The standard ranges of hardness, frangibility, adhesiveness, springiness, cohesiveness and chewiness were established based on the developed linear regression equations for sensory scores as a function of corresponding textural values. Fisher linear functions were obtained based on the instrumental texture characteristics of different sausage brands. Under the specific testing conditions, the hardness, frangibility, adhesiveness, springiness, cohesiveness and chewiness standard ranges of premium ham sausages were 8690.162 to 9357.137 g, 8929.995 to10963.274 g, －102.467 to －35.005 g, 0.836 to 0.951, 0.226 to 0.279 and 1766.990 to 2232.348 g, respectively. In addition, these parameters of excellent sausages were 7441.334 to 9188.980 g, 6700.973 to 8929.995 g, －102.467 to －66.644 g, 0.741 to 0.833, 0.200 to 0.247 and 1368.863 to 1737.272 g, and there parameters of ordinary sausages were 6734.754 to 8690.162 g, 4441.556 to 6700.973 g, －257.264 to －159.397g, 0.633 to 0.698, 0.148 to 0.183 and 736.838 to 951.339 g. All the Fisher linear functions exhibited an accuracy higher than 94.5% in grade discrimination of different sausage brands. These results indicated that the established textural value standards and functions could be used to guide product development and quality evaluation of sausages.

Key words：texture；sensory evaluation；identification；sausage
中图分类号：TS251.7 文献标志码：A 文章编号：1002-6630(2013)07-0028-06

质构特性如硬度、脆性、黏着性和弹性等是一种感官特性，反映食品的物理性质(主要是力学特性)和组织结构，是构成食品品质的重要因子。近年来，随着人们在食品保健和营养方面的意识增强，食品着味正逐步趋向于接近自然风味的淡味[1-2]，因此，质构特性对食品品质的影响显得尤为重要。多年来国内外一直沿用感官评

收稿日期：2012-02-14
基金项目：“十一五”国家科技支撑计划项目(2007BAD70B02)
作者简介：赵改名(1965—)，男，教授，博士，研究方向为肉类加工与产品质量控制技术。E-mail：gmzhao@126.com

定方法评价质构特性，但由于感官评定的影响因素除了食品本身的色、香、味、质、形外，与感官评定人员的嗜好、情绪、健康状况等不稳定因素有关，人为误差较大，存在一定的缺陷，不利于科学研究和标准化生产，如何建立一种客观、科学的评价方法来评定产品质量等级大小是科研工作者的研究内容和关注的焦点，而这方面的研究成果国内外还鲜有报道。

通过仪器测量物理性质以反映制品质构，能够弥补感官评价的缺陷，逐渐成为质构测量的发展方向[3-5]。物性仪的普及使用[6-8]，不仅为学者进行相关研究提供了便捷，更能把反映质构特性的相关指标值从抽象变为具体。由于对质构特性的研究不够深入[9]，以及在食品行业及相应的标准法规中缺少质构指标与感官指标的对应数据参数和不同产品的质构标准，目前的质构测定结果主要反映在质构仪的实际效用和评价某一类食品的质构特性方面，而并未在品质评定等方面得到实际应用，通过建立一种食品分级的方法，能快速、准确地检测出某一产品的质量等级，能更好地服务于食品工业的发展。因此，有必要开展对食品分级方法方面的研究。

选取火腿肠为材料，测定火腿肠质构的感官得分和机械测定值并建立二者之间的联系，以质构的感官特性为基础，研究利用质构值对火腿肠进行分级的方法。火腿肠分级方法的建立，不仅在利用质构值评价其产品质量等级及产品开发等方面具有重要意义，也为其他类食品分级方法的建立提供思路和参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

火腿肠(高温乳化型)由某一知名肉类制品加工企业A生产；灌肠为实验室自主开发产品。

感官评定室；TA-XT2i物性分析仪　英国SMS公司。

1.2 方法

1.2.1 火腿肠质构感官特性的测定

感官评定采用专家型评审方式，感官评定在食品感评室完成，室内温度为22℃。感官评定小组由24人组成，年龄分布22～42岁不等。为了减少从测定到形成概念之间的许多因素如嗜好与偏爱对检验结果的影响，采用双盲法检验，对样品进行密码编号(采用3位随机数字)，检验样品随机化。评定时由感官评定成员单独进行，相互不接触交流，每个样品评定前用清水漱口。感官评定时样品规格为厚度为12mm，直径为25mm的圆柱体。

1.2.2 火腿肠质构值的测定[10]

采用TA-XT2i质构仪在环境温度为22℃的条件下测定。质构仪(TPA)测定条件：P50探头；测前、测试和测后速率分别为2、0.8、0.8mm/s；测定间隔时间5s；压缩比75%。TPA结果采用仪器自带宏程序TPA-macro分析。质构值测定时样品规格为厚度为12mm，直径为25mm的圆柱体。

1.2.3 各等级火腿肠质构值范围的准确性验证

测定企业A 20个生产批次不同等级火腿肠的质构值及感官得分，检验质构标准的准确性，同时测定其他肉类企业B、C、D共10个批次的火腿肠，检验质构标准的适用范围。准确率表示受试样本的质构值在所确立质构值范围的个数占总受试样本个数的比率。

1.3 数据分析

利用Excel作图，考察质构感官的分值分布，依据感官得分分布特点得出硬度、脆性和黏着性的质构值范围；利用SPSS10.0统计分析软件进行以感官得分为自变量、质构值为因变量的线性回归分析，得出弹性、内聚性和咀嚼性的质构范围。

2 结果与分析

2.1 各等级火腿肠硬度、脆性和黏着性值范围的确立

按照硬度、脆性和黏着性的感官评定方法[11]对火腿肠进行感官评定，得出各等级火腿肠硬度、脆性和黏着性的感官得分及频数分布，感官评定方法中各参照样品的质构值见表1。

表1 按硬度、脆性和黏着性配方制得灌肠的质构值($\bar{x}\pm s$)

Table 1 Instrumental hardness, frangibility and adhesiveness of sausages ($\bar{x}\pm s$)

g

配方编号	硬度	脆性	黏着性
1	9752.459±395.322[a]	11401.290±438.016[a]	−53.095±18.090[a]
2	8939.573±249.411[b]	9351.232±421.377[b]	−74.732±18.088[b]
3	7078.044±363.290[c]	7018.374±317.441[c]	−116.826±14.359[c]
4	6008.563±320.243[d]	4620.644±179.088[d]	−180.148±20.751[d]
5	3965.774±229.161[e]	3386.571±155.390[e]	−287.867±30.603[e]

注：同列肩标字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

依据感官评定方法，当感官得分为奇数时，其对应的质构值类同于参照样品的质构值，当感官得分为偶数时，其对应的质构值大于该参照样品，小于比其高一梯度的参照样品的质构值。结合各参照样品的质构值确定不同等级火腿肠的硬度、脆性和黏着性范围。

由图1可知，普通级、优级和特级火腿肠硬度的感官得分主要集中在5～6、6～7、7～8分。结合硬度的感官评定标准可知，当硬度感官得分为5分时，其对应的质构值是按配方3制作的灌肠的硬度值(7078.044±363.290)g，其范围是6734.754～7441.334g；当感官得分为6分时，其对应的质构值介于按配方3制作的灌肠的硬度值的上限7441.334g和按配方2制作的灌肠的硬度值(8939.573±249.411)g的下限8690.162g之间。故当普

通级火腿肠的硬度感官得分分布在5～6分，其对应的质构值范围为6734.754～8690.162g。同理，优级和特级火腿肠的硬度值范围分别为7441.334～9188.980g和8690.162～9357.137g，3个等级火腿肠的硬度范围有交叉。脆性和黏着性值范围的建立方法与硬度值的建立方法相同。

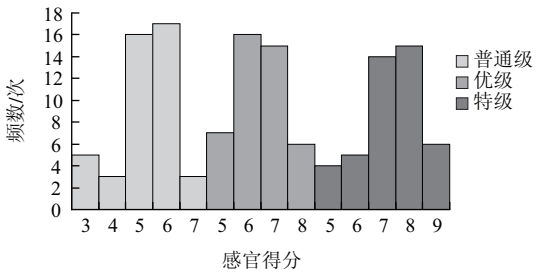


图1 不同等级火腿肠硬度的感官得分分布

Fig.1 Sensory hardness distribution of different grades of sausages

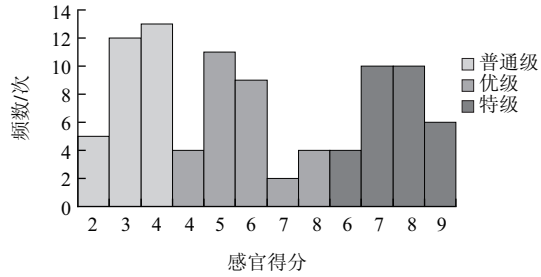


图2 不同等级火腿肠脆性的感官得分分布

Fig.2 Sensory frangibility distribution of different grades of sausages

由图2可知，普通级、优级和特级火腿肠硬度的感官得分主要集中在3～4、5～6、7～8分，结合表1和图2，其对应的脆性值范围分别是：4441.556～6700.973g、6700.973～8929.995g、8929.995～10963.274g。

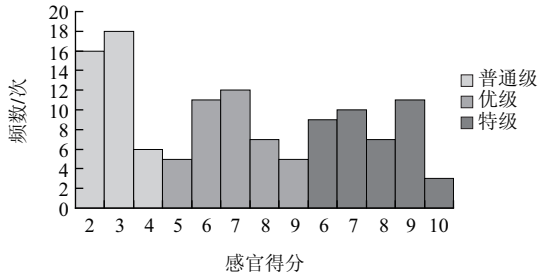


图3 不同等级火腿肠黏着性的感官得分分布

Fig.3 Sensory adhesiveness distribution of different grades of sausages

由图3可知，普通级、优级和特级火腿肠的黏着性感官得分主要集中在2～3、6～7、6～9分，分值分布较分散，得出其黏着性值范围分别是：－257.264～－159.397g、－102.467～－66.644g、－102.467～－35.005g，在特级和优级间出现了交叉。

2.2 各等级火腿肠弹性、内聚性和咀嚼性值范围的确立

弹性评分标准参考李素云等[12]的方法并做了适当改进，内聚性和咀嚼性评分标准的制定采用间接方法[13]，通过一些人为易于感知的方式进行评价。弹性、内聚性和咀嚼性质构值范围是通过建立以感官评分为自变量、质构值为因变量的回归方程进行确定，各回归方程自变量系数和常数项及其显著性检验见表2，得到的方程为$Z=aX+b$(其中Z表示质构值，a表示自变量系数，b表示常数项系数，X表示感官得分)。根据a、b的置信区间的上、下限建立分别表示质构值上、下限的方程，通过把感官得分代入质构值上、下限回归方程确立弹性、内聚性和咀嚼性的质构值范围。

表2 弹性、内聚性和咀嚼性回归方程的系数及其检验结果

Table 2 The coefficients and test results of regression equations for springiness, cohesiveness and chewiness

指标	R	R^2_{Adj}	自变量		自变量系数置信区间		常数项		常数项系数置信区间	
			回归系数	显著性检验	下限	上限	回归系数	显著性检验	下限	上限
弹性	0.915	0.835	0.0404	$P<0.01$	0.036	0.045	0.584	$P<0.01$	0.561	0.608
内聚性	0.921	0.846	0.0291	$P<0.01$	0.026	0.032	0.107	$P<0.01$	0.096	0.119
咀嚼性	0.917	0.839	558.252	$P<0.01$	497.658	618.845	−144.017	$P>0.05$	−321.540	33.505

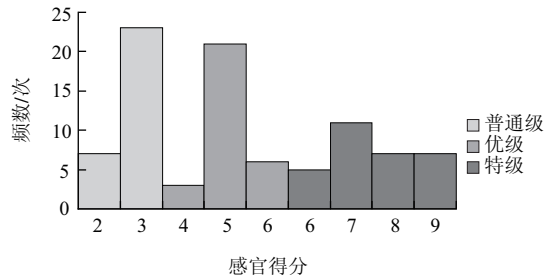


图4 不同等级火腿肠弹性的感官得分分布

Fig.4 Sensory springiness distribution of different grades of sausages

根据上述方程建立的方法得到的弹性值上、下限方程分别为：$Z_1=0.045X_1+0.608$；$Z_2=0.036X_1+0.561$(式中Z_1、Z_2代表弹性值，X_1代表弹性感官得分)。从图4可以看出，特级肠的弹性感官主要集中在7～8分，求其平均值7.625，代入具有95%置信范围的回归方程，得出特级肠弹性范围为0.836～0.951。同理，优级肠的弹性感官主要集中在5分，普通级的弹性感官主要集中在2分，按上述方法得出优级肠弹性范围为0.741～0.833，普通级为0.633～0.698。

以上述方法得到表征内聚性值上、下限回归方程分别为：$Z_3=0.032X_2+0.119$；$Z_4=0.026X_2+0.096$，式中：Z_3、Z_4代表内聚性值，X_2代表内聚性感官得分。

由图5可知，特级肠的内聚性感官主要集中在5分，优级肠的内聚性感官主要集中在4分，普通级的内聚性感官主要集中在2分，分别代入具有95%置信范围的回归方程，得出各等级火腿肠内聚性范围，其中特级肠为0.226～0.279，优级肠为0.200～0.247，普通级为0.148～0.183，在特级和优级间出现了交叉。

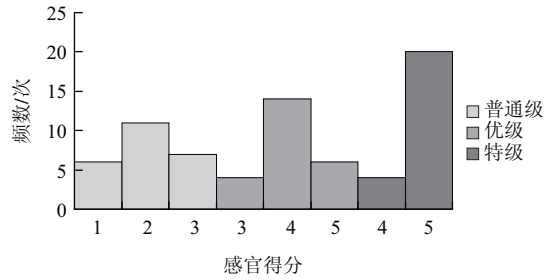


图5 不同等级火腿肠内聚性的感官得分分布

Fig.5 Sensory cohesiveness distribution of different grades of sausages

由表2中对回归方程系数显著性检验可知，常数项的置信水平为0.1101(P＞0.05)，常数项不显著，且在利用回归方程得出的咀嚼性值明显大于各参照样品的质构值，故在计算时考虑不去除常数项。由此得到的表征咀嚼性值上、下限方程为Z_5=618.845X_3－144.017；Z_6=497.658X_3－144.017，式中Z_5、Z_6代表内聚性值，X_3代表内聚性感官得分。

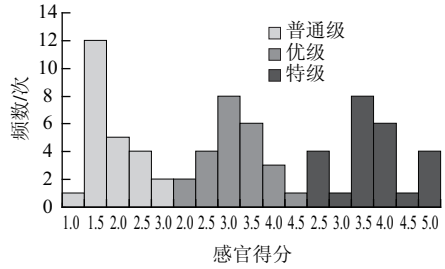


图6 不同等级火腿肠咀嚼性的感官得分分布

Fig.6 Sensory chewiness distribution of of different grades of sausages

由图6可知，特级肠的咀嚼性感官主要集中在3.5～4.0分，求其平均值3.84分；优级肠的咀嚼性感官主要集中在3.0～3.5分，求其平均值3.04分；普通级的咀嚼性感官主要集中在1.5～2.0分，求其平均值1.77分。代入方程得出特级、优级和普通级火腿肠的咀嚼性范围分别是1766.990～2232.348g、1368.863～1737.272g、736.838～951.339g。

2.3 各等级火腿肠质构值范围准确性及应用范围的验证

为了验证所建立的各等级火腿肠质构范围的准确性及其使用范围，抽取A企业20个批次的不同等级的火腿肠和B、C、D企业共10个批次的火腿肠检验，检验结果见表3。企业特级火腿肠的黏着性、弹性、内聚性和咀嚼性值均在所得到的标准范围，仅是硬度值和脆性值稍有偏差，其准确性分别为85%和90%。所调查的20个批次的优级火腿肠其硬度、脆性和黏着性皆符合所得到的标准，弹性、内聚性和咀嚼性值符合标准的比率分别为85%、95%和90%。普通级火腿肠除硬度和脆性全部符合标准外，黏着性、弹性、内聚性和咀嚼性符合所得到标准的比率分别为90%、85%、95%和85%。总体上来讲，所得到的各等级火腿肠的质构值范围在区分火腿肠等级方面有较好的准确性，可以借鉴作为该企业区分火腿肠等级的方法，并用来指导火腿肠等产品的研究开发。从该方法的适用范围来看，企业B优级火腿肠的质构值除硬度外基本上符合所确立的质构值范围，普通级火腿肠的质构值仅是黏着性在所确立质构值范围内。企业C特级肠的质构值除了黏着性符合、硬度和内聚性值基本符合质构值范围标准外，其他质构值皆不在所对应质构值范围内，而优级肠的各质构值几乎全部符合。企业D普通级火腿肠的质构值皆在所对应质构值范围内。

表3 不同企业火腿肠质构值符合质构标准的比率

Table 3 The percentage of sausages from different brands in accordance with the texture standards

%

企业编号	级别	硬度	脆性	黏着性	弹性	内聚性	咀嚼性
A	特级	85	90	100	100	100	100
	优级	100	100	100	85	95	90
	普通级	100	100	90	85	95	85
B	优级	25	50	75	75	75	50
	普通级	0	0	100	0	0	0
C	特级	50	0	100	0	50	0
	优级	100	100	80	100	100	100
D	普通级	100	100	100	100	100	100

表4 不同企业火腿肠质构特性感官得分分布

Table 4 Sensory texture score distribution of sausages from different brands

企业编号	级别	硬度	脆性	黏着性	弹性	内聚性	咀嚼性
A	特级	7～8	7～8	6～9	7～8	5	3.5～4.0
	优级	6～7	5～6	6～7	5	4	3.0～3.5
	普通级	5～6	3～4	2～3	2	2	1.5～2.0
B	优级	6～7	6	5～6	5～6	4	3.0
	普通级	7～8	6～7	3	4～5	3	3.0
C	特级	7	5～6	7	5～6	4	3.0～3.5
	优级	7	6	6	4～5	3～4	3.0～3.5
D	普通级	5～6	3～4	2～3	2	2	1.5～2.0

通过对各企业火腿肠的质构特性进行感官评定并以此作为质构值是否符合各等级火腿肠质构值范围的参考，由表4可知，企业B普通级火腿肠和企业C特级火腿肠的质构感官得分与企业A差别较大，企业B、C优级火腿肠和企业D普通级火腿肠的质构感官得分与企业A基本相符，这与质构值的差异性趋势一致。

2.4 火腿肠等级判别方程的建立及应用

当火腿肠的质构值正好处于交叉值范围时，就不易区分火腿肠的等级，会限制该标准在实际生产中的应用。因此，有必要综合质构值建立能够包含各质构特性信息的判别方法。本研究综合各企业不同批次火腿肠的质构值，利用SPSS统计建立了Fisher线性判别方程，

用于区分火腿肠的等级。其中：Y_1=0.066X_4+0.026X_5－1.316X_6+2062.795X_7+3933.459X_8－0.588X_9－1270.152；Y_2=0.069X_4－0.023X_5－1.285X_6+2062.224X_7+4050.930X_8－0.603X_9－1268.820；Y_3=0.074X_4+0.023X_5－1.368X_6+2025.211X_7+4001.763X_8－0.617X_9－1274.327，式中：Y_1、Y_2和Y_3分别代表特级、优级和普通级，X_4、X_5、X_6、X_7、X_8和X_9分别代表硬度、脆性、黏着性、弹性、内聚性和咀嚼性值。其判别样品等级的方法为：将未知样品的各项质构指标值代入上面各判别方程计算函数值，得值最大者代表的级别即为未知样品的等级。

表5 利用Fisher线性判别方程对火腿肠等级的判别结果

Table 5 Grade identification of sausages by the Fisher linear equations

等级类别	批次	判别类别			正确分类	准确率/%
		特级	优级	普通级		
特级	24	21	3	0	21	87.50
优级	25	1	24	0	24	96.00
普通级	26	0	0	26	26	100.00
总计	75	22	27	26	71	94.50

由表5可知，利用判别方程在区分火腿肠等级时，对各企业普通级火腿肠的判别正确率达到了100%，对特级和优级火腿肠的判别正确率分别为87.5%和96%，总准确率到达94.5%，总体上来说，判别准确度较高，这说明利用Fisher线性判别方程能较好地判别火腿肠的等级。

3 讨 论

火腿肠是肉糜类制品中的一个典型食品种类，其以营养丰富、食用方便、风味独特以及便于携带和保存而深受消费者欢迎。火腿肠依据理化指标[14]主要划分为特级、优级和普通级3个等级，其中特级产品规定水分含量≤70%、蛋白质含量≥12%、淀粉含量≤6%；优级产品规定水分含量≤67%、蛋白质含量≥11%、淀粉含量≤8%；普通级产品规定水分含量≤64%、蛋白质含量≥10%、淀粉含量≤10%。水分、蛋白质和淀粉含量是决定产品凝胶强度大小的主要因子，而质构特性与制品的凝胶强度直接相关[15]，是消费者评价火腿肠等肉糜类制品质量好坏的重要参考依据之一。火腿肠的质构值主要包括硬度、脆性、黏着性、弹性、内聚性和咀嚼性[12]，其中硬度、脆性和黏着性通过感官易于感知，但区分不同梯度的硬度、脆性和黏着性间的差别难度很大，通过在不同梯度质构特性点上找出具有该质构特性或与该质构特性接近的参照样品，克服了人为感官不易区分不同梯度的某一质构特性方面的问题。弹性、内聚性和咀嚼性不能通过感官直接感知，在实际感官评定中人为误差较大，故利用间接方法对其感官评价，通过这套相对完整的食品质地感官评定的定量分析基础资料，就可方便普通实验室对感官评定小组成员的培训，从而提高食品质构感官评定的精确性，并可直接应用于食品工业生产中进行产品质量的控制。

有研究认为，一些肉类制品质构的感官得分与机械测定值之间存在较强的相关性[16-17]，作者在前期的研究中也发现，各质构指标与其感官得分均在0.01水平上呈极显著相关[16]。通过两者相关性的分析，建立二者之间的联系，从而使质构的各项指标得到量化。本研究通过测定火腿肠的感官得分和质构值，得出各等级火腿肠质构的感官得分分布，根据感官得分分布得出其对应的质构值，进而确定不同等级火腿肠的质构值范围，质构值范围的确立可以考虑作为划分产品等级的方法加以应用。

从对不同企业的不同等级火腿肠质构值的验证实验结果可以看出，A企业大部分批次的火腿肠的质构值符合此范围，且不同等级的火腿肠在某一质构特性方面符合所建立质构值范围的准确率不尽相同。从质构特性的感官得分分布图可以看出，利用感官评分判别样品等级时，3个等级间出现了得分交叉。这可能与样品的质量均一性不一致有关，也可能与三者间的凝胶强度相差不大有关[18-19]，由此引起的3个等级火腿肠间的质构特性差异不明显而造成的感官评定难度较大以及人为误差是制约其判别准确性的重要因素。企业B的普通级和企业C的特级火腿肠的质构值与所建质构值范围(企业A)差异较大，参照该火腿肠质构的感官得分可以看出，出现差异较大的原因可能是该企业火腿肠的质构方面的质量品质与其标签上的等级不符，限制了利用质构标准区分该企业火腿肠等级的准确度。

通过对所建立的3个等级火腿肠质构值范围在区分火腿肠等级方面的准确性及适用范围的研究可以看出，当火腿肠的质构值正好处于交叉值范围时，就不易区分火腿肠的等级，会限制该方法在实际生产中的应用，且该方法的建立主要是以企业A的火腿肠产品为参照制定，用其在区分该企业火腿肠等级时有较高的准确性，但在用于区分其他企业产品的等级时，误差相对较大。因此，有必要找到一种适合多家企业区分火腿肠等级的通用方法，郝红涛等[11,20]在研究中发现，用两个或多个质构特性指标共同反映火腿肠的等级时，其准确率大大提高，且涉及的指标越多，判别准确性越高。鉴于此，本研究综合各个质构值建立区分火腿肠等级的判别方法，即得到的Fisher线性判别方程，在利用判别方程区分火腿肠等级时，有较好的判别准确度，总体准确率达到94.5%，在判别特级和优级火腿肠时略有误差，其主要原因并非是所建立质构值范围的准确性低，也可能是非A企业的产品质量存在缺陷。因此，可以考虑将此运用到火腿肠等产品的实际生产及质量控制方面。

综上所述，所建立的不同等级火腿肠的质构值范围及Fisher线性判别方程在判定火腿肠的等级方面有较高的

准确度，在肉类工业实际生产中能够实现客观方法代替主观方法的变革，提高经济效率，促进肉类工业科学水平的发展。

4 结 论

在环境温度22℃、测试速率0.8mm/s、压缩比75%的测试条件下，特级火腿肠的硬度、脆性、黏着性、弹性、内聚性和咀嚼性值范围分别为：8690.162～9357.137g、8929.995～10963.274g、－102.467～－35.005g、0.836～0.951、0.226～0.279和1766.990～2232.348g；优级火腿肠对应质构值范围分别为：7441.334～9188.980g、6700.973～8929.995g、－102.467～－66.644g、0.741～0.833、0.200～0.247和1368.863～1737.272g；普通级火腿肠对应质构值范围分别为：6734.754～8690.162g、4441.556～6700.973g、－257.264～－159.397g、0.633～0.698、0.148～0.183和736.838～951.339g。所建立的不同等级火腿肠的质构值范围及Fisher线性判别方程在判定火腿肠的等级方面有较高的准确度。

参考文献：

[1] GARCÍA-GARCÍA E, TOTOSAUS A. Low-fat sodium-reduced sausages: effect of the interaction between locust bean gum, potato starch and κ-carrageenan by a mixture design approach[J]. Meat Science, 2008, 78: 406-413.

[2] TOTOSAUS A, PREZ-CHABELA M L. Textural properties and microstructure of low-fat and sodium-reduced meat batters formulated with gellan gum and dicationic salts[J]. LWT-Food Science and Technology, 2009, 42: 566-569.

[3] HANSEN S, HANSEN T, AASLYNG M D, et al. Sensory and instrumental analysis of longitudinal and transverse textural variation in pork *longissimus dorsi*[J]. Meat Science, 2004, 68: 611-629.

[4] PEACHEY B M, PURCHAS R W, DUIZER L M. Relationships between sensory and objective measures of meat tenderness of beef *m. longissimus thoracis* from bulls and steers[J]. Meat Science, 2002, 60: 211-218.

[5] CAINE W R, AALHUS J L, BEST D R, et al. Relationship of texture profile analysis and Warner-Bratzler shear force with sensory characteristics of beef rib steaks[J]. Meat Science, 2003, 64: 333-339.

[6] 梁辉, 戴志远. 物性分析仪在食品质构测定方面的应用[J]. 食品研究与开发, 2006, 27(4): 119-121.

[7] GORDON A. Studying comminuted meat products using corroborative techniques[J]. Food Research International, 1993, 26(3): 209-216.

[8] DUIZER L M, GULLET E A, FINDLAY C J. The relationship between sensory time-intensity, physiological electromyography and instrumental texture profile analysis measurements of beef tenderness[J]. Meat Science, 1996, 42(2): 215-224.

[9] 郝红涛, 赵改名, 柳艳霞, 等. 肉类制品的质构特性及其研究进展[J]. 食品与机械, 2009, 25(3): 125-128.

[10] 郝红涛, 柳艳霞, 李苗云, 等. 压缩比对火腿肠制品TPA特性的影响[J]. 食品科学, 2010, 31(7): 10-13.

[11] 郝红涛, 赵改名, 柳艳霞, 等. 利用硬度、脆性和黏着性对火腿肠等级的判别分析研究[J]. 中国农业科学, 2010, 43(10): 2182-2188.

[12] 李素云, 杨留枝, 王璐. 新型胡萝卜肉类复合灌肠工艺研究[J]. 肉类工业, 2007, 314(6): 28-30.

[13] 赵改名, 郝红涛, 柳艳霞, 等. 肉糜类制品质地的感官评定方法[J].中国农业大学学报, 2010, 15(2): 100-105.

[14] 商业联合会标准中心. GB/T 20712—2006 火腿肠[S]. 2006.

[15] 郭世良. 肌原纤维蛋白和猪肉的热诱导凝胶影响因素及特性研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2008.

[16] 刘兴余, 金邦荃, 詹巍, 等. 猪肉质构的仪器测定与感官评定之间的相关性分析[J]. 食品科学, 2007, 28(4): 245-248.

[17] 董庆利, 罗欣. 熏煮香肠质构的感官评定与机械测定之间的相关分析研究[J]. 食品科学, 2004, 25(9): 49-55.

[18] AHHMED A M, KAWAHARA S, OHTA K, et al. Difference in improvements of gel strength in chicken and beef sausages induced by transglutaminase[J]. Meat Science, 2007, 76: 455-462.

[19] FAROUK M M, WIELICZKO K, LIM R, et al. Cooked sausage batter cohesiveness as affected by sarcoplasmic proteins[J]. Meat Science, 2002, 61: 85-90.

[20] 郝红涛, 赵改名, 柳艳霞, 等. 利用内聚性和咀嚼性对火腿肠等级的判别分析研究[J]. 食品工业科技, 2010, 31(8): 95-97.