

腐竹感官评定预测模型的建立

宋莲军, 杨月, 乔明武, 赵秋艳

(河南农业大学 食品科学技术学院, 河南 郑州 450002)

摘要:测定了20个大豆品种的理化指标及其制成腐竹的相关品质指标,采用相关分析及逐步回归分析方法,分析了腐竹感官评定指标与仪器测定值之间的相关关系,建立腐竹感官评定预测模型。结果表明:腐竹的亮度参数 L^* 及机械特性(抗拉强度、延伸率)与多项感官评价结果呈显著相关关系。 L^* 与色泽、气味、综合得分呈显著正相关,与揭膜速度呈显著负相关;抗拉强度、延伸率均与色泽、气味、综合得分呈显著负相关;黄度参数 b^* 与色泽呈极显著负相关。对腐竹感官评定指标与仪器测定指标进行逐步回归分析,建立了腐竹感官评定预测模型,模型对腐竹的评价均达到显著或极显著水平。

关键词:腐竹;感官评定;预测模型

中图分类号:TS214.2

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2011)03-0502-05

Establishment of Yuba Sensory Prediction Model

SONG Lian-jun, YANG Yue, QIAO Ming-wu, ZHAO Qiu-yan

(College of Food Science and Technology, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, Henan, China)

Abstract: Twenty soybean varieties were selected to determinate the ingredients of soybean and qualities of Yuba. The relationships between sensory evaluation indicators and instruments value were analyzed by means of correlation and stepwise regression analysis. The results showed that L^* and mechanical properties (tensile strength, elongation) of Yuba were significantly correlated with many sensory evaluation results. L^* was significantly correlated with color, smell, overall score, and was negatively correlated with remove speed. Tensile strength and elongation were negatively correlated with color, smell and overall score. Yellowness parameters b^* was negatively correlated with color. Sensory evaluation and instruments value were analyzed by stepwise regression for establishment of a sensory evaluation prediction model of Yuba. The models were significant or very significant to the evaluation of Yuba.

Key words: Yuba; Sensory evaluation; Prediction model

腐竹是我国著名的民族特色食品之一,具有很高的营养价值。一般腐竹中含蛋白质约50%,脂肪约28%,其中还含有大量不饱和脂肪酸,以亚油酸为主,不含胆固醇,常食用可以改良性血管机能,补充人体内的氨基酸^[1-2]。目前,对腐竹品质的评价普遍采用感官评定,评判的依据大多是描述性评价,主要包括腐竹的色泽、外观、气味等方面^[3-5]。近年来,利用客观、精确、高效的仪器测定对感官性状进行预测一直是食品质量评价领域研究的热点^[6-8]。而且研究发现,大部分情况下二者具有很好的相关性^[9-11]。因此,该研究拟通过仪器测定对腐竹的评价加以定量,并与感官评价相结合,对腐竹品质进行研究。

该研究选用20个大豆品种,采用相关分析和

逐步回归分析等统计学手段,对腐竹感官指标、色泽、机械特性进行分析,得出腐竹感官指标与仪器测定值之间的相关关系,并建立腐竹感官评定预测模型,以便更准确、快捷地预测腐竹的质量,为改善腐竹的品质提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选用的20个大豆品种均于2009年秋收获于焦作博爱农场。所用大豆品种名称见表1。

1.2 仪器设备

分离式磨浆机,沧州铁狮磨浆机有限公司;SC-80C全自动色差仪,北京康光仪器有限公司;恒温数显水浴锅,天津泰斯特仪器有限公司;LDZ系列数显

收稿日期:2011-01-06

基金项目:河南省科技攻关资助项目(082102110014)

第一作者简介:宋莲军(1969-),女,副教授,硕士生导师,研究方向为食品科学。E-mail:slj69@126.com。

式电子拉伸试验机,济南东方试验仪器有限公司。

表 1 大豆品种名称

Table 1 Soybean varieties list

序号 No.	品种 Varieties	序号 No.	品种 Varieties	序号 No.	品种 Varieties
1	ZDD20387 (84-70)	8	周豆 11	15	中黄 13
2	周 0025-2	9	绿皮黄豆 ZDD19027	16	中黄 41
3	郑 0102	10	郑 98120-5	17	中豆 24(82-24) ZDD11581
4	郑 0620-2	11	周豆 16	18	豫豆 29
5	郑 0175	12	郑 92116	19	天鹅蛋
6	郑 94059	13	郑 97196	20	徐豆 9 号
7	郑引毛豆	14	周 01-14		

1.3 大豆基本理化指标的测定

按照 GB/T 5009-2003 测定蛋白质含量;GB/T 5511-1985 测定水溶性蛋白质含量;GB/T 5009.6-2003 测定脂肪含量;GB/T 5009.4-2003 测定灰分含量;GB/T 5519-2008 千粒重;总糖含量采用蒽酮比色法^[12]。

1.4 腐竹的制作及感官评分

取大豆 150 g,清选后加适量水在室温下充分浸泡,沥干后磨浆(干大豆:水=1:8)。将所得的豆浆过 80 目筛,调固形物含量至 5.5%,煮浆。每次取 1 200 g 熟豆浆在 85℃ 水浴上进行成膜试验。成形的腐竹放入 60℃ 烘箱干燥 2 h,即得腐竹成品。

对腐竹的色泽、外观、气味、复水性、揭膜速度进行感官评价,评价标准如表 2。该试验感官评定在食品感评室完成,由 10 位经过专门培训的人员组成感官评定小组进行评分。为了减少从测定到形成概念之间的许多因子对检验结果的影响,用双盲法进行检验,对样品进行密码编号(采用 3 位随机数字),检验样品也随机化,评定后剔除异常数据。每次评定由评定成员单独进行,相互不接触交流。其中,复水性 = 腐竹复水后沥干重/腐竹试样重,揭膜速度($g \cdot 10 \text{ min}^{-1}$) = (每张腐竹的干重/成膜时间) × 10。

表 2 腐竹感官评价标准

Table 2 Sensory evaluation criteria of Yuba

感官指标 Sensory Index	评价 Evaluation	评分 Score
色泽(30 分) Color (30 scores)	颜色鲜亮淡黄,有自然油质光泽 颜色较一等品稍差,为浅色亮黄或泛洁白、青白色,有一定光泽 颜色较深,色泽较暗,基本无光泽 颜色呈现灰黄色、深黄色或褐黄色,色彩暗且无光泽	30 20-29 15-19 0-15
外观(20 分) Appearance (20 scores)	枝条均匀,质脆易折,条状折断有空心,无杂质,无浆泡 枝条均匀,但有较多折断的碎块或枝条,稍有空心,无杂质,无浆泡	16-20 11-15
气味(20 分) Smell (20 scores)	应成条状,多为实心条,有一定浆泡或杂质 有清新浓郁的大豆香味,无异味 有一定的自然大豆香味,有少许不良气味 无大豆香味,不良气味(异味)较重	0-10 16-20 11-15 0-10
揭膜速度(15 分) Remove speed (15 scores)	根据试验测定值, $3.5 \text{ g} \cdot 10 \text{ min}^{-1}$ 为满分,每少 0.2 扣 1 分	0-15
复水性(15 分) Rehydration (15 scores)	2.0 为满分,每少 0.1 扣 1 分	0-15

1.5 腐竹品质指标的测定

1.5.1 腐竹色泽的测定 采用 WB-2000IXA 全自动测色色差计进行测定。测量结果采用 CIEL* a* b* 色系统来表示。其中 L* 称为明度指数, a*、b* 称为色品指数。

1.5.2 腐竹机械性能的测定 将腐竹裁成 2 × 8 cm 的长条,用拉伸仪做拉伸试验,测定腐竹样品的抗拉强度(TS)以及断裂延伸率(E)。测定前先将腐竹样品在相对湿度为 90% 的饱和氯化钡溶液下平衡 24 h,每个样品测定 5 个平行。测定参数设置如下:试样宽度 b = 20 mm,试样长度 L₀ = 60 mm,测试速度 v = 100 mm · min⁻¹。抗拉强度与断裂延伸率的计算公式如下:

$$\text{抗拉强度 } TS = \frac{F}{S}$$

式中:F—试样断裂时承受的最大张力(g);S—

试样的截面积(mm^2);

$$\text{延伸率 } E = \frac{L_1 - L_0}{L_0}$$

式中: L_0 —试样拉伸前的长度(mm); L_1 —试样拉伸后的长度(mm)。

1.6 数据处理

采用 SPSS 10.0、DPS 2.00 普及版和 Excel 2003 进行统计分析 & 数据处理。

2 结果与分析

2.1 大豆品种基本理化指标

对试验所选取的品种大豆基本理化指标进行测定,统计结果如表 3 所示。

表 3 大豆品种基本理化指标的统计结果

Table 3 Physical and chemical indicators of soybean varieties

大豆基本理化指标 Basic physical and chemical indicators of soybean	粗蛋白 Protein /%	脂肪 Fat /%	总糖 Sugar /%	水溶性蛋白 Water-soluble protein /%			千粒重 1 000 seed weight /g
				蛋白 protein	灰分 Ash /%	灰分 Ash /%	
最小值 Min	37.38	13.53	12.27	17.16	4.45	132.47	
最大值 Max	53.02	22.78	19.49	39.90	5.30	345.10	
平均值 Mean	42.13	18.98	15.70	29.62	4.85	198.75	
标准差 SD	3.87	2.27	2.25	6.45	0.25	44.47	
相对标准偏差 RSD	9.18	11.97	14.31	21.80	5.19	22.37	

从表 3 可以看出,试验所选的 20 个大豆品种中,粗蛋白、水溶性蛋白、脂肪、总糖及灰分含量以及千粒重各指标间均有较大差异。各指标含量分布较好,说明大豆品种的选择有一定的代表性,可以较好地解释试验结果。

2.2 腐竹感官及品质评定结果

从表 4 可知,20 种大豆制成腐竹后,腐竹各项感官指标差异较明显,其中揭膜速度的评分波动最大,这表明该试验所选用的腐竹感官指标及相应的权重是适宜的,可以用于对腐竹进行感官评价。腐竹色泽指标中红绿参数 a^* 值波动很大, L^* 、 b^* 值的波动也较明显。腐竹的机械特性指标中,抗拉强度和延伸率测定值的变化区间范围均较广,相对标准偏差的波动均较大。

表 4 腐竹感官及品质指标评价统计结果

Table 4 Sensory evaluation and quality analysis of Yuba

腐竹评价指标 Yuba evaluation index		最小值 Min	最大值 Max	平均值 Mean	标准差 SD	相对标准偏差 RSD
感官指标 Sensory index	色泽 Color	17	30	25	3.21	12.81
	外观 Appearance	11	19	17	1.50	8.84
	气味 Smell	12	20	17	1.18	6.84
综合指标 Composite index	复水性 Rehydration	7	15	10	1.27	13.25
	揭膜速度 Remove speed	4.5	15.0	10.7	1.76	16.45
	综合得分 Overall score	52	99	80	4.91	6.17
色泽 Color	L^*	24.40	31.49	28.10	1.64	5.83
	a^*	-9.25	5.18	-0.04	3.55	-8976.24
	b^*	13.10	29.54	17.97	3.62	20.12
机械特性 Mechanical properties	抗拉强度 Tensile strength	0.07	0.27	0.16	0.05	30.19
	延伸率 Elongation	41.92	130.23	81.37	21.16	26.01

2.3 腐竹感官评价指标与品质指标之间的相关性

对不同大豆品种制得的前三张腐竹的感官评价指标与品质指标进行相关性分析,结果如表 5 所示,测定得出的各指标中,腐竹的亮度参数 L^* 及机械特性与多项感官评价结果呈显著相关。 L^* 与色泽、气味、综合得分呈显著正相关,与揭膜速度呈显著负相关;抗拉强度、延伸率均与色泽、气味、综合得分呈显著负相关;黄度参数 b^* 与色泽呈极显著负相关。

2.4 腐竹感官评定预测模型的建立

以腐竹仪器测定的 5 个品质指标 ($X_1 \sim X_5$) 为自变量,以腐竹感官评价指标中的色泽、气味、综合得分 ($Y_1 \sim Y_3$) 为因变量,进行逐步回归分析。从表 6 可以看出,各模型均达到显著或极显著水平,说明各方程是可靠的,可以较好地说明引入的各个自变量与因变量之间的动态关系。从入选回归方程的各指标来看,腐竹的感官指标受到腐竹色泽及机械

特性的综合影响。腐竹感官的综合得分受腐竹亮度参数 L^* 及抗拉强度的影响较大。

表 5 腐竹感官评价指标与品质指标之间的相关分析
Table 5 Correlation between sensory evaluation and quality indexes

	色泽 Color			机械特性 Mechanical properties	
	L^*	a^*	b^*	抗拉强度 Tensile strength	延伸率 Elongation
色泽 Color	0.524**	0.052	-0.347**	-0.443**	-0.367**
外观 Appearance	0.114	0.070	-0.124	-0.169	-0.064
气味 Smell	0.264*	-0.032	-0.102	-0.328*	-0.291*
复水性 Rehydration	0.081	-0.160	-0.013	-0.100	-0.017
揭膜速度 Remove speed	-0.257*	-0.079	0.221	0.134	0.083
综合得分 Overall score	0.383**	-0.070	-0.218	-0.402**	-0.310*

$n=20$; * 表示相关性显著 ($P < 0.05$), ** 表示相关性极显著 ($P < 0.01$)。

$n=20$; * indicates significant correlation at $P < 0.05$, ** highly significant correlation at $P < 0.01$.

表 6 腐竹感官评定预测模型
Table 6 Yuba sensory evaluation prediction model

腐竹感官 评价指标 Yuba sensory evaluation	模型 Model	F 值 F value	P
色泽 Y1 Color	$Y1 = 0.262 + 0.947 X1 + 0.107 X2 + 0.101 X3 - 23.130 X4$	8.170**	0.000
气味 Y2 Smell	$Y2 = 14.769 + 0.125 X1 - 6.715 X4$	4.445*	0.018
综合得分 Y3 Overall score	$Y3 = 62.965 + 0.837 X1 - 31.879 X4$	8.629**	0.001

$n=20$; * 表示相关性显著 ($P < 0.05$), ** 表示相关性极显著 ($P < 0.01$)。

$n=20$; * indicates significant correlation at $P < 0.05$, ** highly significant correlation at $P < 0.01$.

比较腐竹感官评定实际值与模型预测值,其误差见表 7。平均相对误差最大的为色泽(9.42%),

最小为综合得分(5.41%),感官评定预测的准确程度依次为综合得分 > 气味 > 色泽。

表 7 感官评定实际值与预测值之间的误差
Table 7 Error between actual and predicted sensory characteristics

感官评定指标 Yuba sensory evaluation	样品数 Sample number	平均相对误差 Average relative error/%
色泽 Color	20 × 3	9.42
气味 Smell	20 × 3	6.28
综合得分 Overall score	20 × 3	5.41

平均相对误差 = $\sum(\text{腐竹样品 } i \text{ 相对误差})/60$

腐竹样品 i 相对误差 = $|\text{腐竹样品 } i \text{ 预测值} - i \text{ 实际值}| / i \text{ 实际值} \times 100, i = 1, 2, \dots, 60$

The average relative error = $\sum(\text{Relative error of Yuba sample } i) / 60$

Relative error of Yuba sample $i = |\text{Predictive value of sample } i - \text{Actual value of } i| / \text{Actual value of } i \times 100, i = 1, 2, \dots, 60$

3 结论与讨论

目前对腐竹的研究主要包括腐竹形成机制、生产工艺、添加剂以及机械化生产等方面。如李里特等^[2]、Lim 等^[5]对膜形成的机制进行了研究; Kim^[13]研究了脂肪对膜性质的影响; 韩智^[14]、张秀金^[15]等研究了豆浆中蛋白、脂肪含量对腐竹产率和成膜速度的影响; 欧锦强等^[16-17]研究了大豆组分对腐竹性能的影响。上述研究均是从单一特性或几个不同的特性指标或外源的添加组分来对腐竹进行研究,尚未对腐竹感官评价与仪器测定值之间进行研究。该文初步对腐竹感官评价指标与仪器测定值之间进行研究。通过对腐竹的感官评定指标和仪器测定值进行分析,研究发现腐竹感官评定结果与仪器分析值之间存在良好的相关性。其中,腐竹的亮度参数 L^* 与感官指标中的色泽、气味、综合得分呈显著正相关,与揭膜速度呈显著负相关; 腐竹的抗拉强度、延伸率均与色泽、气味、综合得分呈显著负相关; 腐竹的黄色参数 b^* 与色泽呈极显著负相关。因此,可以在感官评价的基础上,结合仪器测定色泽、机械特性 2 类指标来快速预测腐竹的食用品质。

在相关分析的基础上,再通过逐步回归分析,建立了腐竹感官评定预测模型,各模型均达到显著或极显著水平,从模型入选的指标来看, L^* 及抗拉

强度对模型的影响较大。因此,可以把仪器测定值中的亮度参数 L^* 及抗拉强度作为腐竹感官评定的主要评价指标。

参考文献

- [1] Keshun Liu 著,江连洲译.大豆化学加工工艺与应用[M].哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,2005,6. (Keshun Liu (eds.), Jiang Lianzhou (trans.). Soybean chemical processing technology and applications[M]. Harbin: Heilongjiang Science and Technology Press, 2005, 6.)
- [2] 李里特,李冉贵,殷丽君.大豆加工与利用[M].北京:化学工业出版社,2003. (Li L T, Li R G, Yin L J. Soybean processing and utilization [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2003.)
- [3] 薛丹,欧阳一非,高海燕,等.方便面感官品质特性与面条质地、色泽指标的关系研究[J].食品工艺科技,2010,31(4):97-100. (Xue D, Ouyang Y F, Gao H Y, et al. Study on relationship between sensory characteristics of instant noodles and noodle texture, color [J]. Food Processing Technology, 2010, 31(4):97-100.)
- [4] 钱平,李里特.罐头米饭的感官品质评价模型研究[J].中国粮油学报,2001,16(5):14-16. (Qian P, Li L T. Indexes for evaluating food quality of canned rice [J]. Chinese Cereals and Oils Association, 2001, 16(5):14-16.)
- [5] Lim, B T, Deman J M, Deman L. Yield and quality of tofu as affected by soybean and soymilk characteristics: calcium sulfate coagulant[J]. Food Science, 1990, 55(4):1088-1092.
- [6] Wang C C R, Chang S K C. Physiochemical properties and tofu quality of soybean cultivar Proto[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1995, 43:3029-3034.
- [7] Poysa V, Woodrow L. Stability of soybean seed composition and its effect on soymilk and tofu yield and quality[J]. Food Research International, 2002, 35:337-345.
- [8] Shen C F, DeMan L, Buzzel R I, et al. Yield and quality of tofu as affected by soybean and soymilk characteristics: Glucono- δ -lactone coagulant[J]. Food Science, 1991, 56:109-112.
- [9] 张秋平,范贵生.干酪的感官特性与仪器测量特性的现状与进展[J].内蒙古农业大学学报,2007,28(2):139-142. (Zhang Q P, Fan G S. The status and progress in the study on relationships between parameters of sensory and instrumental methods of cheese texture evaluation [J]. Journal of Inner Mongolia Agricultural University, 2007, 28(2):139-142.)
- [10] 白亚丁,钱海峰,周惠明,等.仪器分析和感官评价对高水分米糕的品质研究[J].食品科技,2010,31(1):91-94. (Bai Y D, Qian H F, Zhou H M, et al. Study on quality of high moisture rice cakes by instrumental analysis and sensory evaluation [J]. Food Science and Technology, 2010, 31(1):91-94.)
- [11] 陈磊,王金勇,李学伟.仪器测定的猪肉质地性状与感官性状的回归分析[J].农业工程学报,2010,26(6):357-361. (Chen L, Wang J Y, Li X W. Regression analysis between of the meat texture traits by instrumental analysis and sensory properties [J]. Agricultural Engineering, 2010, 26(6):357-361.)
- [12] 王秀奇,秦淑媛,高天慧,等.基础生物化学实验(第二版)[M].北京:高等教育出版社,1999. (Wang X Q, Qin S Y, Gao T H, et al. Fundamental biological chemistry experiment (The second edition) [M]. Beijing: Higher Education Press, 1999.)
- [13] Kim S J. Properties of whey protein/lipid emulsion edible films [D]. Michigan: Michigan State University, 2000.
- [14] 韩智.腐竹生产技术改良与工艺条件研究[D].北京:中国农业大学,2006. (Han Z. Production technology improvement and process conditions on Yuba [D]. Beijing: China Agricultural University, 2006.)
- [15] 张秀金.豆浆的成分和蛋白组分对腐竹成膜特性的影响[D].北京:中国农业大学,2007. (Zhang X J. The effect of soybean milk and protein components on the film properties of Yuba [D]. Beijing: China Agricultural University, 2007.)
- [16] 欧锦强.豆腐衣生产工艺及影响因素的研究[D].无锡:江南大学,2005. (Ou J Q. Study on preparation and influence factors of Yuba [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2005.)
- [17] 欧锦强,王兴国,金青哲.大豆组分对腐竹性能的影响[J].中国油脂,2005,30(2):37-40. (Ou J Q, Wang X G, Jin Q Z. Effect of soy ingredients on properties of dried bean milk cream in tight rolls. [J]. China Oils and Fats, 2005, 30(2):37-40.)