

# 苹果的质构与感官评定相关性研究

## Correlation between texture and sensory evaluation of Apple

李丽娜 赵武奇 曾祥源 薛珊

LI Li-na ZHAO Wu-qi ZENG Xiang-yuan XUE Shan

霍瑶瑶 方媛 郭玉蓉

HUO Yao-yao FANG Yuan GUO Yu-rong

(陕西师范大学食品工程与营养科学学院, 陕西 西安 710062)

(College of Food Engineering and Nutritional Science, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710062, China)

**摘要:**以不同贮藏期的苹果为样品,在感官品质评定和 TPA 指标测定的基础上,探讨 TPA 参数与苹果感官指标之间的相关性,运用逐步回归分析法建立各项感官指标的预测模型并验证。结果表明,苹果的 TPA 参数与感官指标之间存在一定的相关性,尤其与口感质地(硬度、黏性、弹性、内聚性、耐咀嚼性、回复性的  $r$  值分别为 0.992 3, 0.991 9, 0.936 8, 0.952 3, 0.951 3, 0.936 5)和手感质地(硬度、黏性、弹性、内聚性、耐咀嚼性、回复性的  $r$  值分别为 0.926 1, 0.954 7, 0.901 1, 0.945 8, 0.912 2, 0.921 9)间呈极强的正相关;TPA 质地参数中硬度、黏性、弹性、内聚性、耐咀嚼性、回复性与感官评定指标的外观、气味、风味、口感质地、手感质地及感官评定总分间存在显著相关性(外观、气味、风味、口感质地、手感质地的  $R^2$  值分别为 0.644, 0.569, 0.819, 0.959, 0.915);黏性和内聚性对苹果各项感官指标的预测具有重要的作用。采用苹果 TPA 质地特性参数预测其感官品质的方法是可行的,研究为利用 TPA 参数客观评价苹果的感官品质提供理论依据。

**关键词:**苹果;质构特性;感官评定;相关关系

**Abstract:** The sensory quality and TPA parameters of apple in different storage were measured, and the textural characteristics were analyzed using Texture profile analysis (TPA) and sensory quality evaluation. To explore the correlation between TPA parameters and sensory index of apple, the prediction models of each sensory index were established by stepwise regression analysis and then were verified. The results indicated that apple TPA parameters has a certain correlation with its sensory index, especially with taste quality (the  $r$ -

value of the hardness, viscosity, elasticity, cohesiveness, chewiness and resilience were 0.992 3, 0.991 9, 0.936 8, 0.952 3, 0.951 3, and 0.936 5, respectively) and feel quality (the  $r$ -value of the hardness, viscosity, elasticity, cohesiveness, chewiness and resilience were 0.926 1, 0.954 7, 0.901 1, 0.945 8, 0.912 2, and 0.921 9, respectively). Significant correlation were found between TPA parameters of hardness, including viscosity, elasticity, cohesiveness, chewiness, resilience and sensory evaluation indexes of appearance, i. e. odor, flavor, taste quality, feel quality and sensory evaluation scores ( $R^2=0.56-0.96$ , the  $R^2$ -value of the appearance, odor, flavor, taste quality, feel quality were 0.644, 0.569, 0.819, 0.959, and 0.915 1, respectively). Viscous ( $X_2$ ) and cohesion ( $X_4$ ) played important roles in predicting sensory index of apple. It was feasible to predict the sensory quality of apple by using its TPA texture parameters, and the research provided a theoretical basis of apple sensory evaluation by using objective evaluation of TPA parameters.

**Keywords:** apple; texture properties; sensory evaluation; correlation

苹果是世界上消费量最大的水果之一,其质地清脆,口感香甜,富含多种维生素、矿物质等营养成分,且耐储藏,深受广大老百姓的喜爱<sup>[1-3]</sup>。由于苹果采后的品质直接影响其在市场上的竞争力,因此对苹果在贮藏期和货架期的品质研究不仅仅是科学问题,更是一个重要的商业问题<sup>[4]</sup>。苹果的品质评价主要有感官评定和仪器分析,感官评定是利用感官品尝的方法对苹果进行品质评定,该方法应用比较广泛,测量指标包括外观、气味、风味和质地等等,评价结果也最具权威性,但感官评定程序复杂、评定耗时、浪费原料、易受食品本身质地、评价员主观因素的影响,结果的可靠性较差,且不易标准化<sup>[5]</sup>;仪器分析是通过使用质构仪进行测量,该方法简单便捷、灵敏度高,但测量结果易受苹果不同部位的影响<sup>[6]</sup>,国外用仪器分析对食品质构特性的研究比较多<sup>[7-9]</sup>。

**基金项目:**国家现代农业产业技术体系建设专项(编号:CARS-28);陕西省农业科技创新与攻关项目(编号:2016NY-188)

**作者简介:**李丽娜,女,陕西师范大学在读硕士研究生。

**通信作者:**赵武奇(1965—),男,陕西师范大学副教授,博士。

E-mail: zwq65@163.com

**收稿日期:**2016—12—06

近年来,许坤华等<sup>[10]</sup>分别采用感官评价和仪器分析2种方法来分析金枪鱼的质构特性,得到了相关指标的预测模型;赵延伟等分别证明了面条<sup>[11]</sup>和豆制品<sup>[12]</sup>的质构参数和感官品质之间存在一定的相关性;张志清等<sup>[13]</sup>发现通过TPA测试工程重组米的质构特性能够快速确定其感官品质;刘朝龙等<sup>[14]</sup>研究表明通过质构分析可以很好地反映果冻的感官品质。这些研究表明,食品的质构特性和感官评定具有较强的相关性,通过质构参数能反映食品的感官品质。目前利用质构参数来预测苹果感官品质的研究鲜有报道,因此,本试验拟以不同贮藏期的苹果为样品,研究利用TPA测试参数来反映苹果的感官品质,为苹果品质的测量提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

苹果:红富士,于2015年10月从陕西乾县梁山官地村一处管理水平良好的果园采摘,采收时挑选果实饱满,果形均匀,成熟度相对一致,大小适中,无病虫害和机械损伤,直径在75~85 mm的新鲜苹果样品,并置于10℃条件下贮藏。

### 1.2 试验仪器

物性测试仪:TA-XT. Plus型,英国Stable Micro Systems公司。

### 1.3 试验方法

将苹果于温度10℃,湿度98的条件下贮藏,分别于贮藏1,8,15,22,29,36,43,50 d时进行取样测试,每次取14个果样,各拿7个分别进行感官评定和TPA指标测定试验。试验前,先将苹果在25℃条件下静置2 h,之后依次进行标记,并按顺序进行TPA指标测定和感官评定试验。

从每组TPA试验的7个果样中随机取2个作为验证样本,从而将所得的TPA试验数据分成2组:一组为建模组,共40个样本数据用于构建苹果感官指标预测模型;其余16个样本数据作为验证组,用于验证所建立的感官指标预测模型的可行性。

1.3.1 苹果质构的感官评定 先将苹果清洗去皮,然后将其切分成块,依次编号并放置在白瓷盘上。邀请7名经过一定感官培训的人员对切好的苹果进行感官评定,在评价前2 h内评价员禁止食用刺激性食物,如烟、酒等。评价的内容包括苹果的风味、气味、外观、手感和口感等。

在感官品评时,要保持安静,评价员彼此之间不能讨论交流,随机品尝已编号的苹果样品,每次评价完一个样品后用37℃左右清水漱口,在接着品评下一样品。每个样品做3次重复试验,并对照感官评价鉴定表进行打分,取其平均值,做好记录。参照文献<sup>[15]</sup>制定的感官评分标准见表1。

1.3.2 苹果质构的仪器分析 先将苹果清洗去皮,然后在果腰上间隔相等的距离沿横向切取直径5 cm、厚2 cm的果柱共3块。在室温条件下,使用TA-XT. Plus型物性测试仪对处理过的苹果样品进行质构分析,测定苹果的品质指标包括硬度、黏性、弹性、内聚性、耐咀嚼性和回复性等<sup>[16]</sup>。仪器探

表1 苹果的感官评定标准

Table 1 The sensory evaluation criteria of apple

属性	定义	分数范围(1~10)
风味	苹果释放的味道,如酸、甜、涩等味道	良好=9;比较好=7;一般=5;较差=3
气味	苹果的外部气味强度	良好=9;比较强=7;一般=5;较弱=3
外观	直接观测苹果外表,即果形、果面、个头、色泽等评价	良好=9;比较好=7;一般=5;较差=3
手感质地	触摸苹果的软硬度、光滑度、弹性等质地	良好=9;比较好=7;一般=5;较差=3
口感质地	果肉质地是否紧密或松软,汁液饱满或干瘪、有无异味等特性	良好=9;比较好=7;一般=5;较差=3

头选用P50型,测试条件设置为:测试前速度2 mm/s;测试速度1 mm/s;测试后速度1 mm/s;触发力5 g;压缩变形1.5 mm;间隔时间5 s;数据采集频率200点/s。每次测试后都用擦镜纸把探头擦干净,每个果样测试3次,取其平均值作为测定的最终结果<sup>[17]</sup>,并记录数据。

### 1.4 数据的统计分析

采用Excel和SPSS 20.0软件对数据进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 苹果的感官评价结果

表2为苹果样品的感官评价结果。由表2可知,除总分外,苹果样品感官评定的各项指标的标准偏差为1.60~1.90,表明各项指标之间的分布较均匀。其次,风味、气味、外观、手感质地、口感质地、感官评价总分各项指标的变异系数为23%~27%,说明苹果的感官品质在储藏期间发生了较大的变化。

表2 苹果的感官评价结果

Table 2 Sensory evaluation results of apple

感官指标	最小值	最大值	平均值	标准偏差	变异系数 CV/%
风味	3.33	9.67	6.90	1.63	23.80
气味	3.67	10.00	7.00	1.67	26.93
外观	3.67	9.67	7.10	1.86	25.72
手感质地	3.33	9.67	7.05	1.79	25.31
口感质地	3.33	10.00	6.97	1.78	24.49
总分	18.33	47.67	35.01	8.58	23.80

### 2.2 苹果质构的仪器分析结果

表3为苹果样品的TPA测定结果。由表3可知,TPA各项参数的标准偏差为0~8,说明TPA各项参数之间的分布差异比较大。其中,TPA各项参数的变异系数均大于10%,表明苹果的质构指标变化大,说明建模数据丰富,有利于后期模型的建立。

### 2.3 苹果感官评定各指标之间的相关性分析

表4为苹果感官评定各项指标之间的相关性。由表4可知,气味与外观呈极显著正相关,说明苹果越新鲜、气味的越

表 3 苹果质构仪器分析(TPA)测定结果

Table 3 Determination results of texture(TPA) of apple

TPA 参数	最小值	最大值	平均值	标准偏差	变异系数 CV/%
硬度/N	24.48	56.99	39.24	7.82	19.93
黏性/(N·s)	-4.15	-0.98	-2.62	0.71	26.96
弹性/mm	0.45	0.89	0.62	0.08	13.57
内聚性	0.142	0.68	0.44	0.11	24.77
耐咀嚼性/N	2.43	22.93	10.98	4.20	38.28
回复性	0.07	0.46	0.26	0.08	30.11

好,苹果的外观越光滑、好看、完整;风味与外观、气味呈极显著正相关,说明苹果风味越好,外观也是越完整、漂亮,气味也越香甜;口感质地与外观、气味、风味呈极显著正相关( $r=0.93\sim 0.95$ ),说明果肉质地越紧密,汁液越饱满,苹果的果形越完整、个头、色泽、气味越好;手感质地与口感质地呈极显著正相关( $r=0.91$ ),说明当果肉口感质地越好时,苹果外部越光滑,硬度和弹性越好;手感质地与外观、风味也呈极显著正相关,说明手感质地越好的苹果,它的外观也越完整、美观、光滑,气味越好,风味也更纯正。感官评定总分与口感质地、手感质地、风味、气味、外观呈正相关且相关系数依次减小( $r=0.76\sim 0.96$ ),表明苹果口感质地越好,其外观、气味、风味越好,手感质地越好,感官评定的总分越高。

#### 2.4 苹果 TPA 参数之间的相关性分析

表 5 为苹果 TPA 参数之间的相关性。由表 5 可知,果肉硬度与耐咀嚼性( $r=0.771\ 8$ )、回复性( $r=0.478\ 3$ )、内聚性( $r=0.474\ 5$ )均呈极显著正相关,说明果肉硬度越大,果肉的坚实程度越大,致密性越强,果肉对牙齿咀嚼的抵抗力越大;

果肉硬度越大,回复性越大,表明果肉对外界压力的抵抗能力越大;果肉硬度越大,内聚性越大,表明果肉保持完整的能力越大。果肉的硬度与弹性( $r=0.197\ 4$ )呈显著正相关,与黏性( $r=-0.056\ 2$ )呈显著负相关,说明果肉硬度越大、弹性越大、黏性越小,果肉越柔韧细腻、口感越好。果肉的黏性与内聚性( $r=-0.386\ 8$ )、回复性( $r=-0.386\ 0$ )呈极显著负相关,与弹性( $r=-0.136\ 1$ )呈显著负相关,说明果肉的黏性越大,其内聚性、回复性和弹性越小,果肉口感越差。果肉的弹性与耐咀嚼性( $r=0.472\ 6$ )、回复性( $r=0.598\ 0$ )呈极显著正相关,与内聚性( $r=0.218\ 0$ )呈显著正相关,说明果肉弹性越大,其耐咀嚼性、回复性、内聚性越大,越有利于果实的贮藏保鲜。果肉的內聚性与耐咀嚼性( $r=0.849\ 1$ )、回复性( $r=0.994\ 1$ )呈极显著正相关,说明果肉的內聚性越大,其耐咀嚼性、回复性越大,果肉抵抗外力保持完整的能力也越大。果肉的耐咀嚼性与回复性( $r=0.775\ 3$ )呈极显著正相关,说明果肉的耐咀嚼性越大,其回复性也越大。

综上所述,苹果样品 TPA 各参数之间具有一定的相互作用,且硬度、黏性、弹性、内聚性、耐咀嚼性、回复性中的一项或多项可以反映果肉质地状况,与杨玲等<sup>[18]</sup>在华红苹果的研究中得出的结论一致。

#### 2.5 苹果 TPA 参数与感官评定指标之间相关性分析

表 6 为苹果 TPA 参数与感官评定指标的之间的相关性。由表 6 可知,苹果的感官评定指标与 TPA 参数之间存在一定的相关性。感官指标中的外观、气味、风味以及总分等指标与 TPA 各参数之间的相关系数均在 0.61~0.89,而口感质地、手感质地指标与 TPA 各参数的相关系数均>0.90。说明 TPA 各参数与感官评定指标中的口感质地及手感质地之间存在较大的正相关关系。

表 4 苹果感官评定各项指标之间的相关性<sup>†</sup>

Table 4 Correlation between the indicators of apple sensory evaluation

相关系数	外观	气味	风味	口感质地	手感质地	总分
外观	1.000 0					
气味	0.823 1**	1.000 0				
风味	0.814 8**	0.861 6**	1.000 0			
口感质地	0.933 7**	0.934 5**	0.948 1**	1.000 0		
手感质地	0.822 0**	0.848 0**	0.856 0**	0.914 3**	1.000 0	
总分	0.769 0**	0.830 9**	0.858 3**	0.955 1**	0.909 5**	1.000 0

† \*、\*\*、\*\*\* 分别表示在  $P<0.05$  和  $P<0.01$  水平差异显著。

表 5 苹果 TPA 参数之间的相关性<sup>†</sup>

Table 5 Correlation between the apple TPA parameters

相关系数	硬度	黏性	弹性	内聚性	耐咀嚼性	回复性
硬度	1.000 0					
黏性	-0.056 2*	1.000 0				
弹性	0.197 4*	-0.136 1*	1.000 0			
内聚性	0.474 5**	-0.386 8**	0.218 0*	1.000 0		
耐咀嚼性	0.771 8**	0.248 3	0.472 6**	0.849 1**	1.000 0	
回复性	0.478 3**	-0.386 0**	0.598 0**	0.994 1**	0.775 3**	1.000 0

† \*、\*\*、\*\*\* 分别表示在  $P<0.05$  和  $P<0.01$  水平差异显著。

表6 苹果 TPA 参数与感官评定指标之间的相关性<sup>†</sup>

Table 6 Correlation between TPA parameters and Sensory Evaluation index of apple

TPA 参数	感官评定指标					
	外观	气味	风味	口感质地	手感质地	总分
硬度	0.656 8	0.775 1	0.807 7	0.992 3	0.926 1	0.821 2
黏性	0.724 3**	0.832 9**	0.872 7**	0.991 9*	0.954 7*	0.880 6**
弹性	0.652 5**	0.805 3*	0.835 1**	0.936 8*	0.901 1*	0.847 3*
内聚性	0.777 2	0.828 6	0.868 1	0.952 3	0.945 8	0.883 7
耐咀嚼性	0.613 4	0.807 1	0.826 5	0.951 3	0.912 2	0.838 2
回复性	0.732 2*	0.771 2*	0.790 8*	0.936 5	0.921 9*	0.807 3*

† \*、\*\*分别表示在  $P < 0.05$  和  $P < 0.01$  水平差异显著。

硬度与感官指标中的口感质地( $r = 0.992 3$ )、手感质地( $r = 0.926 1$ )、风味( $r = 0.807 7$ )呈一定的正相关关系,说明硬度越大,果实表面越光滑,越富有弹性,口感和风味越好。口感质地与 TPA 参数中的弹性( $r = 0.936 8$ )呈显著的正相关,与内聚性( $r = 0.952 3$ )、耐咀嚼性( $r = 0.951 3$ )、回复性( $r = 0.936 5$ )呈一定的正相关关系,表明果肉的弹性越大,由内聚性所表现出来的果肉完整性越强,抵抗牙齿咀嚼和外界压力的能力越大,口感也越好。TPA 参数中的回复性( $r = 0.936 5$ )与感官指标中的外观、气味、风味、手感质地以及总分呈显著的正相关,说明苹果抗外界压力越大,苹果的外观、气味、风味越好,表面越光滑,手感越好。综上说明,苹果感官指标与 TPA 参数之间有着密切的联系,可以用 TPA 参数来间接地反映苹果的感官品质。

## 2.6 TPA 参数与感官评定指标的回归分析

通过 TPA 参数对感官评定的各项指标进行预测,以 TPA 的 6 个指标(硬度  $X_1$ 、黏性  $X_2$ 、弹性  $X_3$ 、内聚性  $X_4$ 、耐咀嚼性  $X_5$ 、回复性  $X_6$ )为自变量,感官评定各项指标为因变量  $Y$ ,进行逐步回归分析,剔除  $F$ -值显著水平  $> 0.05$  的变量,得到外观、气味、风味、口感质地、手感质地以及感官评价总分的预测模型,并将回归分析结果统计于表 7。由表 7 可知,风味、口感质地、手感质地指标的预测模型的决定系数  $R^2$  均  $> 0.81$ ,且均具有统计学意义( $P < 0.001$ )。其中,口感质地、手感质地的预测模型的决定系数较高( $R^2 > 0.91$ ),说明口感质地、手感质地的预测模型能较好地反映苹果的感官品质;虽然外观、气味的预测模型决定系数较低,但都在 0.56 以上。

此外还发现,感官评定指标的预测模型都与 TPA 指标“黏性( $X_2$ )、内聚性( $X_4$ )”有关,说明用 TPA 参数预测苹果的各项感官指标时黏性和内聚性有着相当重要的作用。

## 2.7 苹果感官指标预测模型的验证

苹果感官评定指标的预测值与实测值的回归分析结果见图 1。由图 1 可知,感官指标中的口感质地、手感质地以及感官评定总分的验证结果均很好,两者间的决定系数  $R^2$  达到了 0.91 以上,说明苹果感官指标中的口感质地、手感质地和感官评定总分的预测模型能更好地反映苹果的品质。

感官评定各项指标预测模型的检验结果见表 8,从  $t$  检验结果可以看出,预测值与实测值之间并不存在显著性差异( $P > 0.1$ )。说明通过 TPA 各参数来预测苹果感官各项指标是有效的、可行的,并且达到了很好的预测效果和精度。然而,外观、风味和气味的预测决定系数均低于其他参数,说明以上 3 种感官品质指标的模型预测精度较低,模型回归效果一般,可能是逐步回归分析的建模方法不适用于预测外观、手感质地和气味指标,三者与 TPA 各参数之间可能存在着更复杂的数学关系。因此有必要采用更加先进的建模技术,预测苹果感官指标中的外观、风味、气味与 TPA 参数之间的关系,以提高预测精度。

## 3 结论

(1) 苹果 TPA 参数硬度、黏性、弹性、内聚性、耐咀嚼性、回复性与感官评定指标外观、气味、风味、口感质地、手感质地以及感官评定总分间存在显著的相关性( $R^2 = 0.56 \sim 0.96, P < 0.001$ )。

表7 TPA 指标和感官评定指标的逐步回归分析结果

Table 7 The regression analysis between TPA and sensory evaluation index

参数	预测模型	$R^2$	P 值	均方根误差
外观	$Y = -2.8 + 0.106X_1 - 0.594X_2 + 7.902X_4$	0.644	$< 0.001$	0.564
气味	$Y = 4.629 + 0.927X_2 + 3.309X_3 + 3.79X_4$	0.569	$< 0.001$	0.441
风味	$Y = 8.264 + 1.579X_2 + 4.158X_3 + 2.049X_4 - 0.091X_5$	0.819	$< 0.001$	0.275
口感质地	$Y = 6.491 + 0.719X_2 + 3.41X_3 - 4.059X_4 + 7.236X_6$	0.959	$< 0.001$	0.228
手感质地	$Y = 13.105 + 0.097X_1 + 2.445X_2 - 5.125X_4 - 0.095X_5$	0.915	$< 0.001$	0.254
总分	$Y = 21.162 + 0.577X_1 + 7.181X_2 + 52.692X_4 - 1.514X_5$	0.871	$< 0.001$	1.419

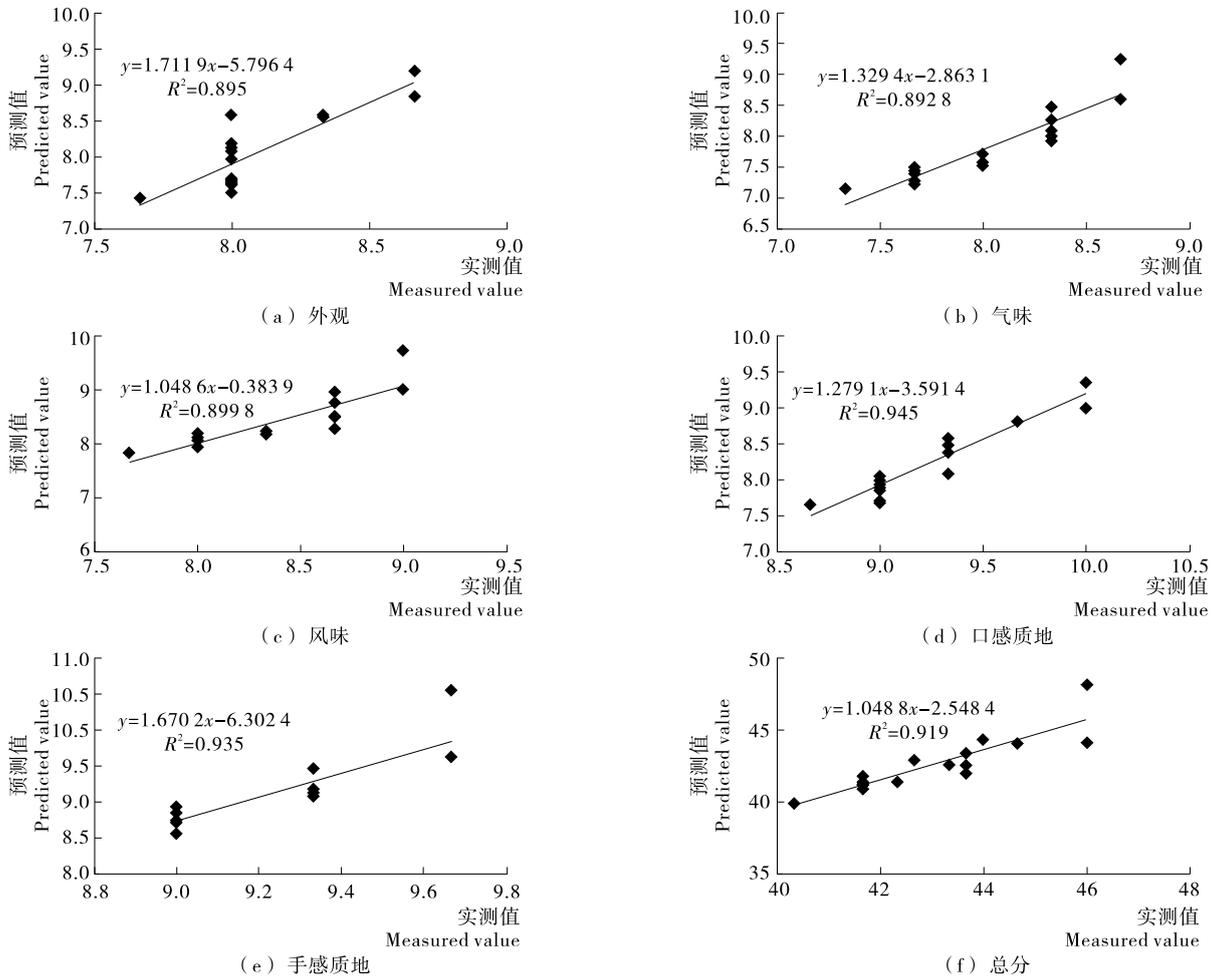


图 1 感官评定指标预测值与实测值的相关性

Figure 1 Correlation between the predicted value and the actual value of TPA and sensory evaluation indicators prediction model

表 8 感官评定指标预测模型的检验结果

Table 8 The test results of the sensory evaluation index prediction model

预测值—实测值	组间差异			P 值	自由度	R <sup>2</sup>
	平均值	标准差	标准误			
外观	0.077	0.331	0.056	0.177	15	0.895 0
气味	0.033	0.359	0.061	0.590	15	0.892 8
风味	0.048	0.203	0.034	0.170	15	0.899 8
口感质地	-0.884	0.233	0.039	0.153	15	0.945 0
手感质地	0.002	0.247	0.042	0.967	15	0.935 0
感官评定总分	-0.221	0.858	0.145	0.136	15	0.919 0

(2) 通过 TPA 参数建立了具有统计学意义的苹果感官特性的预测模型,且各预测模型方程中都含有黏性(X<sub>2</sub>)以及内聚性(X<sub>4</sub>) 2 个变量,说明黏性和内聚性对苹果的感官指标的预测具有重要意义。

(3) 所建立的各项感官指标的预测模型具有良好的验证结果,证实了用 TPA 参数各项指标预测苹果感官品质的方法是可行的,同时也为苹果品质的客观评价提供了理论依据。

参考文献

[1] 公丽艳, 孟宪军, 刘乃侨, 等. 基于主成分与聚类分析的苹果加工品质评价[J]. 农业工程学报, 2014, 30(13): 276-285.  
 [2] 杨玲, 肖龙, 王强, 等. 质地多面分析(TPA)法测定苹果果肉质地特性[J]. 果树学报, 2014, 31(5): 977-985.  
 [3] BARRITT B H. The apple world 2003-present situation and developments for produces and consumers [J]. Compact Fruit Tree, 2003, 36(1): 15-18.

(下转第 45 页)

## 2.6 扩增产物测序及分析

回收的扩增产物由上海华大生物工程有限公司测序。采用 BLAST 将菌株 EM5 的 16S rRNA 序列进行比对,经比对后发现,与 EM5 16S rDNA 序列同源性最高者为 *Lactobacillus plantarum*,相似性为 99%,因此初步鉴定菌株 EM5 为一株植物乳杆菌(*Lactobacillus plantarum*)<sup>[12]</sup>。

## 3 结论

本研究从婴儿粪便中分离出 42 株耐胆盐的乳酸菌,对其进行了石蕊牛奶试验鉴定。以菌株的耐酸受性、OD 值、存活率、活菌变化数等稳定性指标对菌株进行筛选,共筛选出在 pH 3.5 环境下能够生长的 3 株菌 5-5、EM5、EB4。其中对酸和胆盐的耐受能力最强最稳定的是 EM5,它在 pH 3.0 条件下培养 1,2,3 h 后的存活率分别为 75%,64%,46%。对菌株进行 16S rDNA 鉴定,结果表明 EM5 与 *Lactobacillus plantarum* 同源性达到了 99%<sup>[13-14]</sup>。

本研究发现 EM5 菌株对酸和胆盐的耐受性较高,具有进一步研究的可行性。由于该株乳酸菌是人源性的,具有公认的安全性,可以将其应用于乳制品、功能性益生菌制剂直接应用于人体,也可以制成其它市场所需的产品,为以后的乳酸菌生理功能的开发研究提供了新的菌种资源。

### 参考文献

[1] SHIH F. Probiotics and prebiotics as functional food ingredients [J]. *Nahrung Food*, 2003, 47(5): 285-287.  
[2] SEPPOS E Probiotics. An overview of beneficial effects[J]. *Antonievan Leeuwenhoek*, 2002, 82: 279-289.

[3] 张素霞. 酸乳中乳酸菌的筛选及乳酸发酵研究[J]. *乳业科学技术*, 2007(5): 236-238.  
[4] 刘燕. 高产胞外多糖乳酸菌菌株筛选与鉴定[J]. *乳业科学与技术*, 2009(1): 21-25.  
[5] 凌代文, 东秀珠. 乳酸细菌分类鉴定及实验方法[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1999: 84-100.  
[6] 周雨霞, 王志峰, 柳翰凌, 等. 传统乳制品中潜在益生植物乳杆菌的体外筛选[J]. *中国乳品工业*, 2006(2): 19-21.  
[7] 高鹏飞, 孙志宏, 麻士卫, 等. 蒙古族儿童源益生特性双歧杆菌的筛选及鉴定[J]. *微生物学报*, 2009, 49(2): 210-216.  
[8] 汪川, 张朝武, 陈会超, 等. 两株耐酸耐胆盐人肠源菌株的鉴定及系统发育分析[J]. *四川大学学报*, 2008, 39(2): 263-266.  
[9] 张瑞强, 王红宁, 黄勇, 等. 牦牛肠道与粪便乳酸菌的分离鉴定及 PCR-16S rDNA 鉴定 [J]. *中国兽医科学*, 2006, 36(5): 381-385.  
[10] CHEN Xia, SUN Zhi-hong, MENG He, et al. The acid tolerance association with expression of H<sup>+</sup>-ATPase in lactobacillus casei[J]. *International Journal of Dairy Technology*, 2009, 62(2): 272-279.  
[11] 王兴洁, 魏超廖, 光敏, 等. 产  $\gamma$ -氨基丁酸乳酸菌的分离鉴定及发酵条件优化[J]. *食品与机械*, 2016, 32(7): 40-44.  
[12] 尹乐斌, 张臣飞, 孙菁, 等. 一株产细菌素乳酸菌的分离、鉴定及生物学特性研究[J]. *食品与机械*, 2016, 32(3): 12-15.  
[13] 许学伟, 吴敏, 阮红, 等. 嗜盐古生菌 AJ4 中 BR 蛋白基因部分片段和 16S rRNA 基因序列研究[J]. *中国生物化学与分子生物学报*, 2004, 20(1): 55-60.  
[14] 李丙超, 胡卫东, 唐文才, 等. 传统发酵香肠中菌种的分子生物学鉴定[J]. *食品与机械*, 2015, 31(3): 20-22, 107.

(上接第 41 页)

[4] COROLLARO M A, APREA E, ENDRIZZI I, et al. A combined sensory-instrumental tool for apple quality evaluation [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2014(96): 135-144.  
[5] 楚炎沛. 物性测试仪在食品品质评价中的应用研究[J]. *粮食与饲料工业*, 2003(7): 40-42.  
[6] 纪宗亚. 质构仪及其在食品品质检测方面的应用[J]. *食品工程*, 2011(3): 22-25.  
[7] NAULSKI R, GROCHOWICZ J. The influence of the measurement conditions on the TPA test of selected fruit[J]. *Acta Horticulturae*, 2001, 562(1): 213-219.  
[8] KADAN R, SROBINSON M G, THIBODEAUX D P, et al. Texture and other physicochemical properties of whole rice bread [J]. *Journal of Food Science*, 2001, 66(7): 940-944.  
[9] ZDUNEK A, BEDNARCZYK J. Effect of mannitol treatment on ultrasonic emission during texture profile analysis of potato and apple tissue [J]. *Journal of Texture Studies*, 2006, 37(3): 339-359.  
[10] 徐坤华, 赵巧灵, 廖明涛, 等. 金枪鱼质构特性与感官评价相关性研究[J]. *中国食品学报*, 2014, 14(12): 190-197.  
[11] 赵延伟, 吕振磊, 王坤, 等. 面条的质构与感官评价的相关性研究[J]. *食品与机械*, 2011, 27(4): 25-28, 39.

[12] 赵延伟, 王雨生, 陈海华. 豆制品的质构与感官评定相关性的研究[J]. *青岛农业大学学报: 自然科学版*, 2012, 29(2): 126-131, 135.  
[13] 张志清, 熊善波, 李远志, 等. 工程重组米质构测定(TPA)与感官评价相关分析[J]. *中国粮油学报*, 2011, 26(10): 1-5.  
[14] 刘朝龙, 王雨生, 陈海华, 等. 果冻质构与感官评定相关性的研究[J]. *青岛农业大学学报: 自然科学版*, 2012, 29(2): 115-120.  
[15] EMIRA Mehinagic, GAËLLE Royer, RONAN Symoneaux, et al. Prediction of the sensory quality of apples by physical measurements[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2004(34): 257-269.  
[16] HARKER F R, MAINDONALD J, MURRAY S H, et al. Sensory interpretation of instrumental measurements I: texture of apple fruit[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2002, 24(3): 225-239.  
[17] COSTA F, CAPPELLIN L, LONGHI S, et al. Assessment of apple (*Malus × domestica* Borkh.) fruit texture by a combined acoustic-mechanical profiling strategy[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2011, 61(1): 21-28.  
[18] 杨玲, 肖龙, 王强, 等. 质地多面分析(TPA)法测定苹果果肉质地特性[J]. *果树学报*, 2014, 31(5): 977-985.