

张腊腊, 韩明虎, 胡浩斌, 等. 基于主成分分析的苹果品质综合评价[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(3): 209-213.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.03.037

# 基于主成分分析的苹果品质综合评价

张腊腊, 韩明虎, 胡浩斌, 武 芸, 王丽朋

(陇东学院化学化工学院, 甘肃庆阳 745000)

**摘要:**建立庆阳苹果的综合评价体系,为庆阳苹果的改进和推广宣传提供科学参考。以庆阳地区7县1区8个地方以及2个其他地区的苹果为试材,测定了果皮色泽、可溶性固形物含量、可溶性总糖含量、花青苷含量、可滴定总酸含量等10个主要果实品质指标,采用多元统计的主成分分析法进行了相关性分析,并与陕西洛川和甘肃静宁的苹果品质作了简单的对比。结果表明,采用主成分分析法提取出的4个主成分的累积贡献率达到81.137%,说明这4个主成分可以反映庆阳苹果品质的大部分信息,固酸比、果形指数、可溶性总糖和果皮色泽为简化后的4个指标。庆阳地区苹果综合品质高低的顺序为庆城县>环县>合水县>宁县>静宁县>西峰区温泉镇黄官寨村>镇原县>西峰区温泉镇刘家店村>正宁县>洛川县。

**关键词:**苹果;品质;果皮色泽;可溶性固形物;可溶性糖;花青苷;主成分分析

**中图分类号:** TS255.7 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)03-0209-05

甘肃省庆阳市由于其特殊的地理位置成为我国优质苹果的理想栽植地。庆阳市的苹果种植主要分布在西峰区、宁县等8个县(区),在改善农民就业状态、提高庆阳市农村经济收入等方面苹果产业发挥了至关重要的作用<sup>[1-2]</sup>。“庆阳苹果果真好”作为庆阳苹果的宣传语已被人们熟知,但是对于庆阳苹果的品质分析目前并没有系统的研究。苹果品质评价指标有外观评价指标(单果质量、果皮色泽等)、成分品质评价指标(可溶性固形物含量、总酸含量、维生素C含量、和果皮花青苷含量等)<sup>[3-6]</sup>。苹果品质决定了其在市场上的竞争力,苹果果皮和果肉的色泽在很大程度上取决于生长过程中花青苷的含量。花青苷属于黄酮类化合物,

现已被证实具有多种生理活性,比如抗氧化、改善视力等<sup>[7-9]</sup>。花青苷的合成与苹果中的含糖量有密不可分的关系,有研究表明,糖不仅是合成花青苷的前体物质,还是调解花青苷合成的信号物质;固酸比也是影响苹果口感的一个重要指标<sup>[10-11]</sup>。苹果酸是苹果有机酸中的重要成分,采用酶联免疫吸附法测定了样果中的苹果酸含量<sup>[12-14]</sup>。

目前国内对于庆阳苹果的研究并不多,已有的研究主要集中在果树品种引进及栽培技术方面。本试验以庆阳市7县1区8个不同示范果园以及2个其他地区的苹果作为研究对象,采用主成分分析法对所测得的苹果品质评价指标进行分类,再根据最终的综合品质得分对庆阳苹果进行系统的评价,以期对庆阳苹果的品质改进和推广宣传提供一定的科学依据。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 材料

供试材料为庆阳市8个不同县(区)以及2个

收稿日期:2018-12-19

基金项目:甘肃省应用化学省级重点学科建设项目(编号:

GSACK20130113);陇东学院重点建设学科项目(编号:No. LDKCD201704)。

作者简介:张腊腊(1986—),女,甘肃庆城人,硕士研究生,讲师,主要从事食品深加工研究。E-mail:1029057094@qq.com。

[13]姚丽琴,田明.从龙牙楸木药材乙醇提取物中水解鞣木皂苷工艺优选[J].中国中医药信息杂志,2018,25(1):59-63.

[14]管福琴,刘敏,单宇,等.灰毡毛忍冬中五环三萜类化合物的抗氧化活性研究[J].时珍国医国药,2013,24(6):1315-1317.

[15]崔月花,章克昌.灵芝三萜皂苷(GCTLI)的体外抗氧化作用[J].食品科学,2010,31(19):49-53.

[16]孙延芳,梁宗锁,刘政,等.酸枣果三萜皂苷抑菌和抗氧化活

性的研究[J].食品工业科技,2012,33(6):139-142.

[17]杨洁,高凤祥,杨敏,等.藜麦皮总皂苷微波辅助提取工艺及其抗氧化活性研究[J].食品与机械,2017,33(12):148-153.

[18]刘金璐,雷永平,王晓林,等.刺玫果总皂苷的纯化工艺及体外活性研究[J].吉林化工学院学报,2018,35(09):16-23.

[19]姜鹭,姜新.楸木属植物研究现状与展望[J].河北农业科学,2008,12(5):87-90.

其他地区的苹果(2017 年 10 月 15—16 日采摘),通过套袋处理,各县(区)苹果成熟度相似,采摘后存于零度冷库,用于果实品质分析。果园地址及编号分别为:西峰区温泉镇黄官寨村(1),西峰区温泉镇刘家店村(2),庆城县驿马镇太乐村(3),合水县老城镇小塬子村(4),镇原县上肖乡路岭村(5),宁县湘乐镇樊湾村(6),正宁县西坡镇宋畔村(7),环县合道镇朱家塬村(8),平凉市静宁县治平大庄村(9),陕西省洛川县交口河镇安善村(10),结果按照果园序号排序进行分析。

## 1.2 仪器与设备

ELISA 检测试剂盒(上海优选生物科技有限公司)、BS110S 型电子天平(北京赛多利斯天平有限公司)、CR-400 型色度计(日本美能达公司)、PAL-1 型数显糖度计(日本 Atago 爱宕公司)、瑞士 Sunrise 全自动酶标仪 F50(上海博源生科技有限公司)、深圳雷杜洗板机 RT-3000(成都壹科医疗器械有限公司)、Eppendorf 台式高速冷冻离心机 5427 R(北京海天友诚科技有限公司)、NJL07-5 型实验室超声微波炉(南京杰全微波设备有限公司)、7230G 型可见分光光度计(上海精密科学仪器有限公司)。

## 1.3 指标测定方法

1.3.1 单果质量 单果质量采用精度为 0.1 g 的电子天平测量。

1.3.2 果形指数 采用游标卡尺测量果实的纵径和横径,果形指数 = 纵径/横径。

1.3.3 果皮色泽 采用全自动测色色度计在果实赤道附近对称选取 2 点测定果实表皮的颜色明亮度( $L$ )、颜色的绿红值( $a$ )、颜色的蓝黄值( $b$ ),总色差  $\Delta E = (\Delta a^2 + \Delta b^2 + \Delta L^2)^{1/2}$ 。

1.3.4 果实硬度和可溶性固形物含量 参照国家农业行业标准 NY/T 2316—2013《苹果品质指标评价规范》中的方法采用硬度计和糖量计测定果实硬度和可溶性固形物含量。

1.3.5 可滴定总酸含量和固酸比 参照国家标准 GB/T 12456—2008《食品中总酸的测定》中的 pH 电位法用酸度计测量可滴定酸总含量;固酸比即为可溶性固形物含量和可滴定酸的比值。

1.3.6 维生素 C 含量 维生素 C 含量参照国家标准 GB/T 5009.86—2016《食品安全国家标准 食品中抗坏血酸的测定》中的 2,6-二氯酚磺酞法进行测量。

1.3.7 可溶性总糖含量 可溶性总糖含量根据国家农业行业标准 NY/T 1278—2007《蔬菜及其制品中可溶性糖的测定 铜还原碘量法》中可溶性总糖的测定方法进行测定。

1.3.8 花青苷含量测定 称取 1 g 左右的果皮样品,在液氮中研磨成粉状,放入试管中,加 10 mL 乙醇-盐酸(85:15, V/V)提取液,在黑暗、4 ℃下萃取 24 h 后,在 12 000 r/min 下离心 10 min,取上清液,测定其在 530、620、650 nm 处的吸光度。花青苷含量计算公式为

$$\text{花青苷含量} = D_{\lambda} \div \zeta_{\lambda} \times V \div m \times 10^6;$$

$$D_{\lambda} = D_{530 \text{ nm}} - D_{620 \text{ nm}} - 0.1 \times (D_{650 \text{ nm}} - D_{620 \text{ nm}})。$$

式中: $\zeta_{\lambda} = 4.62 \times 10^4$ ,为花青苷分子在 530 nm 波长处的消光系数; $D_{\lambda}$  为花青苷的光密度; $V$  为提取液体积; $m$  为苹果果皮的质量。

1.3.9 苹果酸含量测定 采用植物苹果酸酶联免疫吸附试剂盒测定果实中的苹果酸含量,具体方法为样品处理:称取鲜质量为  $0.20 \pm 0.02$  g 的样本,按照 1 g 对应 9 mL 磷酸缓冲盐溶液(PBS)的比例加入 pH 值为 7.4 的 0.1 mol/L PBS,反复超声(130 W, 20 kHz, 20 s/次)3 次后,在 3 000 r/min 下离心 30 min,取上清液待用。加样,温育,洗涤,显色,测定:在 450 nm 波长处测定各孔的吸光度( $D_{450 \text{ nm}}$ )。以标准物的浓度为纵坐标, $D_{450 \text{ nm}}$  为横坐标,计算出标准曲线的回归方程,将样品的  $D_{450 \text{ nm}}$  代入方程式,计算出样品浓度,再乘以稀释倍数,即为样品中苹果酸的实际浓度。

## 1.4 数据处理

采用 Excel 2003 进行数据的整理和计算,再用 SPSS 19.0 进行主成分分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 10 个果园苹果品质分析

10 个果园苹果主要品质评价指标测定结果见表 1。庆阳市苹果单果质量以宁县最高,庆城县最低,但都高于 252 g,而静宁县和洛川县均低于庆城县;果形指数的测量值均在 0.8~0.92 范围内,说明果形为圆形或接近圆形,外观端正;果皮色泽以合水县最高,达到  $38.77 \text{ cd/cm}^2$ ,最低的西峰区温泉镇刘家店村也在  $22 \text{ cd/cm}^2$  左右,苹果色泽艳丽;果实硬度除了宁县外均在 7.0 以上,宁县果实硬度也达到了  $6.9 \text{ kg/cm}^2$ ,果实松脆可口。可溶性固形物含量环县、静宁县大于其他几个地方,其中环县最

表 1 庆阳市苹果品质分析结果

所在果园	果实硬度 (kg/cm <sup>2</sup> )(X <sub>1</sub> )	单果质量 (g)(X <sub>2</sub> )	果皮色泽 (cd/cm <sup>2</sup> )(X <sub>3</sub> )	果形指数 (X <sub>4</sub> )	果形	可溶性固形物含量 (%)(X <sub>5</sub> )	可滴定总酸 含量(%)(X <sub>6</sub> )	固酸比 (X <sub>7</sub> )	可溶性总糖 含量(%)(X <sub>8</sub> )	花青苷含量 (mg/100 g)(X <sub>9</sub> )	维生素 C 含量 (mg/100 g)(X <sub>10</sub> )	苹果酸含量 (%)
1	8.410 ± 0.902	340.85 ± 11.9	35.34 ± 1.15	0.81 ± 0.05	圆形/扁圆	14.56 ± 0.92	0.409 ± 0.02	33.41 ± 0.15	12.95 ± 0.01	24.58 ± 20.45	8.56 ± 0.02	0.180 ± 0.020
2	7.733 ± 0.685	284.24 ± 37.1	22.20 ± 1.54	0.89 ± 0.01	圆形/椭圆	14.38 ± 0.66	0.428 ± 0.05	30.92 ± 0.27	13.11 ± 0.01	11.85 ± 13.64	6.64 ± 0.02	0.278 ± 0.009
3	7.689 ± 0.513	252.23 ± 13.3	32.77 ± 2.34	0.91 ± 0.01	圆形/椭圆	14.02 ± 1.29	0.359 ± 0.04	42.31 ± 0.14	12.20 ± 0.02	21.18 ± 15.78	7.34 ± 0.01	0.201 ± 0.011
4	7.253 ± 0.515	315.06 ± 20.8	38.77 ± 2.15	0.87 ± 0.03	圆形	14.31 ± 0.87	0.380 ± 0.04	35.20 ± 0.18	12.17 ± 0.01	31.14 ± 13.12	5.27 ± 0.03	0.204 ± 0.005
5	7.344 ± 0.491	308.40 ± 15.9	37.92 ± 2.69	0.91 ± 0.06	圆形/椭圆	14.71 ± 1.12	0.451 ± 0.06	32.02 ± 0.13	12.55 ± 0.05	18.74 ± 16.22	7.55 ± 0.01	0.188 ± 0.007
6	6.917 ± 0.346	408.50 ± 31.6	27.34 ± 2.04	0.91 ± 0.04	圆形/椭圆	13.89 ± 1.13	0.367 ± 0.07	35.84 ± 0.04	12.00 ± 0.03	14.78 ± 6.58	7.29 ± 0.04	0.271 ± 0.025
7	7.842 ± 0.755	326.45 ± 31.9	34.11 ± 2.40	0.92 ± 0.06	圆形/椭圆	13.04 ± 1.12	0.422 ± 0.09	33.27 ± 0.05	12.86 ± 0.01	24.99 ± 9.68	6.23 ± 0.01	0.216 ± 0.022
8	8.115 ± 0.463	272.86 ± 15.6	30.87 ± 2.39	0.92 ± 0.05	圆形/椭圆	15.82 ± 0.69	0.394 ± 0.06	37.90 ± 0.21	13.37 ± 0.02	23.48 ± 10.89	7.17 ± 0.02	0.211 ± 0.005
9	8.068 ± 0.38	250.42 ± 16.2	31.69 ± 2.52	0.90 ± 0.05	圆形/椭圆	15.13 ± 0.85	0.450 ± 0.08	30.81 ± 0.18	13.77 ± 0.03	15.69 ± 6.36	6.71 ± 0.03	0.230 ± 0.005
10	7.716 ± 0.450	215.14 ± 12.3	28.51 ± 2.42	0.87 ± 0.10	圆形	14.56 ± 0.92	0.369 ± 0.05	37.28 ± 0.07	12.95 ± 0.01	14.69 ± 8.13	6.10 ± 0.04	0.271 ± 0.003

高,达 15.82%,正宁县最低;可滴定总酸含量镇原县较其他几个地方的高,庆城县最低;固酸比是评判苹果品质的重要指标,固酸比在 30~50 之间时适合中国人的味感嗜好,比值越大感觉越甜,比值越小感觉越酸。10 个果园中苹果固酸比都较高,均大于 30,环县最高为 42.31,是所有样品中最适口的。可溶性总糖含量静宁县与环县较其他地方高,花青苷含量以合水县最高,而维生素 C 含量以西峰区温泉镇黄官寨村最高。

## 2.2 苹果酸含量

根据试验数据得出苹果酸含量的标准曲线方程为  $y = 169.95x - 13.423$ ,相关系数  $r^2$  为 0.997 8,可满足实际检测需要。苹果酸作为苹果有机酸中的一种重要酸,对于提高苹果生长过程中果肉和果皮色泽强度和色泽稳定性具有重要作用<sup>[19-23]</sup>。10 个产地苹果中有机酸含量均在 0.18% 以上,除西峰区温泉镇官寨村和镇原县外,其余产地苹果中苹果酸含量达到 0.2% 以上,西峰区温泉镇刘家店村含量最高,为 0.278%。

若要对苹果作出系统的评价还需要对各个指标进行综合分析,因为果实综合品质从单个指标中不易体现。

## 2.3 苹果品质评价因子选择

本度验所测的 10 个品质指标之间既相对独立又密切相关。对所测苹果的主要品质指标应用主成分分析和聚类分析选择出品质评价的主要因子并进行分类<sup>[15-17]</sup>。表 2 是对所测指标进行标准化处理后得到的相关系数矩阵。

### 2.3.1 主成分因子的选择

根据特征值大于 1 的原则提取了 4 个主成分,其特征值分别为 3.066、1.955、1.756、1.336,各个主成分的方差贡献率分别为 30.663%、19.548%、17.562%、13.364%。累积贡献率达 81.137% (表 3、表 4),因此所选择的 4 个主成分能够代表苹果综合品质性状 81.137% 的信息,可将所测的 10 个品质性状综合为 4 个主成分。

由表 3 可知,决定 4 个主成分大小的指标分别是第 1 主成分:果实硬度和可溶性总糖含量;第 2 主成分:果皮色泽和花青苷含量;第 3 主成分:单果质量和固酸比;第 4 主成分:维生素 C 含量。由于对主成分的载荷矩阵旋转后,矩阵的载荷系数可更接近 1 或 0,进而可以更好地描述所测苹果的综合品质,因此对主成分矩阵进行旋转,结果如表 4 所示,决定 4 个主成分大小的指标分别是第 1 主成分:单

表2 10个指标的相关系数矩阵

品质指标	相关系数									
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_9$	$X_{10}$
$X_1$	1.000	-0.421	0.011	-0.377	0.375	0.312	0.109	0.125	0.356	0.765
$X_2$	-0.421	1.000	0.119	-0.058	-0.415	-0.035	-0.221	0.186	0.280	-0.512
$X_3$	0.011	0.119	1.000	-0.173	-0.036	0.124	0.040	0.788	0.013	-0.248
$X_4$	-0.377	-0.058	-0.173	1.000	-0.076	0.076	0.160	-0.207	-0.247	-0.039
$X_5$	0.375	-0.415	-0.036	-0.076	1.000	0.188	-0.021	-0.104	0.212	0.557
$X_6$	0.312	-0.035	0.124	0.076	0.188	1.000	-0.853	-0.170	0.149	0.592
$X_7$	-0.109	-0.221	0.040	0.160	-0.021	-0.853	1.000	0.225	0.020	-0.445
$X_8$	0.125	0.186	0.788	-0.207	-0.104	-0.170	0.225	1.000	-0.164	-0.254
$X_9$	0.356	0.280	0.013	-0.247	0.212	0.149	0.020	-0.164	1.000	0.057
$X_{10}$	0.765	-0.512	-0.248	-0.039	0.557	0.592	-0.445	-0.254	0.057	1.000

表3 主成分分析

指标	负荷量			
	1	2	3	4
果实硬度	0.737	0.404	0.325	0.146
单果质量	-0.470	0.185	-0.676	0.369
果皮色泽	-0.238	0.826	-0.049	-0.337
果形指数	-0.151	-0.567	-0.049	-0.425
可溶性固形物含量	0.604	0.069	0.400	0.043
可滴定总酸含量	0.695	0.124	-0.605	-0.261
固酸比	-0.539	-0.052	0.788	0.164
花青苷含量	-0.356	0.816	0.149	-0.322
维生素C含量	0.241	0.255	-0.092	0.813
可溶性总糖含量	0.949	-0.028	0.107	-0.153
方差贡献率(%)	30.663	19.548	17.562	13.364
累积方差贡献率(%)	30.663	50.211	67.773	81.137

表4 旋转后的主成分分析

指标	负荷量			
	1	2	3	4
果实硬度	0.772	0.171	0.138	0.435
单果质量	-0.824	0.185	0.077	0.360
果皮色泽	-0.087	0.068	0.917	0.051
果形指数	-0.121	0.001	-0.288	-0.655
可溶性固形物含量	0.707	0.029	-0.075	0.159
可滴定总酸含量	0.207	0.943	0.008	0.013
固酸比	0.048	-0.965	0.070	-0.045
花青苷含量	-0.057	-0.157	0.943	0.022
维生素C含量	0.013	0.033	-0.177	0.871
可溶性总糖含量	0.812	0.492	-0.182	0.033
方差贡献率(%)	30.663	19.548	17.562	13.364
累积方差贡献率(%)	30.663	50.211	67.773	81.137

果质量和可溶性总糖含量;第2主成分:固酸比和可滴定总酸含量;第3主成分:果皮色泽和花青苷含量;第4主成分:维生素C含量。综合分析4个主成分可分别将其定义为,第1主成分:苹果的甜味;第2主成分:苹果的酸味;第3主成分:苹果的色泽;第4主成分:苹果的成分品质。

2.3.2 主成分因子的聚类分析 对表5前4个主成分的特征向量进行系统聚类分析,建立果实品质评价体系,从图1可以看出,最大距离约为23时可划分为4个类别,果形指数(4)、固酸比(7)分别单

列为一类,单果质量、花青苷含量和果皮色泽(2、3、8)聚为一类,果实硬度、可溶性固形物含量、可溶性总糖含量、维生素C含量和可滴定总酸含量(1、5、6、9、10)5个指标同聚为一类。说明所测的10个果实品质评价指标可以选出4个代表因子进行简化,简化后的评价指标为果形指数、固酸比、单果质量或果皮色泽或花青苷含量、果实硬度或可溶性固形物含量或可溶性总糖含量或维生素C含量或可滴定总酸含量。

根据图1聚类分析的结果并结合主成分因子分

表5 苹果品质评价各指标特征向量

因子	特征向量									
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_9$	$X_{10}$
$X_1$	1.580 4	0.788 7	0.672 6	-2.395 5	0.159 2	0.178 3	-0.413 4	0.743 1	1.840 6	0.278 1
$X_2$	0.054 8	-0.239 2	-1.936 0	-0.029 6	-0.083 7	0.733 7	-1.106 1	-1.374 1	-0.270 5	0.561 4
$X_3$	-0.044 4	-0.820 5	0.162 4	0.561 9	-0.569 5	-1.283 3	2.062 6	0.177 6	0.499 2	-1.050 2
$X_4$	-1.026 9	0.320 4	1.353 5	-0.621 2	-0.178 1	-0.669 4	0.084 6	1.834 1	-1.776 9	-1.103 4
$X_5$	-0.821 9	0.199 5	1.184 8	0.561 9	0.361 7	1.406 0	-0.800 1	-0.228 2	0.730 0	-0.430 4
$X_6$	-1.784 1	2.017 0	-0.915 6	0.561 9	-0.745 0	-1.049 4	0.262 6	-0.886 8	0.444 2	-1.404 4
$X_7$	0.300 4	0.527 2	0.428 4	0.857 7	-1.892 2	0.558 3	-0.452 3	0.811 3	-0.721 3	0.118 7
$X_8$	0.915 6	-0.445 9	-0.214 8	0.857 7	1.859 7	-0.260 2	0.835 7	0.560 1	0.312 3	1.021 9
$X_9$	0.809 7	-0.853 3	-0.052 0	0.266 2	0.928 5	1.376 8	-1.136 7	-0.735 4	-0.193 5	1.730 4
$X_{10}$	0.016 5	-1.493 9	-0.683 3	-0.621 1	0.159 2	-0.990 9	0.663 2	-0.901 7	-0.864 2	0.278 1

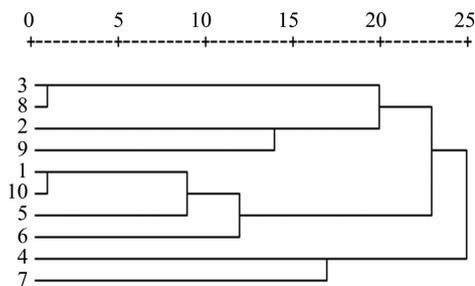


图1 聚类分析结果

析结果确定固酸比、果形指数、果皮色泽和可溶性总糖含量4个指标为简化后的评价体系,计算庆阳市各个县(区)及静宁和洛川10个产地苹果综合品质的得分和排序,结果见表6。10个产地苹果综合品质的顺序为庆城县>环县>合水县>宁县>静宁县>西峰区温泉镇黄官寨村>镇原县>西峰区温泉镇刘家店村>正宁县>洛川县。

表6 庆阳市各县(区)苹果主成分得分及综合得分

产地	排序	综合得分	成分得分			
			I	II	III	IV
西峰区温泉镇黄官寨村(1)	6	-0.310	0.964	-0.971	-0.938	0.635
西峰区温泉镇刘家店村(2)	8	-2.428	-2.924	1.185	-0.329	-0.360
庆城县(3)	1	5.956	1.387	0.385	2.917	1.267
合水县(4)	3	1.658	1.121	2.098	0.288	-1.849
镇原县(5)	7	-0.735	0.852	0.229	-2.075	0.259
宁县(6)	4	1.532	-2.279	3.459	0.108	0.244
正宁县(7)	9	-4.021	-1.048	-2.965	-0.070	0.062
环县(8)	2	3.285	1.057	1.157	0.943	0.128
平凉市静宁县(9)	5	0.587	2.013	1.033	-3.177	0.718
陕西省洛川县(10)	10	-4.224	-1.807	0.492	-3.142	0.233

### 3 结论

通过对庆阳地区8个县(区)及静宁县和洛川县10个产地苹果品质指标的测定,采用主成分分析法选取4个指标(固酸比、果形指数、可溶性总糖和果皮色泽)作为最终评价因子,并得到10个产地苹果的综合品质得分,从高到低依次为庆城县>环县>合水县>宁县>静宁县>西峰区温泉镇黄官寨村>镇原县>西峰区温泉镇刘家店村>正宁县>洛川县。采用多元统计的方法对庆阳市苹果进行系统分析,为评价庆阳市苹果的品质提供了一定理论依据。苹果酸作为苹果中一种重要的有机酸,具有较高的药用价值,采用酶联免疫吸附法测定了苹果中苹果酸的含量,高低顺序为西峰区温泉镇刘家店村>宁县>洛川县>静宁县>正宁县>环县>合水县>庆城县>镇原县>西峰区温泉镇黄官寨村。

#### 参考文献:

[1]冯德鹏. 庆阳市苹果矮化栽培现状分析[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2014.  
 [2]康三江,张永茂. 庆阳苹果产业的优势与发展建议[J]. 甘肃农业科技,2006(7):39-41.  
 [3]杨振锋,聂继云,李静,等. 富士苹果几项品质指标分析[J]. 山西果树,2007(2):8-9.  
 [4]魏钦平,程述汉,丁殿东. 苹果品质评价因素的选择[J]. 中国果树,1997(4):14-15.

[5]景淑娟,郭学军,李娟绒,等. 影响红富士苹果质量的因素及改善措施[J]. 山西果树,2010(1):31-32.  
 [6]冯娟,任小林,田建文,等. 不同产地富士苹果品质分析与比较[J]. 食品工业科技,2013,34(14):108-112.  
 [7]Jin X, Chen M L, Yi L, et al. Delphinidin - 3 - glucoside protects human umbilical vein endothelial cells against oxidized low - density lipoprotein - induced injury by autophagy upregulation via the AMPK/SIRT1 signaling pathway[J]. Mol Nutr Food Res,2014,58:1941-1951.  
 [8]赵宗方,谢嘉宝,吴桂法,等. 富士苹果果皮花青素发育的相关因素分析[J]. 果树学报,1992,9(3):134-137.  
 [9]张元慧,关军锋,杨建民,等. 李果实发育过程中果皮色素、糖和总酚含量及多酚氧化酶活性的变化[J]. 果树学报,2004,21(1):17-20.  
 [10]夏静,章镇,吕东,等. 套袋对苹果发育过程中果皮色素及果肉糖含量的影响[J]. 西北植物学报,2010,30(8):1675-1680.  
 [11]赵永红,李宪利. 果实中糖酸积累机理研究进展[J]. 农业科技通讯,2009(8):110-112.  
 [12]王彩云,王政纲,云战友. 酶联免疫法测定食品和饲料中的黄曲霉毒素[J]. 食品工程,2007(4):58-60.  
 [13]王宇滨,张超,马越,等. 几种有机酸对紫玉米花青素热稳定性的影响[J]. 食品科学,2010,31(7):164-167.  
 [14]张丽霞,周剑忠,顾振新,等. 不同有机酸对黑莓花色苷辅色效果的影响[J]. 食品与发酵工业,2013,39(6):105-110.  
 [15]吴伟,崔光华,陆彬. 实验设计中多指标的优化:星点设计和总评“归一值”的应用[J]. 中国药学杂志,2000,35(8):530-533.  
 [16]张振文,姚庆群. 主成分分析法在芒果贮藏特性分析中的应用[J]. 亚热带植物科学,2005,34(2):25-28,33.  
 [17]聂继云,张红军,马智勇,等. 聚类分析在我国果树研究中的应用及问题分析[J]. 果树科学,2000,17(2):128-130.