

DOI: 10.13995/j.cnki.11-1802/ts.015725

引用格式: 袁惠君, 贾鸿震, 李虎军, 等. 不同品种宁夏枸杞鲜果干制特征分析及评价[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(6): 200-204.

YUAN Hui-jun, JIA Hong-zhen, LI Hu-jun, et al. Comparative analysis of drying process characters of wolfberry (*Lycium barbarum* L.) fresh fruit in different cultivars [J]. Food and Fermentation Industries, 2018, 44(6): 200-204.

不同品种宁夏枸杞鲜果干制特征分析及评价

袁惠君*, 贾鸿震, 李虎军, 李欣, 马倩国, 巩慧玲

(兰州理工大学 生命科学与工程学院, 甘肃 兰州 730050)

摘要 为探讨构建不同品种宁夏枸杞鲜果适宜干制加工的鲜果品质性状综合评价体系, 以西北地区广泛栽培的9个品种宁夏枸杞鲜果为材料, 用扫描电镜研究了表皮蜡质形态, 并通过单因素方差分析、因子分析、相关性分析和聚类分析, 比较了比表面积、组织含水量、单果体积、百粒鲜重和百粒干重的差异。结果表明, 9个品种宁夏枸杞鲜果果形和表皮蜡质形态相似, 但品种间比表面积、组织含水量、单果体积、百粒鲜重和百粒干重差异显著。组织含水量与比表面积呈显著正相关, 与百粒干重呈极显著负相关; 体积、百粒鲜重、百粒干重间均呈极显著正相关。百粒干重和组织含水量是体现枸杞鲜果干制加工特性的关键指标。9个宁夏枸杞品种聚为4类, 蒙杞1号为1类, 最适宜于干制; 宁杞0901、宁杞7号、宁杞3号聚为1类; 宁杞0702号、宁杞6号、宁杞5号、宁杞4号聚为1类, 扁果枸杞单独聚为1类, 后两类不宜干制。

关键词 宁夏枸杞; 鲜果; 干制; 因子分析; 聚类分析

宁夏枸杞 (*Lycium barbarum* L.) 是宁夏、内蒙古、甘肃、青海、新疆等西北干旱半干旱地区广泛栽培的一种旱生经济灌木, 具有极强的耐旱、耐盐碱和耐贫瘠性, 其嫩枝和叶还可作为家畜的优良牧草^[1-4]。同时, 宁夏枸杞根、叶、果实均可入药, 尤其是其干燥果实-枸杞子, 食用和药用已有两千多年的历史^[5-8]。枸杞产业成为西北干旱半干旱地区重要的经济支柱之一, 绝大部分枸杞鲜果都通过自然晾晒或烘干后制成干品, 干果年产量超过50万t^[6]。但是, 由于品种来源、选育方向等差异, 各品种在果实大小、含水量等方面存在显著差异, 而这些特征与鲜果干燥效率密切相关。

本文以9个西北干旱地区广泛栽培的宁夏枸杞品种为材料, 比较不同品种宁夏枸杞鲜果形态、表皮蜡质分布、体积、比表面体、百粒鲜重、百粒干重、组织含水量的差异, 旨在筛选适宜干制加工的品种, 为提高枸杞干果生产效率和品质, 促进干旱半干旱地区枸杞深加工产业发展提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

第一作者: 副教授(本文通讯作者, E-mail: gsyhj@163.com)。
基金项目: 国家自然科学基金(31460629); 兰州市科技发展计划项目(2013-4-132)
收稿日期: 2017-09-10, 改回日期: 2017-10-28

9个宁夏枸杞 (*Lycium barbarum* L.) 品种的鲜果, 即蒙杞1号、扁果枸杞、宁杞3号、宁杞4号、宁杞5号、宁杞6号、宁杞7号、宁杞0702和宁杞0901号, 于2014年8月在甘肃省白银市景泰县玉杰公司枸杞品种引种基地采集, 各品种树龄相同, 均为4年生, 树体大小相似, 高1.0~1.3 m, 冠幅1.0~1.2 m。

1.2 仪器与设备

GZX-9030MBE型烘箱, 上海博讯医疗设备厂; AB104-N型电子分析天平, 梅特勒-托利多仪器有限公司; 日立 HITACHI S-3400N型扫描电镜, 日本 Hitachi 公司。

1.3 方法

1.3.1 鲜果表皮形态观察

将不同品种枸杞鲜果用自来水冲洗干净后, 切取鲜果中部表皮, 置于液氮中冷冻后, 用 HITACHI S-3400N 扫描电子显微镜观察表皮蜡质形态。

1.3.2 鲜果形态特征的测定

果实的形态、体积和表面积体积比的测定: 果实采摘后, 每个品种以四分法随机选取5粒为代表拍照记录果形。在100 mL量筒中准确加入50 mL蒸馏水, 再加入随机选取的10粒鲜果, 记录总体积, 单果体积即为总体积减去50 mL蒸馏水的体积再除以10。每个品种测定8次重复。再随机选取20粒鲜果用游标卡尺逐个测定果粒纵径、横径, 按照椭球形表面积公式计算单果表面积 = $4/3\pi \times (2 \times \text{纵径} \times \text{横径})$

+ 横径 × 横径) ,比表面积 = 表面积 / 体积 ,表示单位体积占有的表面积。

百粒鲜重、百粒干重和组织含水量的测定:以四分法随机选取 100 粒鲜果 ,用分析天平精确称量鲜重;再将鲜果转入培养皿中在 80 ℃ 下烘干至恒重精确测定干重。组织含水量为百粒鲜重与百粒干重的差值除以百粒干重。每个品种测定 8 次重复。

变异系数为每个测量指标的标准差占平均值的百分比。

1.3.3 数据处理

采用 Microsoft Excel 2013 建立数据库 ,用 SPSS 17.0 统计软件进行单因素方差分析、相关性分析、因子分析和聚类分析。

2 结果与分析

2.1 不同品种宁夏枸杞鲜果表皮形态差异

植物表皮蜡质是阻止表皮细胞内水分向外扩散的屏障^[19-21] ,且表皮蜡质限制水分的散失与蜡质的厚度没有直接联系^[22]。尹荣菊等^[23]的研究表明:除去枸杞鲜果表皮蜡质后 ,鲜果烘干时间缩短 20 h ,日晒干制时间由 10 d 缩短至 4 ~ 5 d。可见 ,枸杞鲜果干制中 ,表皮蜡质是影响枸杞鲜果干制的主要因素之一。BARTHLOTT 等^[24]用扫描电镜观察了 13 000 多种植物表皮蜡质的形态结构并对其进行了系统分类和命名 ,将表皮蜡质形态分为柱状、棒条状、垂直片状、线状等 26 类。本文中 9 个品种宁夏枸杞鲜果间表皮蜡质的微观形态相似 ,均呈紧密排列的平行线状 ,线与线之间无间隙(图 1) ,表明表皮蜡质形态不适合用作不同枸杞品种鲜果干燥加工特性的评价指标。

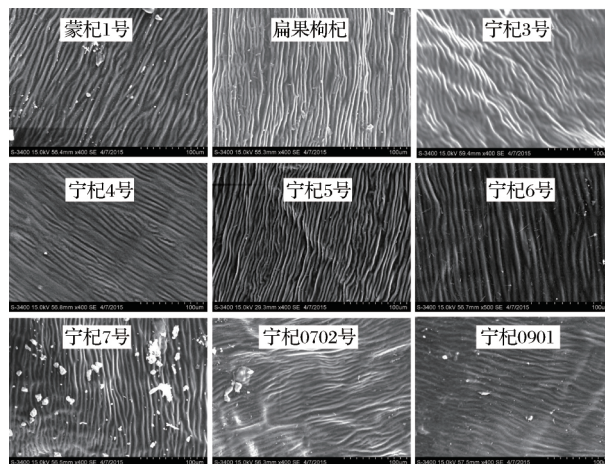


图 1 9 个品种宁夏枸杞鲜果表皮蜡质形态

Fig. 1 Morphological character of *Lycium barbarum* L. fresh fruits epidermis wax in nine cultivars

2.2 不同品种宁夏枸杞鲜果干制加工性状及变异特征

不同品种宁夏枸杞鲜果形态相似 ,均为鲜红色 ,长椭球形(图 2) ,但比表面积、组织含水量、体积、百粒鲜重和百粒干重差异显著(表 1)。

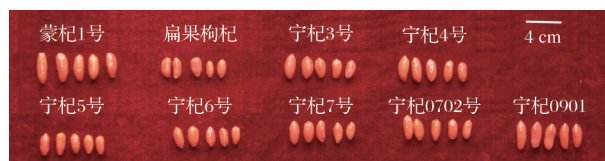


图 2 9 个品种宁夏枸杞鲜果形态

Fig. 2 Morphological character of *Lycium barbarum* L. fresh fruits in nine cultivars

以比表面积和组织含水量最小的蒙杞 1 号为对照 ,扁果枸杞、宁杞0901号、宁杞6号、宁杞5号、宁

表 1 9 个品种宁夏枸杞鲜果干制加工性状及变异特征

Table 1 Drying process indicators and variation analysis of *Lycium barbarum* L. fresh fruit in nine cultivars

	比表面积/ [cm ³ · (cm ²) ⁻¹]	组织含水量/ (g · g ⁻¹ DW)	体积/ cm ³	百粒鲜重/ g	百粒干重/ g
蒙杞 1 号	4.13 ± 0.76b	4.15 ± 0.20c	1.39 ± 0.11a	112.05 ± 6.66a	21.78 ± 1.47a
扁果枸杞	5.48 ± 0.76a	5.74 ± 0.81a	0.80 ± 0.09f	65.21 ± 4.90e	9.84 ± 1.71d
宁杞 3 号	4.71 ± 0.93ab	5.66 ± 0.36a	1.21 ± 0.11b	114.03 ± 5.68a	17.16 ± 1.06b
宁杞 4 号	4.65 ± 0.61ab	5.09 ± 0.31b	0.96 ± 0.07de	79.37 ± 5.32d	13.08 ± 1.19c
宁杞 5 号	5.01 ± 0.67a	5.34 ± 0.41ab	0.92 ± 0.09e	75.48 ± 9.39d	11.95 ± 1.66c
宁杞 6 号	5.24 ± 1.07a	5.06 ± 0.32b	1.04 ± 0.18cd	81.87 ± 8.41d	13.61 ± 2.05c
宁杞 7 号	4.71 ± 0.66ab	5.80 ± 0.28a	1.08 ± 0.08c	92.81 ± 5.94c	13.65 ± 0.85c
宁杞 0702 号	4.97 ± 0.57ab	4.42 ± 0.95c	0.86 ± 0.07ef	66.84 ± 5.32e	12.59 ± 1.79c
宁杞 0901 号	5.42 ± 0.78a	5.41 ± 0.40ab	1.21 ± 0.10b	104.28 ± 7.47b	16.34 ± 1.74b
最大值	6.49	6.61	1.60	122.87	24.32
最小值	2.88	3.46	0.70	57.61	7.96
标准差	0.83	0.73	0.21	18.80	3.64
平均值	4.92*	5.18**	1.05**	87.99**	14.45**
变异系数/%	16.87	14.09	20.00	21.37	25.19

注:不同小写字母表示同一指标不同品种间差异显著(p < 0.05)。“*”表示差异显著(p < 0.05)，“**”表示差异极显著(p < 0.01)。

杞 0702 号、宁杞 3 号、宁杞 7 号和宁杞 4 号的比表面积分别比对照高 33%、31%、27%、21%、20%，宁杞 3 号和宁杞 7 号均比对照高 14%，宁杞 4 号比对照高 13% (表 1)；宁杞 7 号组织含水量比对照高 6%，宁杞 3 号、扁果枸杞和宁杞 0901 号均比对照高 5%，宁杞 5 号、宁杞 4 号和宁杞 6 号比对照高 4%，宁杞 0702 号比对照高 1% (表 1)。

以体积、百粒鲜重和百粒干重最小的扁果枸杞为对照，蒙杞 1 号、宁杞 0901 号、宁杞 3 号、宁杞 7 号、宁杞 6 号、宁杞 4 号、宁杞 5 号和宁杞 0702 号的体积比对照分别高 74%、52%、51%、35%、30%、20%、15% 和 7%；宁杞 3 号、蒙杞 1 号、宁杞 0901 号、宁杞 7 号、宁杞 6 号、宁杞 4 号、宁杞 5 号和宁杞 0702 号的百粒鲜重分别比对照高 75%、72%、60%、42%、26%、22%、16% 和 3%；蒙杞 1 号、宁杞 3 号、宁杞 0901 号、宁杞 7 号、宁杞 6 号、宁杞 4 号、宁杞 0702 号和宁杞 5 号的百粒干重比对照高 121%、75%、66%、39%、38%、33%、28% 和 21% (表 1)。

2.3 不同品种宁夏枸杞鲜果干制加工性状的因子分析和聚类分析

因子分析结果表明：前 2 个因子的累计贡献率为 83.15%，即前 2 个因子所含信息量占总信息量的 83.15%，且 2 个因子的特征值均超过 1，表明前 2 个因子可以用于枸杞鲜果干制加工性状指标评价。因子 1 的方差贡献率为 61.89%，代表性指标分别为体积、百粒鲜重和百粒干重，可定义为产量因子；因子 2 的方差贡献率为 21.26%，代表性指标为组织含水量和比表面积，可定义为水分状况因子。产量因子的 3 项指标中，百粒干重因子权重最高 (表 2)，与体积、百粒鲜重呈极显著正相关 (表 3)，故百粒干重可代表产量因子。

表 2 9 个品种宁夏枸杞鲜果干制加工性状的因子分析

Table 2 Factor analysis of drying process indices of *Lycium barbarum* L. fresh fruit in nine cultivars

	主成分 1	主成分 2
比表面积 / [cm ³ · (cm ²) ⁻¹]	-0.759	0.361
组织含水量 / (g · g ⁻¹ DW)	-0.434	0.855
体积 / cm ³	0.954	0.249
百粒鲜重 / g	0.891	0.444
百粒干重 / g	0.989	0.012
特征值	3.10	1.06
方差贡献率 / %	61.89	21.26

水分状况因子的 2 项指标中，组织含水量因子权重最高 (表 2)，且与比表面积呈显著正相关 (表 3)，

因此组织含水量可代表水分状况因子。通过对枸杞鲜果干制加工性状指标数据标准化后的数值乘以各因子的权重，计算出每个样品的综合得分，用得分的高低进行枸杞鲜果品质排序 (表 4)，结果表明，不同品种枸杞鲜果干制加工性状存在差异。在供试的 9 个枸杞品种中，蒙杞 1 号排名最优；其次是宁杞 3 号、宁杞 0901 号、宁杞 7 号；再其次为宁杞 6 号、宁杞 4 号、宁杞 5 号、宁杞 0702 号；扁果枸杞综合排名最后。

聚类分析结果表明 (图 3)：9 个枸杞品种可分为 4 类，其中蒙杞 1 号单独聚为一类，其特点为百粒干重和体积优于其他类群，且比表面积和组织含水量低 (表 1)；宁杞 0901、宁杞 7 号、宁杞 3 号 3 个品种聚为一类，其比表面积、组织含水量、百粒干重、体积均较高 (表 1)；宁杞 0702 号、宁杞 6 号、宁杞 5 号、宁杞 4 号 4 个品种聚为一类，扁果枸杞单独聚为一类，其特点均为比表面积和组织含水量较高，而百粒干重和体积较小 (表 1)。

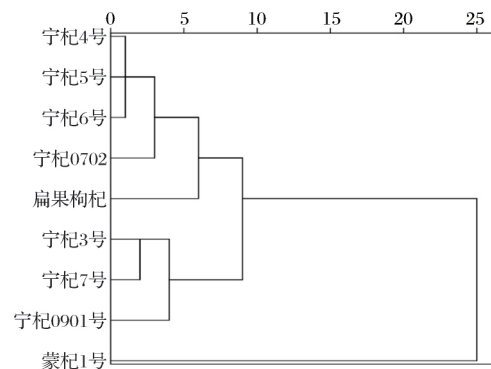


图 3 宁夏枸杞鲜果干制加工性状特征聚类分析系统树
Fig. 3 Dendrogram obtained from cluster analysis of drying process indices of *Lycium barbarum* L. fresh fruits in nine cultivars

枸杞单果体积和百粒重是评价枸杞果实质量的重要指标，体积和百粒重越大，经济价值越高^[15]。比表面积、组织含水量是影响果蔬干制的重要因素^[19-20]。比表面积越大，即单位体积对应的表面积越大，蒸腾面积越大，越利于干燥^[20]；组织含水量越高，越不利于干燥。本文中，体积、百粒鲜重和百粒干重定义为产量因子，以百粒干重为代表；比表面积和组织含水量定义为水分状况因子，以组织含水量为代表；产量因子对方差的贡献率远远超过水分状况因子，且百粒干重在产量因子中所占的权重又高，因此在计算排序得分时百粒干重和组织含水量是影响得分的 2 个最重要因素，百粒干重对得分的影响远远大于组织含水量，又由于组织含水量与百粒干重呈极显

著负相关(表3),因此,百粒干重越大,且组织含水量越低的品种得分越高,如蒙杞1号;相反地,扁果枸杞得分最低。聚类分析也将百粒干重最大、组织含水量

最小的蒙杞1号单独聚为一类,而具有相反特征的扁果枸杞聚为另一类。可见,百粒干重和组织含水量是体现枸杞鲜果干制加工特性的关键指标。

表3 9个品种宁夏枸杞鲜果干制加工性状的相关性分析

Table 3 Correlation analysis of drying process indicators of *Lycium barbarum* L. fresh fruit in nine cultivars

	比表面积/[$\text{cm}^3 \cdot (\text{cm}^2)^{-1}$]	组织含水量/($\text{g} \cdot \text{g}^{-1}\text{DW}$)	体积/ cm^3	百粒鲜重/g
组织含水量/($\text{g} \cdot \text{g}^{-1}\text{DW}$)	0.284*			
体积/ cm^3	-0.325**	-0.227		
百粒鲜重/g	-0.300*	-0.033	0.918**	
百粒干重/g	-0.394**	-0.506**	0.907**	0.868**

注：“*”表示相关性分析的差异显著($p < 0.05$),“**”表示相关性分析的差异极显著($p < 0.01$)。

表4 9个品种宁夏枸杞鲜果干制加工性状的因子得分

Table 4 Scores of the factor analysis of *Lycium barbarum* L. fresh fruits in nine cultivars

品种	得分	排序
蒙杞1号	2.613	1
宁杞3号	1.447	2
宁杞0901号	0.747	3
宁杞7号	0.230	4
宁杞6号	-0.436	5
宁杞4号	-0.438	6
宁杞5号	-0.946	7
宁杞0702号	-1.256	8
扁果	-1.961	9

3 结论

9个品种宁夏枸杞鲜果表皮蜡质形态和果形相似,果形均为鲜红色长椭球形,表皮均被排列紧密的线状蜡质覆盖。品种间比表面积、组织含水量、单果体积、百粒鲜重和百粒干重差异显著。百粒干重和组织含水量是体现枸杞鲜果干制加工特性的关键指标。9个品种宁夏枸杞分为4类:蒙杞1号因百粒干重大且组织含水量低而综合得分最高,最适合用于干制;其次适合于干制加工的品种是宁杞0901、宁杞7号、宁杞3号;宁杞0702号、宁杞6号、宁杞5号、宁杞4号为一类,扁果枸杞单独聚为一类,这两类的特点均为百粒干重小且组织含水量高,综合排名低,不宜干制。

参 考 文 献

[1] 刘静,王连喜,马力文,等.枸杞的生理因子与外环境气象因子的日变化规律研究[J].干旱地区农业研究,2003,21(1):77-82.
[2] 陈艳瑞,尹林克.人工防风固沙林演替中群落组成和优势种群生态位变化特征[J].植物生态学报,2008,32

(5):1126-1133.
[3] 阎宏,任万哲,刘红霞.枸杞生产加工废弃物饲用价值评价[J].饲料工业,2009,30(23):45-47.
[4] 徐常青,刘赛,徐荣,等.我国枸杞主产区生产现状调研及建议[J].中国中药杂志,2014,39(11):1979-1984.
[5] 陈清华,王朝良.宁夏枸杞产业发展优势和提升出口竞争力的对策[J].农业现代化研究,2008,29(2):151-154.
[6] 肖佳,高昊,周正群,等.枸杞属中枸杞红素类成分研究进展[J].科学通报,2017(16):1691-1698.
[7] ZHOU Z Q, XIAO J, FAN H X, et al. Polyphenols from wolfberry and their bioactivities [J]. Food Chemistry, 2017, 214:644.
[8] ZHOU Z Q, FAN H X, HE R R, et al. Lycibarbarspermidines A-O, new dicaffeoylspermidine derivatives from wolfberry, with activities against Alzheimer's disease and oxidation [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2016, 64(11):2223.
[9] 袁惠君,刘轲,王春梅,等.两个宁夏枸杞品种的耐渗透胁迫和耐盐特征比较[J].草业科学,2016,33(4):681-690.
[10] 毛桂莲,许兴,张渊.NaCl胁迫对枸杞叶绿素荧光特性和活性氧代谢的影响[J].干旱地区农业研究,2005,23(5):118-121.
[11] 毛桂莲,许兴,杨涓.NaCl和 Na_2CO_3 对枸杞的胁迫效应[J].干旱地区农业研究,2004,22(2):100-104.
[12] ZHAO W G, CHUNG J W, CHO Y I, et al. Molecular genetic diversity and population structure in *Lycium* accessions using SSR markers [J]. C R Biologies, 2010, 333(11):793-800.
[13] 袁海静,安巍,李立会,等.中国枸杞种质资源主要形态学性状调查与聚类分析[J].植物遗传资源学报,2013,14(4):627-633.
[14] 安巍,王亚军,尹跃,等.枸杞种质资源的SRAP分析

- [J]. 浙江农业学报 2013 25(6):1 234 - 1 237.
- [15] 赵建华 述小英 李浩霞 等. 不同果色枸杞鲜果品质性状分析及综合评价[J]. 中国农业科学 2017 50(12): 2 338 - 2 348.
- [16] 牛艳 王明国 郑国琦 等. 宁夏不同地域枸杞子微量元素比较研究[J]. 干旱地区农业研究 2005 23(2): 100 - 103.
- [17] 张晓煜 刘静 袁海燕 等. 不同地域环境对枸杞蛋白质和药用氨基酸含量的影响[J]. 干旱地区农业研究 2004 22(3):100 - 104.
- [18] 安巍 赵建华 石志刚 等. 枸杞种质资源果实数量性状评价指标探讨[J]. 果树学报 2007 24(2):172 - 175.
- [19] 王艳红 刘斌. 影响果蔬采后失水若干因素的分析[J]. 保鲜与加工 2009 9(5):4 - 8.
- [20] 李魏强 张正斌 李景娟. 植物表皮蜡质与抗旱及其分子生物学[J]. 分子植物(英文版), 2006 32(5): 505 - 512.
- [21] PREMCHANDRA G S , SANEOKA H , FUJITA K , et al. Leaf water relations , osmotic adjustment , cell membrane stability , epicuticular wax load and growth as affected by increasing water deficits in sorghum [J]. Journal of Experimental Botany , 1992 , 43(257) :1 569 - 1 576.
- [22] OLIVEIRA A F , MEIRELLES S T , SALATINO A. Epicuticular waxes from caatinga and cerrado species and their efficiency against water loss [J]. Anais da Academia Brasileira de Ciências , 2003 , 75(4) :431 - 439.
- [23] 尹荣菊 陈丙义. 枸杞冷浸制干效果和机理[J]. 宁夏农林科技 1989(3) :29 - 33.
- [24] BARTHOLOTT W , NEINHUIS C , CUTLER D , et al. Classification and terminology of plant epicuticular waxes [J]. Botanical Journal of the Linnean Society , 1998 , 126(3) :237 - 260.

Comparative analysis of drying process characters of wolfberry (*Lycium barbarum* L.) fresh fruit in different cultivars

YUAN Hui-jun^{*} , JIA Hong-zhen , LI Hu-jun , LI Xin , MA Qian-guo , GONG Hui-ling

(School of Life Science and Engineering , Lanzhou University of Technology , Lanzhou 730050 , China)

ABSTRACT In order to set up a comprehensive evaluation system for fresh fruit drying process indicators of different wolf berry cultivars , fresh fruits epidermis wax characteristics from nine kinds cultivated in northwest region were studied by scanning electron microscope. Specific surface area , tissue water content , single fruit volume , 100-grain of fruit fresh weight and 100-grain of fruit dry weight of different *Lycium barbarum* L. cultivars were analyzed by One-Way ANOVA , correlation analysis , factor analysis and cluster analysis. The results showed that there were no significant differences among nine cultivars of *Lycium barbarum* L. in fruit shape and epidermis wax form. However , great differences of specific surface area , tissue water content , single fruit volume , 100-grain of fruit fresh weight and 100-grain of fruit dry weight was observed in different *Lycium barbarum* L. cultivars. Tissue water content was significantly and positively correlated with the specific surface area , whereas it was significantly and negative correlation with the 100-grain of fruit dry weight. Single fruit volume , 100-grain of fruit fresh weight and 100-grain of fruit dry weight was significantly and positively correlated with each other. Factor analysis showed that 100-grain of fruit dry weight and tissue water content were the key indicators for drying process. Meanwhile , nine *Lycium barbarum* L. cultivars could be divided into four types: Mengqi-1 which was classified into a cluster was the most suitable cultivar for drying process; Ningqi-0901 , Ningqi-7 and Ningqi-3 were classified into the same cluster; Ningqi-0702 , Ningqi-6 , Ningqi-5 and Ningqi-4 were classified into the other cluster. Bianguo was classified into a cluster by itself. The latter two clusters were not suitable for drying process.

Key words *Lycium barbarum* L. ; fresh fruit ; drying process ; factor analysis ; cluster analysis