

贾文婷, 杨 慧, 吴洪斌, 等. 红枣变温压差膨化产品品质评价体系的研究[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(11): 196–201.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.11.039

红枣变温压差膨化产品品质评价体系的研究

贾文婷, 杨 慧, 吴洪斌, 金新文

(新疆农垦科学院农产品加工研究所/新疆农垦科学院农产品加工重点实验室, 新疆石河子 832000)

摘要:以新疆地区 5 个品种的红枣为原料, 采用变温压差膨化干燥工艺加工红枣脆片, 利用主成分分析法及层次分析法对红枣脆片品质评价指标进行数据分析, 建立包含基础数据库、指标测定方法、综合评价方法等在内的红枣脆片品质评价体系, 旨在为红枣脆片的品质评价及原料品种的加工适宜性研究提供理论依据和指导。

关键词:红枣脆片; 变温压差膨化干燥; 品质评价

中图分类号: TS255.42 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)11-0196-06

红枣是新疆地区非常具有优势特色的林果产品, 因其口感好、营养丰富而深受喜爱。随着种植技术的快速发展, 新疆南疆地区红枣产量逐年提高。目前红枣主要以初加工干燥为主, 由于市场供大于求, 干枣大量囤积, 因此开发新的枣产品成为迫切需求。近年来, 枣片、枣粉、脆枣等产品纷纷上市, 其中脆枣和枣片多以油炸方式制成, 虽然口感酥脆, 但含油量大, 对身体健康有不利的影响, 因此, 研究营养价值高且口味俱佳的半干枣干制方法

非常必要。变温压差膨化干燥技术是近几年刚兴起的一种新型、环保、节能, 专门用于生产非油炸果蔬脆片的膨化干燥技术, 变温压差膨化干燥设备生产的果蔬脆片是继油炸果蔬脆片、真空低温油炸果蔬脆片之后的第 3 代产品, 具有味道鲜美、口感酥脆、营养丰富、易于贮存、携带方便等特点^[1]。目前生产的变温压差膨化产品缺乏品质评价标准, 产品品质参差不齐, 为了科学地建立红枣变温压差膨化脆片品质评价体系, 并合理筛选红枣脆片的品质评价指标^[2]。根据目前国内外研究者的研究基础, 影响红枣脆片的品质指标主要有以下几个方面: 红枣的品种以及红枣脆片产品的感官、理化、营养、加工等品质等^[3]。其中, 感官品质的主要评价指标包括产品的色泽、膨化度、酥脆度等; 理化与营养品质的主要评价指标为产品的甜度、含水率、维生素 C 含量、蛋白质含

收稿日期: 2019-07-05

基金项目: 新疆生产建设兵团科技支疆项目(编号: 2013AB020)。

作者简介: 贾文婷(1987—), 女, 河北鹿泉人, 硕士, 助理研究员, 主要从事果蔬加工研究。E-mail: 4947637@qq.com。

通信作者: 金新文, 博士, 副研究员, 主要从事果蔬加工研究。E-mail: @qq.com。

[8] 邹 翔, 孙 宇, 王宏亮. 芦荟多糖对荷瘤小鼠肿瘤细胞膜功能的影响[J]. 哈尔滨商业大学学报(自然科学版), 2005, 21(1): 11–13, 5.

[9] 季宇彬, 高世勇, 张秀娟. 羊栖菜多糖诱导肿瘤细胞凋亡的研究[J]. 中国中药杂志, 2004, 29(3): 245–247.

[10] 陶 喆, 程建明. 中药多糖抗肿瘤机制探讨[J]. 江苏中医药, 2003, 24(6): 47–49.

[11] 郑 敏. 中药多糖抗肿瘤的药理学研究进展[J]. 国外医学(中医中药分册), 2000, 22(5): 259–263.

[12] 郑应馨, 徐恒卫. 具有抗肿瘤活性的多糖及其作用机理研究概况[J]. 中国药师, 2003(6): 368–369, 372.

[13] 黄 芳, 蒙义文. 活性多糖的研究进展[J]. 天然产物研究与开发, 1999(5): 90–98.

[14] 张忠玲, 朱 波, 张 翠, 等. 海胆肠多糖致 Bel7402 人肝癌细胞凋亡的扫描电镜观察[J]. 电子显微学报, 2003, 22(6): 467.

[15] Wang B J, Won S J, Yu Z R, et al. Free radical scavenging and apoptotic effects of cordyceps sinensis fractionated by supercritical

carbon dioxide[J]. Food and Chemical Toxicology, 2005, 43(4): 543–552.

[16] 王新保, 秦 双, 张迎黎. 维生素 C 对体外胃癌细胞的影响[J]. 新乡医学院学报, 1998, 15(4): 33–35.

[17] 李 能, 周 波, 陈忠东. 维生素 C 对 Hela 细胞系增殖及细胞周期的影响[J]. 南华大学学报(医学版), 2004, 32(2): 161–163.

[18] Germano S, O'Driscoll L. Breast cancer: understanding sensitivity and resistance to chemotherapy and targeted therapies to aid in personalised medicine[J]. Current Cancer Drug Targets, 2009, 9(3): 398–418.

[19] Zhao Q Z, Dou K F. Methylation of ras association domain family protein 1, isoform a correlated with proliferation and drug resistance in hepatocellular carcinoma cell line SMMC-7721[J]. Journal of Gastroenterology and Hepatology, 2007, 22(5): 683–689.

[20] Porta L, Caterina. Mechanism of drug sensitivity and resistance in melanoma[J]. Current Cancer Drug Targets, 2009, 9(3): 391–397.

量、纤维素含量等;加工品质的主要评价指标为产品的产出比、复水性以及产品的微观结构等^[4-5]。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选取 5 个代表性红枣品种,分别为灰枣、骏枣、哈密大枣、赞皇大枣、冬枣。样品果均购自水果批发市场,每个品种购买 10 kg,采用变温压差膨化干燥技术加工制得红枣脆片后进行试验。

1.2 试验设备

主要的试验设备有变温压差果蔬膨化机(QDPH10-1,天津市勤德新材料科技有限公司)、去核器(购自超市)、色彩色差计(三恩驰,广州德满亿仪器有限公司)、物性分析仪(Ta. XT2i/50,英国 Stable Micro System 公司)、水分测定仪[奥豪斯 MB23,奥豪斯仪器(上海)有限公司]、万分之一电子天平(1702,德国科恩)、高速万能粉碎机(FW,天津市泰斯特仪器有限公司)、扫描电镜(JSM-6700F,日本电子株式会社)。

1.3 试验方法

将购买的红枣原料按照以下技术路线加工为红枣脆片:原料清洗→去核→切片→预干燥→均湿→变温压差膨化干燥→冷却→包装→成品。其中,变温压差膨化干燥的参数设定为预干燥温度为 60℃,烘干 4 h 至红枣片含水量为 30% 左右;在膨化温度为 65℃、膨化压力差为 0.2 MPa 条件下膨化 30 min,抽真空干燥温度为 60℃,抽真空干燥时间为 120 min。按表 1 中的方法测定各项指标值^[6]。

表 1 红枣脆片品质评价指标测定方法

品质指标分类	品质评价指标	测定方法
感官品质指标	色泽	色差仪法
	脆度	物性分析法
	膨化度	石英砂埋法
理化与营养品质指标	还原糖含量	GB/T 5009.7—2008
	总酸含量	GB/T 12456—2008
	含水率	水分测定仪
	粗纤维含量	GB/T 5009.10—2003
	粗蛋白含量	GB 5009.5—2010
	维生素 C 含量	GB 6195—1986
加工品质指标	复水比	称量法 ^[4]
	产出比	质量比法
	细胞结构	扫描电镜法

1.4 分析方法

主要分析方法有主成分分析(principal components analysis,简称 PHA)法和层次分析(the analytic hierarchy process,简称 AHP)法。

2 结果与分析

2.1 红枣脆片理化指标主成分分析

红枣变温压差膨化干燥产品的各项理化指标测定结果如表 2 所示。由于评价指标具有不同的量纲,在数据分析前须将原始数据进行标准化处理,将其转化为无量纲数据,以避免结果产生偏差^[7]。通过主成分分析得到红枣脆片的相关系数矩阵、方差贡献分析表、主成分荷载矩阵、碎石图分别如表 3、表 4、表 5、图 1 所示。数据分析采用 SPSS 17.0 软件。

表 2 红枣理化指标测定值

品种	色泽	脆度 (个)	膨化度 (mL/g)	还原糖含量 (%)	总酸含量 (g/kg)	含水率 (%)	粗纤维含量 (%)	粗蛋白 含量(%)	维生素 C 含量 (mg/100 g)	复水比 (%)	产出比 (%)
灰枣	43.2±0.34	37.2±17.89	2.54±0.12	46.2±0.37	8.37±0.12	5.18±0.34	1.2±0.21	4.93±0.21	37.2±0.33	1.35±0.64	10.23±0.31
骏枣	40.1±0.12	22.3±0.41	2.13±0.15	40.3±0.23	10.14±0.54	6.54±0.68	1.3±0.33	4.98±0.31	44.8±0.13	2.24±0.21	9.22±0.41
哈密大枣	46.3±0.22	14.4±0.84	1.54±0.23	45.3±0.13	8.12±0.42	6.08±0.19	1.4±0.54	4.04±0.26	33.2±0.15	2.76±0.37	10.54±0.16
赞皇大枣	41.5±0.26	17.0±0.13	1.95±0.33	40.1±0.26	9.54±0.12	5.02±0.23	1.1±0.41	3.35±0.56	36.4±0.23	3.42±0.21	11.25±0.64
冬枣	42.1±0.33	26.4±0.23	2.46±0.26	42.6±0.16	9.12±0.46	5.84±0.73	1.2±0.62	3.85±0.61	40.1±0.18	2.22±0.36	12.33±0.16

每个主成分的方差即特征值,表示对应成分能够描述原有信息的多少^[8]。由表 5 可以看出,前 3 个主成分对应的特征值累计百分比达到 93.433%,并且数据由 11 项评价指标降为 3 个彼此不相关的主成分,达到了降维的目的。同时,从表 5 中可以看出,每个主成分里各指标的重要程度,其中,贡献较多的指标为色泽、脆度、膨化度。

2.2 红枣脆片品质评价数学模型的建立

通过主成分分析,影响红枣脆片产品品质的核心指标为色泽、脆度、膨化度,这些指标分别与红枣脆片产品的外观、风味、质地相对应,采用层次分析法对核心指标数据进行分析,从而建立产品的数学评价模型。

2.2.1 红枣脆片品质评价体系分层模型的建立

原料品种以及评价指标值均会对产品的品质产生

表 3 各指标的相关系数矩阵

指标	相关系数										
	色泽	脆度	膨化度	还原糖含量	总酸含量	含水率	粗纤维含量	粗蛋白含量	维生素 C 含量	复水比	产出比
色泽	1.000	-0.200	-0.503	0.789	-0.923	-0.057	0.557	-0.151	-0.849	0.010	0.130
脆度	-0.200	1.000	0.900	0.436	-0.172	-0.298	-0.313	0.591	0.262	-0.898	-0.049
膨化度	-0.503	0.900	1.000	0.075	0.152	-0.261	-0.534	0.376	0.494	-0.716	0.181
还原糖含量	0.789	0.436	0.075	1.000	-0.936	-0.159	0.392	0.313	-0.572	-0.584	-0.009
总酸含量	-0.923	-0.172	0.152	-0.936	1.000	0.282	-0.337	0.026	0.811	0.273	-0.197
含水率	-0.057	-0.298	-0.261	-0.159	0.282	1.000	0.769	0.413	0.510	-0.088	-0.411
粗纤维含量	0.557	-0.313	-0.534	0.392	-0.337	0.769	1.000	0.387	-0.094	-0.131	-0.449
粗蛋白含量	-0.151	0.591	0.376	0.313	0.026	0.413	0.387	1.000	0.490	-0.810	-0.763
维生素 C 含量	-0.849	0.262	0.494	-0.572	0.811	0.510	-0.094	0.490	1.000	-0.299	-0.315
复水比	0.010	-0.898	-0.716	-0.584	0.273	-0.088	-0.131	-0.810	-0.299	1.000	0.265
产出比	0.130	-0.049	0.181	-0.009	-0.197	-0.411	-0.449	-0.763	-0.315	0.265	1.000

表 4 方差贡献分析

成分	公因子方差	
	初始特征值	提取平方和载入
色泽	1.000	0.996
脆度	1.000	1.000
膨化度	1.000	0.960
还原糖含量	1.000	0.999
总酸含量	1.000	0.998
含水率	1.000	0.815
粗纤维含量	1.000	0.958
粗蛋白含量	1.000	0.965
维生素 C 含量	1.000	0.959
复水比	1.000	0.988
产出比	1.000	0.641

影响,根据指标间的相互关系及隶属层次,综合建立红枣脆片品质评价体系的分层模型结构(图 2)^[9-10]。该模型的层次结构分为 3 层:第 1 层为目标层(O),即红枣脆片品质情况的综合排名;第 2 层为准则层(C),即影响红枣脆片品质的 3 项评价指标,记为 $C=(c1,c2,c3)=(\text{色泽,脆度,膨化度})$;第 3 层为方案层(P),即 5 个红枣原料品种,记为 $P=(p1,p2,p3,p4,p5)=(\text{灰枣,骏枣,哈密大枣,赞皇大枣,冬枣})$ 。

2.2.2 判断矩阵的构造及结果 不同指标对产品品质的影响具有不同的权重,按照层次分析法提出的 1~9 比例标度法(表 6)以及对产品各指标重要性的定性评价^[11],通过加权计算得出结果,如表 7 所示。

表 5 主成分载荷矩阵

成分	解释的总方差					
	初始特征值			提取平方和载入		
	合计	方差(%)	累积(%)	合计	方差(%)	累积(%)
1	3.929	35.714	35.714	3.929	35.714	35.714
2	3.550	32.269	67.983	3.550	32.269	67.983
3	2.799	25.450	93.433	2.799	25.450	93.433
4	0.722	6.567	100.000			
5	3.702×10^{-16}	3.366×10^{-15}	100.000			
6	2.105×10^{-16}	1.914×10^{-15}	100.000			
7	1.430×10^{-16}	1.300×10^{-15}	100.000			
8	-2.245×10^{-17}	-2.041×10^{-16}	100.000			
9	-6.213×10^{-17}	-5.648×10^{-16}	100.000			
10	-2.662×10^{-16}	-2.420×10^{-15}	100.000			
11	-5.101×10^{-16}	-4.637×10^{-15}	100.000			

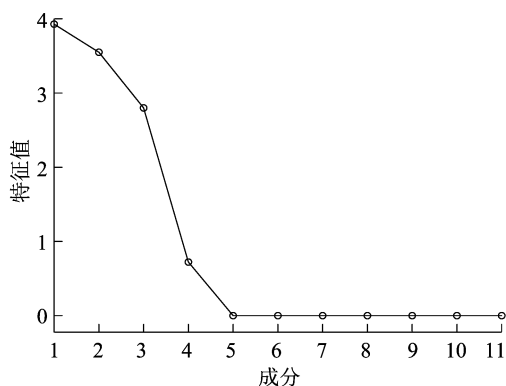


图1 碎石图

层次分析法的评价模型仅在数学意义上具有合理性,在实际应用中,消费者的期望结果是否与数学模型评价结果相一致,还须要通过感官评价来验证^[12]。

2.3 红枣脆片感官评价

按照 5 分制确立评分标准,建立红枣脆片感官评价分析标准(表 8),要求评价小组成员根据表 8 中的评价内容及评分范围对红枣脆片进行打分^[13]。

由 10 人(A~J)组成红枣脆片品质评价小组,按照表 8 中所述的各项要求,分别从外观、质地、风味、气味等方面对产品进行综合评价,打分结果如

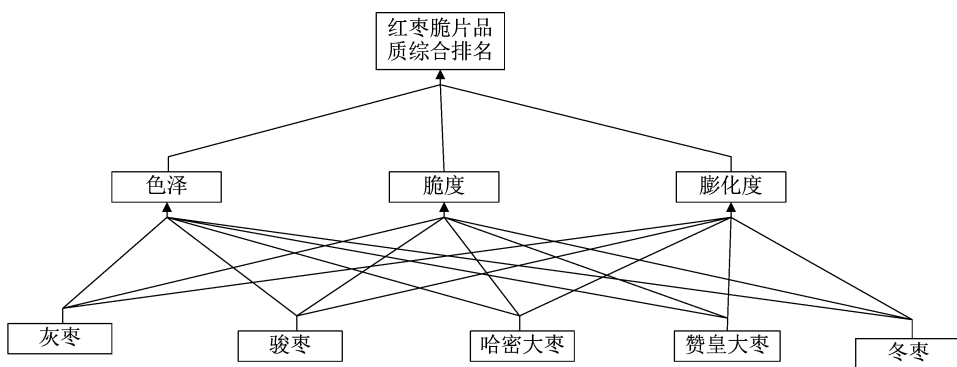


图2 红枣脆片品质评价体系分层模型

表 6 元素重要程度比例标度

标度	定义	说明
1	同等重要	2 个元素具有同样重要性
3	稍微重要	1 个元素比另 1 个元素稍微重要
5	明显重要	1 个元素比另 1 个元素明显重要
7	重要的多	1 个元素占主导地位
9	绝对重要	1 个元素的主导地位占绝对重要地位
2、4、6、8	介于上述相邻判断之间	介于上述重要性之间

表 7 红枣品质评价加权计算得分

品种	权重	排名
灰枣	0.449 3	1
骏枣	0.157 5	2
哈密大枣	0.133 1	3
赞皇大枣	0.132 1	4
冬枣	0.128 1	5

表 9 所示。

由表 10 可以看出,灰枣产品的感官评价结果最佳,综合得分为 4.150,感官评价结果排名最后的为冬枣产品,综合得分为 2.75 分。感官评价结果与前面层次分析法建立的数学模型相比较结果非常接近,表示该评价模型可以客观合理地反映红枣脆片品质的优劣。

2.4 红枣膨化产品细胞结构的变化

结合数学模型及感官评价筛选出的最佳试验原料为灰枣,对其进行变温压差膨化干燥生产,得到的产品经前期处理后,借助扫描电镜,在放大 50 倍的条件下观察其微观结构,如图 3 所示^[14]。

通过对红枣变温压差膨化前后的产品进行微观结构分析发现,膨化有助于物料内部结构的固化,红枣膨化产品内部细胞呈多孔海绵状,组织结构疏松,具有均匀的多孔结构,这赋予产品酥脆的口感^[15]。

3 结论与讨论

根据数学评价模型与感官评价相结合的方法,筛选出适于加工红枣变温压差膨化干燥产品的品

表 8 红枣脆片感官评价分析标准

感官指标	评价标准	评分范围(分)
外观	色泽均一,呈枣红色,有光泽,外观平整	4~5
	色泽红褐,光泽度暗,外观较平整	2~3
	色泽变褐甚至发黑,无光泽,外型干瘪皱缩	0~1
气味	有红枣特有的香味	4~5
	基本具有红枣的香味	2~3
	有淡淡的异味(如焦糊味、酸败等气味)	0~1
质地	硬度适中,有很好的酥脆感,口感细腻,易咀嚼	4~5
	稍硬或稍软,酥脆感较差,口感粗糙	2~3
	非常硬,难以咀嚼,无酥脆感,口感差	0~1
风味	甜味大,有特有的红枣片味道	4~5
	有一定红枣香味,但味道较淡	2~3
	味道发涩,甚至有异味,不具备红枣片该有的口味	0~1

表 9 红枣脆片感官评定打分结果

品种	指标	各评价员的打分(分)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
灰枣	外观	5	4	4	3	4	5	4	4	4	3
	气味	4	3	4	4	3	4	3	3	4	3
	质地	5	4	4	5	4	5	3	5	4	4
	风味	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4
骏枣	外观	4	3	4	3	4	3	3	3	4	3
	气味	3	2	3	3	2	3	4	3	3	4
	质地	2	3	3	2	4	2	4	4	4	3
	风味	3	3	4	3	2	3	4	3	3	3
哈密大枣	外观	3	4	4	4	4	3	3	4	3	3
	气味	5	4	4	5	4	3	4	3	3	2
	质地	3	2	3	3	3	3	2	3	3	2
	风味	3	2	3	3	3	4	3	3	4	3
赞皇大枣	外观	3	2	3	4	4	3	3	4	2	3
	气味	3	3	2	3	4	3	4	4	3	4
	质地	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3
	风味	3	4	3	4	3	3	3	3	2	3
冬枣	外观	3	3	4	3	3	3	4	2	3	3
	气味	3	2	2	3	3	2	3	2	2	2
	质地	2	2	2	3	3	2	3	4	2	3
	风味	3	4	3	3	3	2	3	2	3	3

种为灰枣。通过扫描电镜观察,产品经变温压差膨化干燥后,组织内部空腔明显增大,且孔隙分布较为均匀,结构疏松,呈多孔海绵状,在口感上表现为酥脆可口。

在筛选核心指标时,考虑到实际生产成本的影响,笔者将产出比作为一项核心指标,平衡产品品

质与产量之间的关系,对实际生产更具有指导意义^[16]。如果不考虑实际生产,仅从品质方面评价红枣脆片,核心指标的筛选可以进一步探讨及确定。对数学模型进行感官评价验证时,选择的红枣原料必须涵盖不同等级,在条件允许的情况下,可以通过扩大样本量的方式验证模型的合理性^[17]。在今

表 10 各品种红枣脆片感官评价综合排名

品种	感官综合得分(分)	排名
灰枣	4.150	1
哈密大枣	3.250	2
骏枣	3.150	3
赞皇大枣	3.075	4
冬枣	2.750	5

后的研究中,可以从更多角度完善感官评价分析标准,使评价结果具有更高的准确性。根据该评价体系的结果,进一步分析适宜加工脆片的原料指标特性,通过其内在规律性指导今后变温压差膨化干燥产品专用原料品种的工作^[18]。后续研究可以进一步探索预处理方式、加工工艺条件等影响脆片产品品质的原因,例如生物大分子在膨化过程中各阶段的状态及如何影响产品的最终品质等。

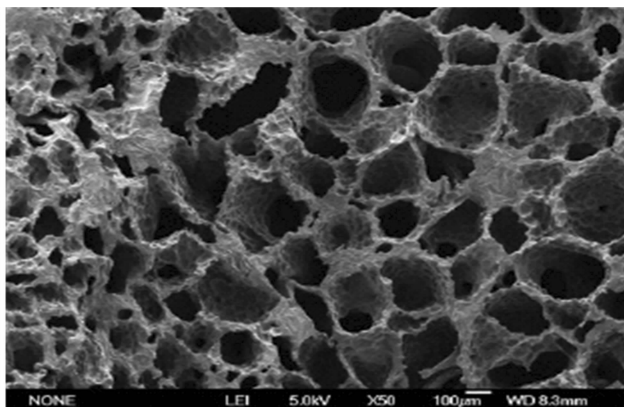
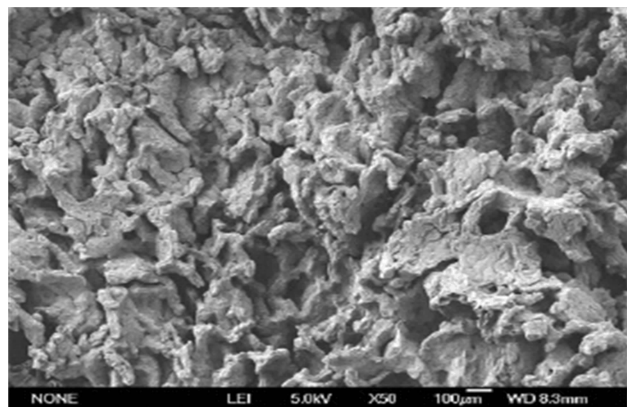


图3 红枣膨化前(左)后(右)细胞结构变化

参考文献:

- [1] 毕金峰. 苹果变温压差膨化干燥工艺优化研究[J]. 食品科学, 2008, 29(11): 213-218.
- [2] 邓红, 王小娟. 不同干燥方法对苹果片品质的影响[J]. 食品科技, 2007, 32(2): 84-87.
- [3] 丁媛媛. 甘薯变温压差膨化干燥技术研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2011.
- [4] 陈传福, 李坤, 张培正. 气流膨化菠萝脆片的工艺研究[J]. 食品工业, 2008, 29(1): 47-49.
- [5] 葛邦国, 吴茂玉, 和法涛, 等. 我国果蔬脆片研究现状及发展趋势[J]. 中国果菜, 2009(6): 46.
- [6] 弓成林, 郭爱民, 汪小伟, 等. 灰色关联度和层次分析法在葡萄品质评价上的应用[J]. 西南农业学报, 2002, 15(1): 79-82.
- [7] 刘遵春, 包东娥, 廖明安. 层次分析法在金花梨果实品质评价上的应用[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2006, 34(8): 125-128.
- [8] 欧庸彬, 姚春光, 柳寒, 等. 马铃薯高代系炸片色泽分析与加工品质评价[J]. 中国马铃薯, 2008, 22(5): 274-277.
- [9] 景英川. 模糊线性回归模型中的拟合度问题[J]. 山西师范大学

学报(自然科学版), 2002, 16(3): 10-14.

- [10] 吴谋成. 食品分析与感官评定[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002: 301.
- [11] Shyu S L, Hwang L S. Effects of processing conditions on the quality of vacuum fried apple chips [J]. Food Research International, 2001, 34(2/3): 133-142.
- [12] 刘璇, 王沛, 毕金峰, 等. 基于层次分析法的晚熟品种苹果脆片品质评价[J]. 食品与机械, 2012, 28(5): 46-50.
- [13] 白沙沙, 毕金峰, 王沛, 等. 不同品种苹果果实品质分析[J]. 食品科学, 2012, 33(17): 68-72.
- [14] 白沙沙, 毕金峰, 王沛, 等. 基于主成分分析的苹果品质综合评价研究[J]. 食品科技, 2012, 37(1): 54-57.
- [15] 王沛, 毕金峰, 白沙沙, 等. 早熟品种苹果脆片的品质评价指标测定及相关性分析[J]. 食品与机械, 2012, 28(2): 9-14.
- [16] 王沛, 刘璇, 毕金峰, 等. 基于主成分分析的中早熟苹果脆片品质评价[J]. 中国食品学报, 2012, 12(6): 204-211.
- [17] Liu X, Wang P, Bi J F, et al. Quality evaluation of late maturity apple chips based on analytic hierarchy process [J]. Food and Machinery, 2012, 28(5): 46-50.