

# 栅栏技术在核桃贮藏中的应用研究

刘学彬<sup>1</sup>, 刘薇<sup>2</sup>, 王泽斌<sup>1</sup>, 骆建忠<sup>1</sup>, 罗爱民<sup>2\*</sup>

(1. 四川茂华食品有限公司, 四川眉山 620038; 2. 四川大学轻纺与食品学院, 四川成都 610064)

**摘要** [目的]探讨栅栏因子在核桃贮藏过程中的应用。[方法]采用不同的贮藏方法进行核桃的贮藏, 针对核桃贮藏过程中酸价及过氧化值的变化情况分析栅栏技术对贮藏过程中核桃品质变化的影响。[结果]研究得出, 栅栏因子如含水率、贮藏温度、气调保藏、破碎程度、光照均对贮藏过程中的核桃品质有较大影响。[结论]栅栏技术可作为核桃供应链的贮藏配套技术, 可减少产品损失, 提升产品附加值, 为核桃的科学生产及贮藏提供理论依据。

**关键词** 核桃; 栅栏技术; 贮藏; 脂肪酸氧化

**中图分类号** S664.1 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)04-01721-03

## Application of Hurdle Technology in Walnut Storage

LIU Xue-bin et al (Sichuan Mao Hua Food Limited Company, Meishan, Sichuan 620038)

**Abstract** [Objective] To discuss application of hurdle in storage of walnut. [Method] By using different storage methods, aiming at variation of acid value and peroxide value, effects of hurdle technology on walnut quality during storage process were analyzed. [Result] Moisture content, storage temperature, air conditioning and preservation, broken degree, light all influenced walnut quality. [Conclusion] Hurdle technology could be storage matching technique for walnut supply chain, which can reduce products loss, improve products' additive value, and provide theoretical basis for scientific production and storage of walnut.

**Key words** Walnut; Hurdle technology; Storage; Fatty acid oxidation

核桃所含营养丰富, 高于其他坚果, 富含多种纤维素、矿物质和高质量蛋白质、碳水化合物、大量的不饱和脂肪, 且纤维含量高, 是无乳无麸质食品<sup>[1]</sup>。核桃含有磷脂和丰富的维生素, 核桃中磷脂可以增强细胞活力, 促进骨髓造血, 提高脑神经的功能, 加强肌体抗病能力乃至延年益寿<sup>[2-3]</sup>。核桃仁中油脂易受光、热、氧气、水分的影响分解成甘油和脂肪酸, 游离脂肪酸再进一步水解、氧化最后分解为一些简单而有异味的醛、酮、酸等, 从而使核桃变质而产生哈味, 即发生哈败, 其商品及营养价值大大降低<sup>[4]</sup>。

栅栏技术(也称联合保存, 联合技术或屏障技术), 是多种技术科学合理地结合。由 Leistner 在长期研究的基础上率先提出。通过各个保藏因子(栅栏因子)的协同作用, 如水分活度、防腐剂、酸度、温度、氧化还原电势等, 建立一套完整的屏蔽体系, 即栅栏效应。控制微生物的生长繁殖以及引起食品氧化变质的酶的活性, 阻止食品腐败变质及降低对食品的危害性<sup>[5]</sup>。

只是使用单一的保藏技术很难有效地解决采后核桃的贮藏问题。笔者以“漾濞核桃”为试验材料, 以含水率、破坏程度、贮藏温度、光照、气调保藏等多种因素<sup>[6]</sup>在核桃保藏中应用为研究对象, 通过分析栅栏因子对核桃生理及品质的影响, 研发适应核桃供应链的贮藏配套技术, 来减少产品损失, 提升产品附加值, 为核桃的科学生产及贮藏提供理论依据。

## 1 材料与方法

**1.1 材料** 试验用核桃品种为“漾濞核桃”, 出仁率 53.2% ~ 58.1%, 核桃仁含脂肪 67.3% ~ 75.3% (不饱和脂肪酸占

89.9%), 蛋白质含量 12.80% ~ 15.13%<sup>[7]</sup>。收购的核桃直接运至四川茂华食品有限公司实验室, 进行不同栅栏因子贮藏试验。主要试剂: 石油醚、无水乙醚、无水乙醇、碘化钾、三氯甲烷、冰醋酸、硫代硫酸钠、可溶性淀粉、氢氧化钾、酚酞。主要仪器: ESJ120-4 型电子天平, 沈阳龙腾电子有限公司; DZKW-S 型电热恒温水浴锅, 北京市光明医疗仪器厂; DH 型电热恒温培养箱, 北京中兴伟业仪器有限公司; FW-80 型高速万能粉碎机, 北京市光明医疗仪器厂。

**1.2 方法** 将去壳后的核桃仁处理成适当大小, 经人工筛选, 挑拣出品质不好、有虫害的核桃仁。经过灭菌、除湿处理。该试验因素设计见表 1。样品每份 3 kg, 重复 3 次。贮藏期间, 定期取样进行酸价、过氧化值的检测。贮藏试验时间为 2012 年 7 ~ 11 月。

表 1 试验因素设计

组别	水分//%	破碎度	温度//℃	充气	光照
1	5.0	1/16	5 ± 1	空气	避光
2	5.0	1/16	20 ± 1	空气	避光
3	5.0	1/16	36 ± 1	空气	避光
4	5.0	1/32	36 ± 1	空气	避光
5	5.0	1/64	36 ± 1	空气	避光
6	5.0	1/16	20 ± 1	氮气	避光
7	5.0	1/16	20 ± 1	真空	避光
8	5.0	1/16	20 ± 1	空气	光照
9	4.5	1/16	20 ± 1	空气	避光
10	4.0	1/16	20 ± 1	空气	避光
11	3.5	1/16	20 ± 1	空气	避光
12	3.0	1/16	20 ± 1	空气	避光

**1.3 测定指标及方法** 酸价测定: 参照 GB/T 5530 - 2005 的方法<sup>[8]</sup>。过氧化值测定: 参照 GB/T 5538 - 2005 的方法<sup>[9]</sup>。

**1.4 油样制备** 核桃仁粉碎, 用石油醚浸泡 5 h, 过滤, 滤液由水浴锅加热, 石油醚完全挥发制得油样。

**基金项目** 国家星火计划项目(2011GA810003)。

**作者简介** 刘学彬(1969 -), 女, 四川眉山人, 工程师, 从事糖果的研究开发, E-mail: 390611104@qq.com。\* 通讯作者。

**收稿日期** 2012-12-25

## 2 结果与分析

**2.1 不同含水率对核桃酸价及过氧化值的影响** 由图 1 可见,贮藏前核桃酸价 0.157 mg/g,贮藏期间核桃酸价均呈上升趋势。但由于含水率不相同,酸价变化快慢程度有差异。水分增加促进了脂肪水解,使油脂水解速度加快,产生较多的游离脂肪酸,因此,当水分含量大于等于 5.0% 时,酸价迅速增加<sup>[10]</sup>。结果表明,酸价总体上升速度随含水率降低而减缓,但含水率为 3.5% 时,酸价涨幅仅次于 5.0% 组。而含水率为 3.0% 时,酸价呈波浪变化。

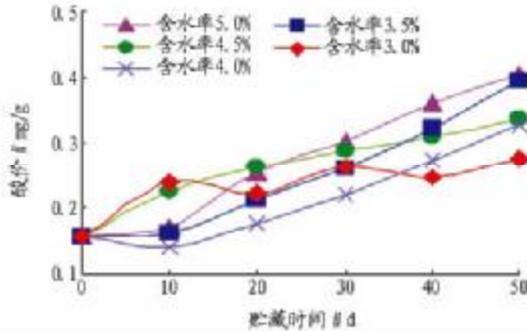


图 1 含水率对核桃酸价的影响

由图 2 可见,贮藏期间,绝大部分核桃过氧化值变化为先降后升的趋势。含水率不相同,过氧化值变化快慢程度有差异,但无法判断出较明显的规律性。其中 3.5% 含水率过氧化值明显低于其他水分含量。

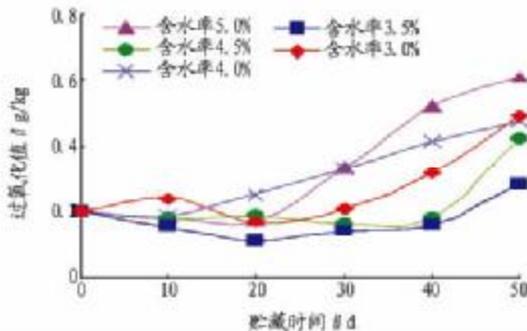


图 2 含水率对核桃过氧化值的影响

**2.2 不同破碎程度对核桃酸价及过氧化值的影响** 由图 3 可见,贮藏前核桃酸价为 0.254 mg/g,贮藏期间,核桃酸价呈不断上升趋势,其中破碎程度为 1/64 的核桃酸价上升速度明显高于其他 2 组。在试验前 10 d,破碎程度 1/32 核桃酸价上升速度高于 1/16,随着贮藏时间延长,2 种破碎程度核桃仁酸价上升速率基本持平,说明核桃仁与空气接触面积越大对核桃的保存越不利。

由图 4 可知,核桃过氧化值的变化趋势为先降后升。贮藏初期,3 种破坏程度的试验组核桃过氧化值均下降,彼此差距不明显。贮藏达到 20 d 后,核桃过氧化值上升幅度明显,3 组差异逐渐拉大。核桃破碎程度越大,过氧化值越高。

**2.3 不同贮藏温度对核桃酸价及过氧化值的影响** 由图 5 可见,贮藏前核桃酸价为 0.191 mg/g,经过 50 d 贮藏,贮藏温度为 36、20、5 °C 下的核桃酸价分别为 0.568 3、0.370 7、0.260 9 mg/g。贮藏期间核桃酸价受温度影响变化明显,温

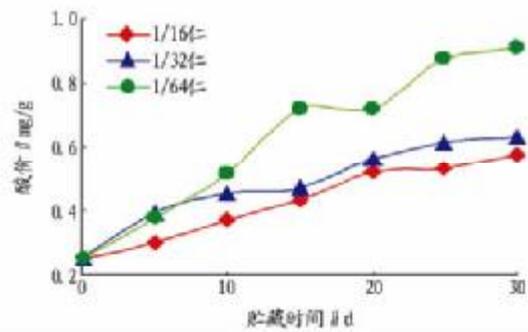


图 3 破碎程度对核桃酸价的影响

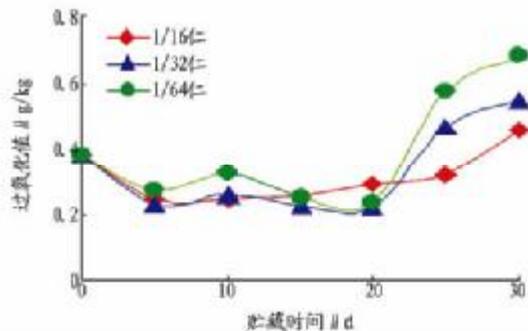


图 4 破碎程度对核桃过氧化值的影响

度越高,其酸价上升速度越快。温度为 5 °C 时,酸价变化几乎呈水平变化。

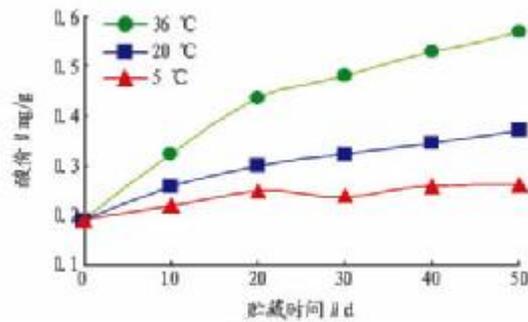


图 5 贮藏温度对核桃酸价的影响

由图 6 可知,36 °C 环境下核桃过氧化值一直处于上升趋势,上升幅度较大。20 与 5 °C 试验组核桃仁过氧化值变化呈现波浪形态,上升幅度不及 36 °C 试验组核桃仁。

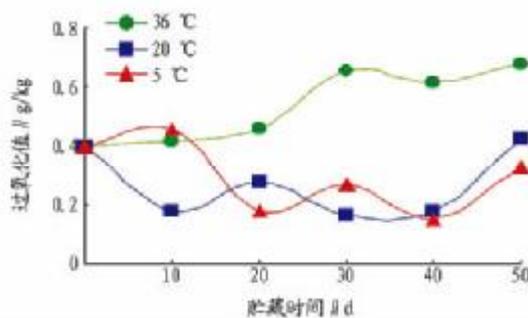


图 6 贮藏温度对核桃过氧化值的影响

**2.4 不同充气情况对核桃酸价及过氧化值的影响** 由图 7 可见,贮藏过程中,不同充气情况下核桃酸价均呈上升趋势,

其中充空气试验组核桃酸价变化最为明显,抽真空次之,充氮气对核桃氧化的影响最小。

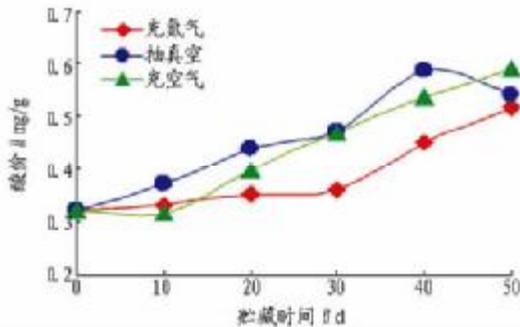


图7 充气情况对核桃酸价的影响

由图8可见,3种充气情况贮藏过程中核桃过氧化值均有极大波动,其中抽真空的波动最为明显,充空气组变化较为平缓。贮藏达到20d后,充空气组处于上升阶段,变化趋于平稳。贮藏截至50d,充空气组过氧化值最高,另2组变化趋势基本一致,但无法判断后续变化趋势。

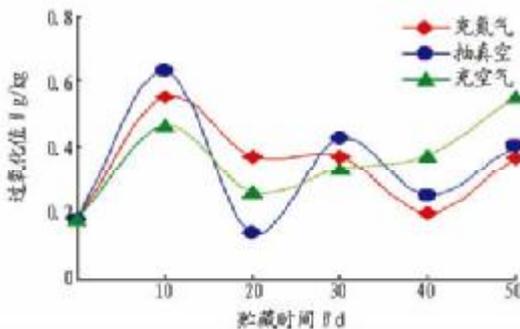


图8 充气情况对核桃过氧化值的影响

**2.5 光照对核桃酸价及过氧化值的影响** 由图9可知,贮藏前核桃酸价为0.223 2 mg/g,贮藏50d后,光照、避光核桃仁酸价分别为0.529 6、0.412 1 mg/g。核桃贮藏过程中酸价一直处于上升趋势,光照情况下酸价上升速度明显高于避光情况。

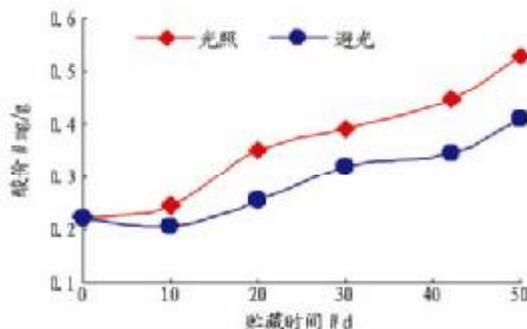


图9 光照情况对核桃酸价的影响

由图10可知,光照试验中,贮藏0~10d期间,过氧化值均有明显下降;10~50d期间,避光试验核桃过氧化值在基本不变情况下略有下降趋势。光照试验在10~40d核桃过氧化值缓慢向上,后迅速增长。光照、避光试验核桃过氧化值差距极大。

### 3 结论与讨论

李涛等的研究发现,核桃油中的水分含量对核桃油的酸

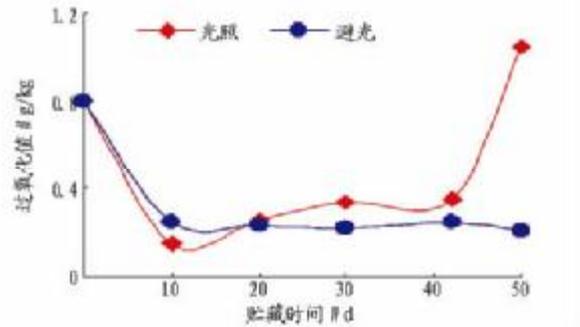


图10 光照情况对核桃过氧化值的影响

价有显著影响,随核桃油中水分含量的增加,酸价增加,当水分含量大于等于5%时,酸价迅速增加。含水率在3.5%~5.0%,核桃酸价随含水率减少增长速度减缓,差值不明显;含水率在3.0%~3.5%时,核桃酸价变化规律不明显。过氧化值的变化范围小,无明显规律性。

破碎程度对酸价影响较明显,破碎程度增加直接导致酸价增长速度加快,过氧化值短期受破坏程度影响不明显,20d后过氧化值差距逐渐变大且随破坏程度增大。

接受光照的核桃仁酸价明显高于避光试验组,光照组核桃过氧化值在前20d贮藏期内低于避光试验组,贮藏20d后光照核桃仁过氧化值增长率远高于避光试验组。光对食用油脂和含油食品的稳定性有害。光会引起核桃的氧化变质,它表现在油脂暴露于光线之后,过氧化值将增加,对滋味的稳定性也是有害的。

温度对核桃酸价变化影响明显,温度36℃下核桃酸价增长速率远高于20.5℃,温度在5℃时核桃酸价几乎不发生变化。36℃环境下核桃过氧化值一直处于上升趋势,且上升幅度较大。20与5℃试验组核桃过氧化值变化呈现波浪形态,远低于36℃试验组,说明高温不利于核桃的保存。

核桃气调试验证明,酸价、过氧化值短时期受贮藏气调因素影响小,结果差值较小。氮气是一种惰性气体,将油与空气隔开,减少油吸收空气中的氧气,减少形成过氧化物<sup>[11]</sup>。试验效果:充氮气<抽真空<充空气。王伟等研究结果表明,酸价在贮藏150d、过氧化值在120d内变化均极为缓慢<sup>[12]</sup>。

综上所述,核桃含水率、破碎程度、贮藏温度、充气情况、光照情况等栅栏因子对核桃理化性质均有不同程度影响。其中破碎程度、贮藏温度及光照情况在短时期内对核桃酸价、过氧化值影响较大;充气情况、含水率因素在长期贮藏中的影响会较为明显。

### 参考文献

- [1] 核桃营养成分超过其他坚果[J]. 农业科技与装备,2011(7):69.
- [2] 阿康. 核桃——非凡的营养保健食品[J]. 家庭中医药,2002,9(11):50-51.
- [3] 黄黎慧,黄群,孙木国,等. 核桃的营养保健功能与开发利用[J]. 粮食科技与经济,2009,34(4):48-50.
- [4] 杨建婷,郝利平. 关于引起核桃中油脂哈败因素的研究初探[J]. 山西农业大学学报:自然科学报,2001,21(3):271-273.
- [5] 关楠,马海乐. 栅栏技术在食品保藏中的应用[J]. 食品研究与开发,2006,27(8):160-163.

(下转第1735页)

表 2 烤前叶片结构各规格叶片率差值(E1-E2)结果 %

等级	指标						
	>25.4 mm	12.7 ~ 25.4 mm	>12.7 mm	6.35 ~ 12.7 mm	>6.35 mm	2.36 ~ 6.35 mm	<2.36 mm
B1F	-6.31	3.76	-2.55	1.10	-1.46	1.48	-0.03
B1F	-11.69	8.18	-3.51	1.76	-1.75	1.65	0.10
B1F	-11.19	7.46	-3.73	2.21	-1.52	1.52	0
B1F	-11.66	6.81	-4.84	2.78	-2.07	2.05	0.02
B2F	-5.69	1.68	-4.00	1.54	-2.46	2.29	0.18
B2F	-16.87	12.30	-4.57	3.07	-1.50	1.47	0.03
C1F	-4.23	2.41	-1.82	1.48	-0.34	0.79	-0.06
C1F	-3.14	0.69	-2.45	1.83	-0.62	0.64	-0.02
C1F	-9.69	4.92	-4.76	3.69	-1.06	1.02	0.04
C2F	-1.89	-1.42	-3.30	2.61	-0.69	0.70	-0.01
C2F	-4.47	1.39	-3.07	2.51	-0.57	0.63	-0.06
C2F	-3.88	0.50	-3.38	2.45	-0.93	0.92	0.01
C2F	-3.85	3.30	-0.55	0.63	0.08	0	-0.08
X2F	-2.62	-3.38	-6.00	2.49	-3.52	3.38	0.13
X2F	-13.20	6.60	-6.60	2.63	-3.97	3.70	0.28
X2F	-13.48	8.43	-5.05	2.41	-2.64	2.59	0.05
X2F	-6.87	2.39	-4.47	1.19	-3.28	3.35	-0.07

表 3 上部叶各指标差值标准差与离散系数分析 %

等级	指标						
	>25.4 mm	12.7 ~ 25.4 mm	>12.7 mm	6.35 ~ 12.7 mm	>6.35 mm	2.36 ~ 6.35 mm	<2.36 mm
B1F	-6.31	3.76	-2.55	1.10	-1.46	1.48	-0.03
B1F	-11.69	8.18	-3.51	1.76	-1.75	1.65	0.10
B1F	-11.19	7.46	-3.73	2.21	-1.52	1.52	0
B1F	-11.66	6.81	-4.84	2.78	-2.07	2.05	0.02
B2F	-5.69	1.68	-4.00	1.54	-2.46	2.29	0.18
B2F	-16.87	12.30	-4.57	3.07	-1.50	1.47	0.03
平均数(μ)	-10.57	6.70	-3.87	2.08	-1.79	1.74	0.05
标准差(σ)	4.11	3.69	0.82	0.75	0.40	0.35	0.08
离散系数(CV)	-0.39	0.55	-0.21	0.36	-0.22	0.20	1.54

表 4 中部叶各指标差值标准差与离散系数分析 %

等级	指标						
	>25.4 mm	12.7 ~ 25.4 mm	>12.7 mm	6.35 ~ 12.7 mm	>6.35 mm	2.36 ~ 6.35 mm	<2.36 mm
C1F	-4.23	2.41	-1.82	1.48	-0.34	0.79	-0.06
C1F	-3.14	0.69	-2.45	1.83	-0.62	0.64	-0.02
C1F	-9.69	4.92	-4.76	3.69	-1.06	1.02	0.04
C2F	-1.89	-1.42	-3.30	2.61	-0.69	0.70	-0.01
C2F	-4.47	1.39	-3.07	2.51	-0.57	0.63	-0.06
C2F	-3.88	0.50	-3.38	2.45	-0.93	0.92	0.01
C2F	-3.85	3.30	-0.55	0.63	0.08	0	-0.08
平均数(μ)	-4.45	1.68	-2.76	2.17	-0.59	0.67	-0.03
标准差(σ)	2.47	2.07	1.33	0.97	0.38	0.33	0.04
离散系数(CV)	-0.55	1.23	-0.48	0.45	-0.64	0.49	-1.72

表 5 下部叶各指标差值标准差与离散系数分析 %

等级	指标						
	>25.4 mm	12.7 ~ 25.4 mm	>12.7 mm	6.35 ~ 12.7 mm	>6.35 mm	2.36 ~ 6.35 mm	<2.36 mm
X2F	-2.62	-3.38	-6.00	2.49	-3.52	3.38	0.13
X2F	-13.20	6.60	-6.60	2.63	-3.97	3.70	0.28
X2F	-6.87	2.39	-4.47	1.19	-3.28	3.35	-0.07
X2F	-13.48	8.43	-5.05	2.41	-2.64	2.59	0.05
平均数(μ)	-9.04	3.51	-5.53	2.18	-3.35	3.26	0.10
标准差(σ)	5.26	5.24	0.95	0.67	0.55	0.47	0.15
离散系数(CV)	-0.58	1.49	-0.17	0.31	-0.17	0.14	1.51

2.2.1 标准差分析。从表 3、4、5 可以看出, >25.4 mm 叶片率的标准差比较为中部叶 < 上部叶 < 下部叶, 说明中部叶 >25.4 mm 叶片率指标差值波动最小, 最接近平均值; 各部位 >12.7 mm、6.35 ~ 12.7 mm、2.36 ~ 6.35 mm、<2.36 mm 的叶片率标准差较为接近, 说明这些指标接近平均值, 指标值波动不大, 即 2 种检测标准数值波动幅度接近。

2.2.2 离散系数分析。从表 3、4、5 可以看出, >25.4 mm、12.7 ~ 25.4 mm 的叶片率表现为下部叶 > 中部叶 > 上部叶, 说明 2 个指标数值离散程度为下部叶数值波动幅度较大, 中部叶次之, 上部叶波幅不大; >12.7 mm、6.35 ~ 12.7 mm、2.36 ~ 6.35 mm 叶片率表现为中部叶 > 上部叶 > 下部叶, 但从离散程度看, 这 3 个指标数值的离散度都较小。

### 3 结论

综合以上分析, 2 种检测标准的检测结果存在一定的差值。>12.7 mm、>6.35 mm、2.36 ~ 6.35 mm、<2.36 mm 的叶片率检测结果存在一定的差值, 但差值波动幅度较小, >12.7 mm 叶片率差值在 3% ~ 6%, 不同部位烟叶差值存在一定的差异, 表现为下部叶 > 上部叶 > 中部叶; 12.7 ~ 25.4 mm 叶片率差值随着 >25.4 mm 叶片率差值的变化而呈反方向变化, 说明 2 种检测标准之间的差别主要体现在 >25.4 mm 叶片率、12.7 ~ 25.4 mm 叶片率 2 个指标的变化。

### 参考文献

[1] 王满, 何结望, 许自成, 等. 打叶复烤片烟结构特征及差异分析[J]. 江西农业学报, 2010, 22(7): 17-20.  
 [2] 胡开文. 烟叶打叶复烤工艺与设备[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002: 108-110.  
 [3] 全国烟草标准化技术委员会. YC/T 147-2001. 打叶烟叶质量检验[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.  
 [4] 吴洪田, 李晓红, 崔焰, 等. YC/T 147-2010. 打叶烟叶质量检验[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.

(上接第 1723 页)

[6] 张烨, 王克建, 郝艳宾, 等. 影响核桃贮藏品质因素的分析[J]. 保鲜与加工, 2005, 5(3): 4-5.  
 [7] 漾潭泡核桃简介[J]. 致富天地, 2011(2): 36.  
 [8] 中华人民共和国贸易部. GB/T 5530-2005. 动植物油脂酸价和酸度测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.  
 [9] 中华人民共和国贸易部. GB/T 5538-2005. 油脂过氧化值测定[S]. 北

京: 中国标准出版社, 2005.  
 [10] 李涛, 余旭亚, 陈朝银, 等. 水分对核桃油酸价及过氧化值的影响[J]. 食品研究与开发, 2004, 25(2): 117-119.  
 [11] 王学栋, 王亚瑞. 高级精炼油脂贮藏中的质量控制[J]. 中国油脂, 1995, 20(2): 30-31.  
 [12] 王炜, 李鹏霞, 刘红锦, 等. 常温低氧贮藏对核桃脂肪酸氧化的影响[J]. 江苏农业科学, 2008(5): 228-230.