

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2019.06.033

小粒咖啡微波烘焙工艺优化及破裂力分析

Study on optimization of microwave roasting process and fracture force relationship of Arabica coffee

张付杰¹ 王璐¹ 杨薇¹ 李梦丽¹

ZHANG Fu-jie¹ WANG Lu¹ YANG Wei¹ LI Meng-li¹

李丽霞¹ 蒋快乐² 李小青³

LI Li-xia¹ JIANG Kuai-le² LI Xiao-qing³

(1. 昆明理工大学现代农业工程学院, 云南 昆明 650500; 2. 云南农业大学

热带作物学院, 云南 普洱 665000; 3. 中国人民解放军 69223 部, 新疆 阿克苏 842300)

(1. College of Modern Agricultural Engineering, Kunming University of Science and Technology,

Kunming, Yunnan 650500, China; 2. College of Tropical Crops, Yunnan Agricultural University,

Pu'er, Yunnan 665000, China; 3. PLA 69223, Akesu, Xinjiang 842300, China)

摘要:以微波功率密度、烘焙时间、滚轴转速、风速为试验因素,以咖啡豆的堆积密度、烘焙色度值作为评价指标,优化得出最佳烘焙工艺参数为微波功率密度 8 W/g,烘焙时间 12 min,滚轴转速 70 r/min,风速 1.5 m/s。通过实验验证,该优化工艺参数下的微波烘焙咖啡豆成品堆积密度为 0.286 g/mL,由咖啡烘焙程度分析仪测得的烘焙色度值为 32.1,烘焙程度为深焙,未出现焦化现象,品质良好,与常规烘焙的对比证明了微波烘焙咖啡的可行性及其优势;通过回归分析得到微波烘焙下咖啡豆的破裂力预测模型,修正后决定系数为 0.988,模型拟合良好,破裂力 F 与堆积密度 ρ_b 、烘焙色度值 C 之间存在非常显著的二次回归关系。

关键词:小粒咖啡;微波烘焙;工艺优化;破裂力

Abstract: With the power density, roasting time, spinning speed of roller and wind speed of microwave as the experimental factors, and the bulk density and roasting color value of coffee beans as the indexes for evaluation, the single factor test and the four-factor four-level (4⁴) orthogonal test were conducted. It was shown by the results of optimization that the optimal technology

基金项目:云南省重大科技专项计划(编号:2018ZC001-5);云南省高校工程研究中心建设计划资助(编号:云教科[2016]37号);云南省重大科技专项计划(编号:2018ZF004)

作者简介:张付杰,男,昆明理工大学讲师,硕士,博士。

通信作者:李丽霞(1983—),女,昆明理工大学讲师,硕士,博士。

E-mail: lilixia_2002@126.com

收稿日期:2018-11-21

parameters were: the microwave power density 8 W/g, the roasting time 12 min, the speed of roller 70 r/min, and the wind speed 1.5 m/s. Through experiments, it was confirmed that the bulk density of microwave roasted coffee beans under the optimized technology parameters was 0.286 g/mL, and the baking color value was 32.1. Moreover, with the degree of roasting being dark, no coking occurred in coffee beans and the quality was good. The prediction model of fracture force for coffee bean was obtained by regression fitting, with the determination coefficient of 0.998 after correction, good model fitting, and there is obvious relationship of quadratic regression between fracture force F , bulk density b , and roasting chromatic value C .

Keywords: Arabica coffee; microwave roasting; process optimization; fracture force

小粒咖啡自 1902 年引进至今,已成为云南省第三大出口农产品^[1-2]。新鲜成熟的咖啡浆果呈鲜红色,经水洗、脱皮、发酵、晾晒、脱壳等处理^[3]后可得到供加工和出口的咖啡生豆。要得到可研磨冲泡的咖啡熟豆,需对生豆进行高温烘焙。当咖啡豆被加热至表面温度达到 170 °C 以上,豆内风味物质开始发生化学反应,经一系列烘焙程序逐渐形成其特征风味物质^[4]。咖啡的传统烘焙方式由最原始的锅炒式,逐步发展为直火式、电热式、液化气式等。

微波因快捷环保、高效低耗的技术优势^[5],在农产品加工中的应用研究一直备受关注。微波焙烤无需热传递

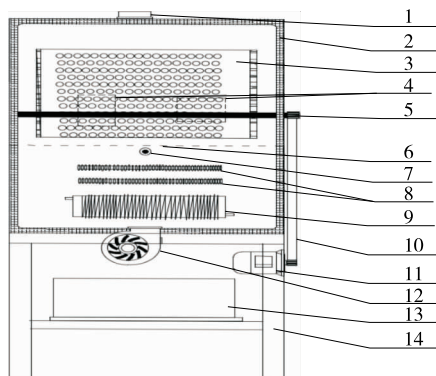
过程,产生的高温可瞬时深入物料内部,直接达到改善物料风味和结构的加工目的^[5]。目前国内外对微波焙烤的应用已有研究。李雨露等^[6]研究了微波加工五香花生米的工艺技术,确定了微波焙烤花生米的最佳工艺。Uysal等^[7]以红外微波炉焙烤榛子,发现微波烘焙的成品与常规烤制样品品质相当。Behera等^[8]研究发现在最佳条件下微波焙烤的小茴香种子比常规焙烤含有更多特征性风味化合物,推荐微波焙烤作为替代焙烤方法。Bolek等^[9]研究分析了微波焙烤和烘烤时间对黄木莲豆的各项物理特性的影响。中国对咖啡的研究多集中于常规烘焙对其化学成分的影响:周斌等^[10-11]研究了烘焙程度对云南小粒咖啡香气成分的影响;张宗玲等^[12]研究了咖啡豆的烘焙条件对其成分含量的影响;蔡瑞玲等^[13]分析了焙烤过程中咖啡抽提液成分的变化以及对咖啡香气的影响。但目前尚未见将微波技术应用于咖啡烘焙工艺的研究。

本试验拟使用本实验室研发的微波热风耦合烘焙装置^[14],以微波功率密度、烘焙时间、滚轴转速、风速为试验因素,以咖啡豆的物理指标——堆积密度、烘焙色度值作为评价指标,探索咖啡微波烘焙工艺的可行性,优化出适合咖啡微波烘焙的最佳工艺参数,拟建立微波烘焙的小粒咖啡豆破裂力的预测模型,为咖啡深加工研究和设备设计提供参考。

1 材料与方 法

1.1 仪器与设备

微波热风耦合烘焙装置(如图1):微波功率600~2500W,滚轴转速0~100r/min,风速0~3m/s(此为鼓风机吹至金属网上方腔体内的平均风速),参数均可通过设备的控制面板调控,由于试验需求不同,温湿度传感



1. 温湿度传感器 2. 外腔体 3. 料筒 4. 微波窗口 5. 滚轴
6. 金属网 7. 热风温度传感器 8. 电热管 9. 换热器 10. 传动皮 带 11. 驱动电机 12. 离心式鼓风机 13. 水槽 14. 支架

图1 微波热风耦合烘焙装置示意图

Figure 1 Schematic diagram of the microwave hot-air coupled baking device

器、电热管、热风温度传感器等部件在本次试验中未使用,本实验室自制;

咖啡烘焙程度分析仪:RoAmi ROAST ANALYZER TRA-3000型,韩国 Truesystems 公司;

食品物性分析仪:TMS-PRO型,美国 FTC 公司;

电子天平:BL310型,德国 Sartorius 科学仪器有限公司;

游标卡尺:B3型,精度0.02mm,成都成量工具有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 试验材料及样品准备 选用产自云南保山的小粒种咖啡生豆。分别称取3组各20g咖啡生豆,采取105℃恒温法(按GB5009.3—2010执行)测得试验样品的初始湿基含水率为10.58%~11.32%。

烘焙前对咖啡生豆进行手选^[15],将其中的杂质和瑕疵豆手工去除,留取饱满完好的生豆。手选后将生豆过SCR标准咖啡筛14号筛网,筛除较小颗粒的咖啡生豆以减少试验误差。

每次试验称取200g筛选后的生豆放入料筒,按试验方案调节相应参数后进行烘焙。咖啡豆烘焙完成后,用电子天平称重,用量筒量取体积,计算其堆积密度,测定色度值及烘焙程度。

1.2.2 咖啡微波烘焙单因素试验方案 以微波功率密度、烘焙时间、滚轴转速、风速为影响因素,堆积密度、烘焙色度值为试验指标,进行咖啡微波烘焙单因素试验。

(1) 微波功率密度:固定烘焙时间8min,滚轴转速60r/min,风速0.0m/s,考察微波功率密度(6,7,8,9W/g)对烘焙咖啡豆的堆积密度和烘焙色度值的影响。

(2) 烘焙时间:固定微波功率密度8W/g,滚轴转速60r/min,风速为0.0m/s,考察烘焙时间(8,12,16,20min)对烘焙咖啡豆的堆积密度和烘焙色度值的影响。

(3) 滚轴转速:固定微波功率密度8W/g,烘焙时间8min,风速为0.0m/s,考察滚轴转速(60,70,80,90r/min)对烘焙咖啡豆的堆积密度和烘焙色度值的影响。

(4) 风速:固定微波功率密度8W/g,滚轴转速60r/min,烘焙时间8min,考察风速(0.0,1.0,2.0,3.0m/s)对烘焙咖啡豆的堆积密度和烘焙色度值的影响。

1.2.3 微波烘焙咖啡正交试验方案 在单因素试验的基础上,以微波功率密度、烘焙时间、滚轴转速、风速为影响因素,以堆积密度、烘焙色度值为试验指标,利用正交表设计四因素四水平正交试验,对咖啡微波烘焙的工艺参数进行优化。

1.2.4 咖啡豆破裂力试验 为研究破裂力与堆积密度、烘焙色度值之间的关系,本试验拟在咖啡豆粒破裂力与

其堆积密度、烘焙色度值之间建立回归模型。在优化工艺的基础上,再次对小粒咖啡进行微波烘焙试验。选取 16 组较优烘焙样品,按烘焙程度由浅至深排序,每组样品随机选 5 粒咖啡豆进行压缩试验。

1.2.5 试验指标检测

(1) 堆积密度:将咖啡豆倒入量筒,轻振,读取咖啡豆的体积 V ;使用电子天平称量咖啡豆的质量 M ,根据式(1)计算其堆积密度 ρ_b 。

$$\rho_b = \frac{M}{V}, \tag{1}$$

式中:

ρ_b ——堆积密度, g/mL;

M ——咖啡豆质量, g;

V ——咖啡豆体积, mL。

(2) 烘焙色度值及烘焙程度:烘焙色度值通过咖啡烘焙程度分析仪测定。测量结果显示为色度数值及相应烘焙程度。每组试验结果随机取 3 组样品测量,取平均值作为该组烘焙色度值结果,记为 C 。表 1 为 SCAA(Specialty Coffee Association of America,美国精品咖啡协会)标准中烘焙色度值及其对应的烘焙程度。咖啡豆常规烘焙的色度值范围为 $30 \leq C \leq 80$,本试验以此数值范围为参考。

(3) 破裂力 F :将单粒豆置于食品物性分析仪的工作台上,用圆形平板压头对其进行压缩试验。当压头接触咖啡豆试样后,以 1 mm/min 的恒速下降,记录试样的变形位移与压力值。当曲线上的压力值达到某一峰值后突然下降,表示咖啡豆试样已破裂,记该数值为咖啡豆的破裂力 F 。

(4) 综合评分的计算:将堆积密度、烘焙色度值 2 个指标用隶属度的综合加权评分法对咖啡微波烘焙工艺进行综合评分。堆积密度越小代表失重和膨化程度越大,

表 1 烘焙色度值对照表

Table 1 Range of roasting chromaticity values and corresponding roasting degree

色值	烘焙程度
$90 \leq C < 100$	极浅焙
$80 \leq C < 90$	非常浅焙
$70 \leq C < 80$	浅焙
$60 \leq C < 70$	中浅焙
$50 \leq C < 60$	中焙
$40 \leq C < 50$	中深焙
$30 \leq C < 40$	深焙
$0 \leq C < 30$	极深焙

烘焙色度值越低代表烘焙程度越深。故常规烘焙色度值范围内,综合评分越低,烘焙效果越好。隶属度按式(2)计算:

$$P = \frac{A_i - A_{\min}}{A_{\max} - A_{\min}}, \tag{2}$$

式中:

A_i ——指标值;

A_{\min} ——指标最小值;

A_{\max} ——指标最大值。

综合评分按式(3)计算:

$$S = a \times P_x + b \times P_y, \tag{3}$$

式中:

P_x, P_y ——分别为堆积密度、烘焙色度值的隶属度;

a, b ——分别为 2 个指标的权重,考虑 2 个指标对于衡量咖啡烘焙结果的重要性同样重要,取 $a = 0.5, b = 0.5$ 。

1.2.6 数据处理 采用 IBM SPSS Statistics 19.0 统计分析软件对数据进行处理、分析。

2 结果与分析

2.1 咖啡微波烘焙工艺优化

2.1.1 微波功率密度对烘焙的影响 由图 2 可知,随微波功率密度增加,咖啡豆的堆积密度和烘焙色度值均呈负相关变化,堆积密度从 0.581 g/mL 逐渐降至 0.267 g/mL,烘焙色度值由 98.2 降至 16.8,对应烘焙程度越来越深,颗粒膨化程度越大。微波功率密度为 6 W/g 时,所得咖啡豆的烘焙色度值为 98.2,超出咖啡豆常规烘焙色度值范围($30 \leq C \leq 80$),烘焙程度极浅,咖啡豆偏生,堆积密度为 0.581 g/mL,膨化程度较差。微波功率密度上升至 9 W/g 时,由于功率密度偏大,加热温度过高,使咖啡豆的烘焙色度值仅为 16.8,烘焙程度极深,豆体表面呈焦黑色。根据柱状图趋势,参考咖啡豆常规烘焙色度值范围,选取 7.0~8.5 W/g 作为正交试验的水平范围。

2.1.2 滚轴转速对烘焙的影响 由图 3 可知,随着滚轴

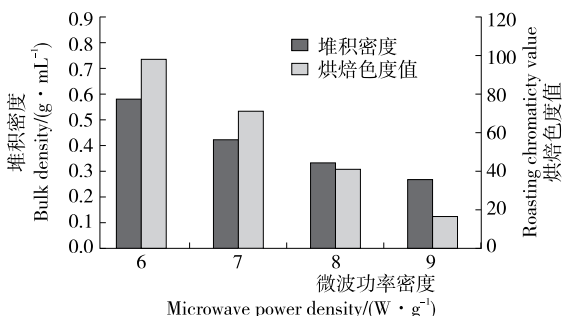


图 2 微波功率密度对烘焙的影响

Figure 2 Results of microwave power density single factor test

转速的增加,其堆积密度和烘焙色度值均随之增加。咖啡豆的堆积密度从 0.335 g/mL 逐渐增至 0.433 g/mL;烘焙色度值由 45 增至 81,相应烘焙程度由中深焙逐渐降至非常浅焙。滚轴转速达 90 r/min 以上时,烘焙程度已达极浅焙。综合考虑热能利用率及烘焙效果,选取滚轴转速 65~80 r/min 作为正交试验水平范围。

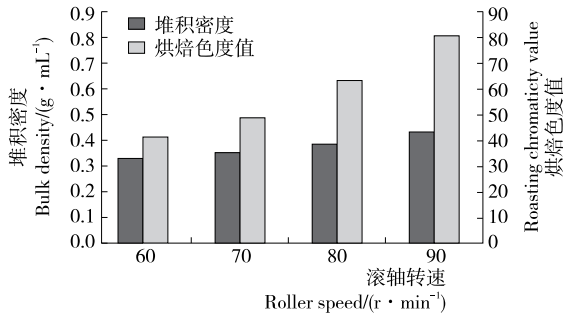


图3 滚轴转速对烘焙的影响

Figure 3 Results of roller speed single factor test

2.1.3 烘焙时间对烘焙的影响 由图 4 可知,随着烘焙时间的延长,咖啡豆烘焙色度值由 49.0 降至 16.7,烘焙程度从中焙逐渐变为极深焙;堆积密度由 0.355 g/mL 降至 0.282 g/mL。烘焙 8 min 的咖啡豆烘焙程度为中焙,堆积密度却与其他组的接近,局部咖啡豆烘焙程度较浅,可见短时间烘焙存在烘焙不均现象;烘焙 20 min 的咖啡豆的烘焙色度值<30,烘焙程度极深,接近焦化。因此选取烘焙时间 10~16 min 作为正交试验的水平范围。

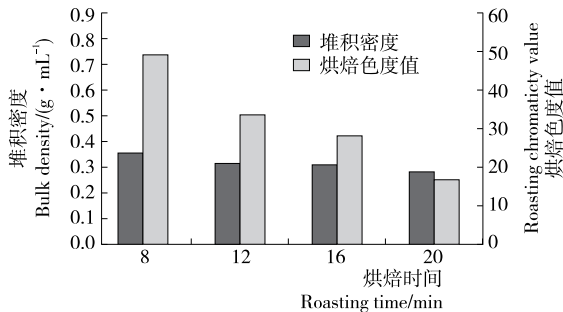


图4 烘焙时间对烘焙的影响

Figure 4 Results of roasting time single factor test

2.1.4 风速对烘焙的影响 由图 5 可知,随烘焙过程中风速的增加,咖啡豆的堆积密度由 0.355 g/mL 逐渐增至 0.490 g/mL,烘焙色度值从 49.0 增至 83.4。风速逐渐增大时,咖啡烘焙程度渐浅;当风速达到 2 m/s 以上时,烘焙程度极浅,咖啡豆偏生。故选取风速 0.0~1.5 m/s 作为正交试验的水平范围。

2.1.5 正交试验 根据单因素试验结果,按正交表进行四因素四水平正交试验,其试验方案及结果见表 2。

以堆积密度和烘焙色度值为试验指标,对二者进行

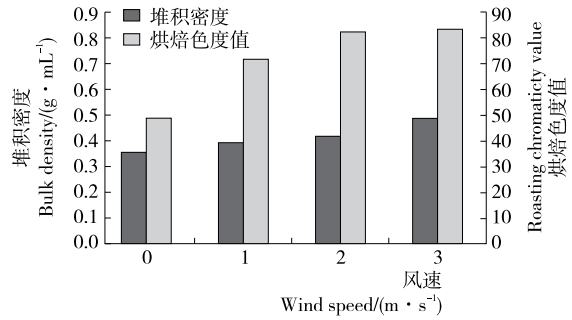


图5 风速对烘焙的影响

Figure 5 Results of wind speed single factor test

表2 正交试验因素水平表

Table 2 Orthogonal test factor level table

编号	A 微波功率密度/ (W · g ⁻¹)	B 烘焙时 间/min	C 滚轴转速/ (r · min ⁻¹)	D 风速/ (m · s ⁻¹)
1	7.0	10	65	0.0
2	7.5	12	70	0.5
3	8.0	14	75	1.0
4	8.5	16	80	1.5

综合加权评分,以综合加权评分法对试验结果进行极差分析,得出各因素的优水平及最优组合,结果见表 3。

由表 3 得出,影响微波咖啡烘焙效果的因素顺序为 A>B>D>C,即:微波功率密度>烘焙时间>风速>滚轴转速,最优组合为 A₄B₂C₃D₁,即:微波功率密度 8 W/g,烘焙时间 12 min,滚轴转速 75 r/min,风速 1.5 m/s。空白列的极差值 R 不大于其他因素的极差值,说明各因素之间没有不容忽视的交互作用,故本试验中暂不考虑交互作用。

极差分析所得的最优组合 A₄B₂C₃D₁不在正交试验列表中,需对其结果进行验证。在温湿度等外在条件均一致的前提下,选取 200 g 小粒咖啡生豆,按微波功率密度 8 W/g、烘焙时间 12 min、滚轴转速 75 r/min、风速 1.5 m/s 设定各项参数,进行烘焙。

验证实验所得咖啡豆的堆积密度为 0.286 g/mL,测得烘焙色度值为 32.1,烘焙程度为深焙,综合评分为 0.15,优于正交试验中的结果,且烘焙均匀度更好,避免了局部焦黑现象。根据该工艺参数烘焙得到的咖啡豆品质是所有已得试验成品中最好的,证明了该工艺参数优化的合理性。根据传统的咖啡电热烘焙机所得的深焙最佳工艺参数为 12 min(需提前预热至 250 ℃),160 g^[16]。此微波烘焙优化工艺可以在无预热、12 min、200 g 烘焙量的情况下达到深焙的要求。由此可见,咖啡微波烘焙工艺是具备其优势的。

表 3 正交试验结果及极差分析表
Table 3 Orthogonal test results and range analysis table

试验序号	A	B	C	D	E	堆积密度	烘焙色度	综合评分
1	1	1	1	1	2	0.412	78.2	1.00
2	1	2	2	2	2	0.391	67.6	0.83
3	1	3	3	3	3	0.382	68.3	0.81
4	1	4	4	4	3	0.371	64.8	0.74
5	2	1	2	3	4	0.365	65.9	0.73
6	2	2	1	4	4	0.314	50.7	0.42
7	2	3	4	1	1	0.319	51.6	0.44
8	2	4	3	2	1	0.334	52.2	0.50
9	3	1	3	4	3	0.297	41.7	0.28
10	3	2	4	3	3	0.286	33.5	0.17
11	3	3	1	2	2	0.347	57.2	0.59
12	3	4	2	1	2	0.298	36.5	0.24
13	4	1	4	2	1	0.298	41.5	0.28
14	4	2	3	1	1	0.269	22.1	0.01
15	4	3	2	4	4	0.267	24.5	0.02
16	4	4	1	3	4	0.290	31.7	0.16
k_1	0.84	0.57	0.54	0.44	0.31			
k_2	0.52	0.36	0.45	0.55	0.66			
k_3	0.32	0.47	0.40	0.47	0.50			
k_4	0.12	0.41	0.41	0.36	0.33			
R	0.72	0.21	0.14	0.19	0.36			

2.2 微波烘焙咖啡的破裂力

2.2.1 破裂力试验结果 对微波烘焙的咖啡豆的破裂力试验结果见表 4。

2.2.2 回归模型的建立与显著性分析 采用 SPSS 统计分析软件,对破裂力试验结果进行多元回归分析,得到模型如下:

$$F = 155.172 1 - 0.007 4C^2 + 1 525.716 1\rho_b^2 - 5.214\rho_b \times C + 1.280 4C - 995.040 5\rho_b, \tag{4}$$

式中:

F——破裂力, N;

C——烘焙色度值;

ρ_b ——堆积密度, g/mL。

回归模型的决定系数为 $R^2 = 0.990$,修正后的决定系数为 0.988,即该模型能解释 98.8%,与实际情况拟合较好;对该回归方程进行 F 检验,尾概率 P 为 $4.177 1 \times 10^{-12}$,显著水平 $< 0.000 1$,因此破裂力 F 与堆积密度 ρ_b 、烘焙色度值 C 之间的二次回归关系非常显著。

为验证回归方程的有效性,对微波烘焙小粒咖啡破裂力的回归模型进行方差分析,分析结果见表 5。由表 5 可见,模型概率值 $P < 0.000 1$,回归模型极显著,故用该模

型对微波烘焙的小粒咖啡的破裂力进行预测和分析是可靠的。

在回归模型的方差分析中, C^2 、 ρ_b^2 、 $\rho_b \times C$ 、 C 、 ρ_b 的显著水平分别为 0.004 0, 0.000 01, 0.406 0, 0.000 26, 0.000 9, 其中堆积密度和烘焙色度值的交互项 $\rho_b \times C$ 为不显著项,因此将 $\rho_b \times C$ 从方程中剔除。简化后的破裂力与堆积密度、烘焙色度值的回归模型为:

$$F = 155.172 1 - 0.007 4C^2 + 1 525.716 1\rho_b^2 + 1.280 4\rho_b - 995.040 5C. \tag{5}$$

3 结论

(1) 本研究提出一种以微波加热为技术基础的咖啡微波烘焙新工艺,并通过试验证明了以微波方式烘焙咖啡的可行性,优化分析得到适合微波烘焙咖啡的最佳工艺参数:微波功率密度 8 W/g,烘焙时间 12 min,滚轴转速 75 r/min,风速 1.5 m/s。通过实验验证,该工艺参数下所得咖啡豆优于正交试验中的试验结果,且烘焙均匀度更好,避免了局部焦黑现象。与传统电热烘焙工艺的对比亦证明了咖啡微波烘焙工艺具有烘焙效率高、烘焙时无需预热过程、可降低时间成本和能耗的优势。

(2) 本试验建立的微波烘焙小粒咖啡破裂力模型可

表 4 微波烘焙小粒咖啡破裂力试验结果

Table 4 Test results of microwave-roasted small coffee frustrature force

试验序号	烘焙色度值 C	堆积密度 $\rho_b / (g \cdot mL^{-1})$	破裂力 F/N					平均值
			1	2	3	4	5	
1	83.4	0.490	84.0	81.0	82.3	106.2	96.2	89.94
2	82.4	0.420	63.8	60.5	63.0	53.3	60.5	60.22
3	78.2	0.412	60.0	60.0	67.2	60.5	60.9	61.72
4	71.0	0.425	51.6	65.5	55.8	56.3	69.3	59.70
5	68.3	0.382	57.9	53.7	49.5	42.0	44.9	49.60
6	64.8	0.371	45.3	45.8	51.6	51.2	36.5	46.08
7	57.2	0.347	48.3	43.7	39.5	38.2	54.2	44.78
8	53.0	0.334	40.7	42.4	34.9	46.2	45.8	42.00
9	51.6	0.319	37.8	36.1	39.0	45.3	34.0	38.44
10	49.0	0.355	37.8	38.6	38.6	31.1	35.7	36.36
11	41.5	0.305	36.1	32.8	27.7	28.6	42.0	33.44
12	36.5	0.298	31.9	27.7	32.3	30.7	34.4	31.40
13	31.7	0.290	34.0	24.8	35.3	33.2	26.5	30.76
14	28.1	0.308	26.0	26.0	24.4	26.0	24.4	25.36
15	24.5	0.267	21.4	26.0	21.8	23.5	23.5	23.24
16	16.7	0.252	19.7	22.7	19.3	20.6	18.5	20.16

表 5 回归模型方差分析†

Table 5 Variance analysis of regression model

方差来源	自由度	平方和	均方	F 值	尾概率 P	显著性
模型	4	5 304.56	1 326.14	323.53	<0.000 1	* *
C ²	1	79 701 719.82	79 701 719.82	32.02	0.004 0	* *
ρ_b^2	1	561.08	561.08	49.5	<0.000 1	* *
$\rho_b \times C$	1	962.91	962.91	13.57	0.406 0	
C	1	15 395.74	15 395.74	65.07	<0.000 1	* *
ρ_b	1	531.58	531.58	46.90	<0.000 1	* *

† * * 代表差异极显著(P<0.01)。

根据咖啡豆的烘焙色度值、堆积密度较好地预测破裂力值,不仅能够在咖啡豆的运输贮藏过程中根据预测的破裂力值避免压力破损,以最大限度地保留咖啡豆的风味物质,保障咖啡豆在运输、贮藏中的品质需求;适当的研磨力度可最大程度地保留咖啡豆的风味物质,破裂力模型亦可在咖啡的后续粉碎加工中提供力学数据参考,根据需求不同的烘焙程度预先设定粉碎机的粉碎力度,实现咖啡研磨加工的自动化工艺。

参考文献

[1] 李荣福, 李亚男, 罗坤. 浅析云南咖啡产业的现状与发展策略[J]. 农业科技管理, 2011, 30(5): 71-74.
 [2] 付晓萍, 张云鹤, 谷大海. 云南小粒种咖啡果皮粗提取物对人脐静脉内皮细胞抗氧化损伤的研究[J]. 食品科技, 2016, 41(12): 183-188.

[3] 何红艳, 文志华, 李国鹏. 咖啡采后处理及初加工技术[J]. 广东农业科技, 2018(12): 119-120.
 [4] 吕文佳, 刘云, 杨凯舟, 等. 咖啡主要烘焙风味物质的形成及变化规律[J]. 食品工业科技, 2015, 36(3): 394-400.
 [5] 李树君. 农产品微波组合干燥技术[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2015: 6-21.
 [6] 李雨露, 毕海燕, 宋立. 微波焙烤花生米工艺技术研究[J]. 现代食品科技, 2012, 28(10): 1 374-1 422.
 [7] UYSAL N, SUMNU G, SAHIN S. Optimization of microwave-infrared roasting of hazelnut[J]. Journal of Food Engineering, 2009, 90(2): 255-261.
 [8] BEHERA S, NAGARAJAN S, RAO L. Microwave heating and conventional roasting of cumin seeds and effect on chemical composition of volatiles[J]. Food Chemistry, 2004, 87(1): 25-29.

(下转第 221 页)

量在 0.01 水平(双侧)上显著相关;四川与全国的出口金额在 0.05 水平(双侧)上显著相关;广东与全国的出口数量在 0.01 水平(双侧)上显著相关。

5 结论

当前,尽管白酒出口贸易已扩展到了全世界 1/2 国家(或地区),但从业务量方面比较,各地差异较大且仍以亚洲市场为主。白酒对外贸易的未来发展有以下几点建议:① 应在不断提升亚洲市场份额的同时,优先选择拓展人均 GDP 高的其他市场,比如欧洲市场和北美市场以及大洋洲市场的少数国家(或地区);② 应继续增加有较大白酒出口业务市场的拓展力度,深入研究当地蒸馏酒市场特点,并突出中国白酒的特性,更高效地推广中国白酒,比如美洲的美国市场与大洋洲的澳大利亚市场;③ 对于国内白酒企业而言,应携手而行,共同耕耘国际市场,国际市场是一片具有巨大潜力的市场,且市场足够广阔,只有共谋发展,未来中国白酒的国际之路才能愈加光明。

参考文献

- [1] 程铁轅,刘彬,李明春,等. 欧盟烈性酒法律法规对我国白酒产业的启示[J]. 食品科学, 2012, 33(9): 271-276.
- [2] 王国勇. 欧美对中国白酒实施技术性贸易壁垒的影响研究[D]. 北京: 对外经济贸易大学, 2015: 1-43.
- [3] 程铁轅,刘彬,李明春,等. 欧盟、美国和日本酒类标签技术

贸易措施对我国酒类产品出口的启示[J]. 现代食品科技, 2013, 29(1): 207-210.

- [4] 郭旭,张颖,王鑫,等. 茅台酒国际市场状况及发展对策研究[J]. 酿酒科技, 2017(6): 126-132.
- [5] 林洁,王平春. 中国白酒文化在国际市场传播的问题与思考[J]. 酿酒科技, 2015(12): 130-133.
- [6] 严皓,廖国强. 白酒出口目标国选择: 基于引力模型指标变量的分析[J]. 酿酒科技, 2014(1): 121-124.
- [7] International Monetary Fund. World Economic Outlook Database[DB/OL]. [2018-08-15]. <https://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2018/01/weodata/weosegr.aspx>.
- [8] 酿酒科技. 2017 年全国酒类行业生产经营数据出炉[EB/OL]. (2018-03-15)[2018-08-10]. <http://www.lmst.com.cn/docview.php3? keyid=42676>.
- [9] 贵州茅台 2017 年年度报告[R/OL]. (2018-03-28)[2018-06-15]. http://vip.stock.finance.sina.com.cn/corp/go.php/vCB_Bulletin/stockid/600519/page_type/ndbg.phtml.
- [10] 五粮液 2017 年年度报告[R/OL]. (2018-04-28)[2018-06-16]. http://vip.stock.finance.sina.com.cn/corp/go.php/vCB_Bulletin/stockid/000858/page_type/ndbg.phtml.
- [11] 洋河股份 2017 年年度报告[R/OL]. (2018-04-27)[2018-06-18]. http://vip.stock.finance.sina.com.cn/corp/go.php/vCB_Bulletin/stockid/002304/page_type/ndbg.phtml.
- [12] 泸州老窖 2017 年年度报告[R/OL]. (2018-04-11)[2018-06-18]. http://vip.stock.finance.sina.com.cn/corp/go.php/vCB_Bulletin/stockid/000568/page_type/ndbg.phtml.

(上接第 187 页)

- [9] BOLEK S, OZDEMIR M. Optimization of roasting conditions of microwave roasted Pistacia terebinthus beans[J]. LWT-Food Science and Technology, 2017, 86: 327-336.
- [10] 周斌,任洪涛. 烘焙程度对云南小粒咖啡香气品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2014, 35(22): 68-73.
- [11] 周斌,任洪涛. 烘焙时间对云南小粒咖啡挥发性成分影响的研究[J]. 现代食品科技, 2015, 35(1): 236-244.
- [12] TRAN Van-cuong, 张宗玲,郭康权,等. 咖啡豆的烘焙条件对其成分含量的影响研究[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(1): 33-38.

- [13] 蔡瑞玲,韩英素,赵晋府,等. 焙炒条件对咖啡风味影响的研究[J]. 饮料工业, 2003, 6(6): 32-38.
- [14] 宋瑞凯,张付杰,杨薇,等. 矩形微波腔体双馈口位置与加热效率仿真及验证[J]. 昆明理工大学学报, 2017, 42(6): 51-57.
- [15] 田口护. 咖啡品鉴大全[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2009: 30-37.
- [16] 李梦丽,张付杰,杨薇,等. 云南小粒咖啡烘焙工艺优化及总糖含量的测定[J/OL]. 食品工业科技, [2018-10-16]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1759.TS.20181009.1540.042.html>.

(上接第 215 页)

- [7] 李善莲,申晓锋,李华杰,等. 烟丝结构对卷烟端部落丝量的影响[J]. 烟草科技, 2010(2): 5.
- [8] 邵宁,徐秀峰,万永华,等. 卷烟烟丝结构分布及其与物理质量的关系[J]. 南方农业学报, 2017, 48(5): 883-888.
- [9] 刘著文. 烟丝结构参数优化研究[J]. 山东工业技术, 2015(1): 26-27.
- [10] 国家烟草专卖局. YC/T 289—2009 卷烟烟丝结构的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [11] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 22838.6—2009 卷烟和

滤棒物理性能的测定第 6 部分: 硬度[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.

- [12] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 22838.3—2009 卷烟和滤棒物理性能的测定第 3 部分: 圆周激光法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [13] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 22838.5—2009 卷烟和滤棒物理性能的测定第 5 部分: 卷烟吸阻和滤棒[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [14] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 22838.4—2009 卷烟和滤棒物理性能的测定第 4 部分: 卷烟质量[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.