

打叶复烤协同醇化对四川凉山烤烟 烟叶多酚含量的影响

Effects of threshing, redrying with collaborative aging on polyphenols
content in tobacco-planting area of Liangshan in Sichuan

马亚萍^{1,2} 李 力^{1,2} 罗 诚^{1,2} 李东亮^{1,2}

MA Ya-ping^{1,2} LI Li^{1,2} LUO Cheng^{1,2} LI Dong-liang^{1,2}

(1. 四川中烟工业有限责任公司技术中心, 四川 成都 610066;

2. 卷烟减害降焦四川省重点实验室, 四川 成都 610066)

(1. Technology Center, China Tobacco Sichuan Industrial Co., Ltd., Chengdu, Sichuan 610066, China;

2. Key Laboratory for Harmful Components and Tar Reduction in Cigarette of
Sichuan Province, Chengdu, Sichuan 610066, China)

摘要:研究了不同打叶复烤关键参数(a1 为一润出口温度,a2 为复烤一区温度,a3 为复烤二区温度,a4 为复烤三区温度,a5 为复烤四区温度)和醇化时间下四川凉山烤烟烟叶绿原酸、新绿原酸、4-O-咖啡基-D-奎尼酸、茛菪亭、芸香苷、山奈酚糖苷、多酚总量的变化规律。结果表明:① 一润出口温度对多酚总量的影响显著,并呈正相关性,复烤一~四区温度与多酚含量无显著相关。② 绿原酸、新绿原酸、芸香苷、山奈酚糖苷、总酚含量随醇化时间的延长总体上呈降低趋势,4-O-咖啡基-D-奎尼酸、茛菪亭含量随醇化时间的延长总体上呈增大趋势。③ 醇化时间对多酚含量的影响大于打叶复烤。④ B0~B5、C0~C5、X0~X5 烟叶香气感官质量最优的打叶复烤参数为 a1 为 60℃、a2 为 50℃、a3 为 79℃、a4 为 67℃、a5 为 70℃、醇化时间 12 个月,此时烟叶多酚含量、感官质量均为较优水平。

关键词:打叶复烤;醇化;多酚;感官质量

Abstract: Studied the changes of polyphenols including chlorogenic acid, neochlorogenic acid, 4-O-coffee-D-quinic acid, scopoletin, rutin, kaempferol glycoside and polyphenols content in Sichuan Liangshan flue-cured tobacco leaves under different key parameters of threshing and redrying (a1 was one wetting

process outlet temperature; a2 was redrying zone 1 temperature~a5 was redrying zone 4 temperature) and alcoholization duration. The results show that: ① one wetting process outlet temperature have a certain positive correlation with polyphenols content, and redrying zone 1 temperature~redrying zone 4 temperature are not significantly correlation. ② Chlorogenic acid, neochlorogenic acid, rutin, kaempferol glycoside and polyphenols content decrease with the increase of the alcoholization time, and 4-O-coffee-D-quinic acid, scopoletin content increased with the increase of alcoholization time. ③ The effect of alcoholization time on the polyphenols content is greater than that of threshing, redrying. ④ The best aroma sensory quality of B0~B5, C0~C5, X0~X5 were a1: 60℃, a2: 50℃, a3: 79℃, a4: 67℃, a5: 70℃, and 12 months of alcoholization time. At this time, a1 and a5 were the highest, and the polyphenol content was high, which was in harmony with the optimal sensory quality.

Keywords: threshing and redrying; alcoholization; polyphenols; sensory quality

多酚类物质及其分解产物对烟叶颜色、烟草吃味和香气有较大影响^[1-2],醇化过程中,多酚类化合物经降解反应生成香气物质,对改善烟草制品品质具有重要作用^[3]。庄亚东等^[4]研究表明,多酚物质总量和主要多酚物质含量均随卷烟档次和其内在质量的升高而增加。龙章德等^[5]发现绿原酸与香气质、香气量、刺激性等呈显著正相关。研究表明,烟叶的多酚含量与品种^[6-8]、制丝工艺^[9]、成熟度^[10]、打叶复烤^[11-13]等密切相关。华一崑等^[14]研究了打叶复烤工序对烟叶致香成分和感官质量的

基金项目:四川中烟工业有限责任公司科研项目(编号:JL/CYZYGSJ003-04)

作者简介:马亚萍,女,四川中烟工业有限责任公司助理工程师,硕士。

通信作者:李东亮(1973—),男,四川中烟工业有限责任公司研究员,博士。E-mail:lidongliang163@yahoo.com.cn

收稿日期:2020-05-22

影响,发现各因素对感官质量影响顺序为一润>复烤>二润。Long 等^[15]证明烟叶低温慢速复烤能降低烟叶着色剂和多酚前驱体的降解率。上述研究多集中在某个工序对烟叶多酚类物质的影响,未细分到具体的工艺参数。

醇化对改善外观、协调香味成分和多酚成分等有重要影响^[16-18],且多酚含量在醇化过程中呈下降趋势^[19-21]。闫铁军等^[22]研究了多酚氧化酶和多酚含量在醇化过程中的变化规律。综上,打叶复烤与醇化对烟叶多酚含量具有重要影响,且打叶复烤后的烟叶状态作为烟叶醇化的起点,对醇化过程产生直接影响,这种协同作用会影响不同醇化时期烟叶的多酚含量。而目前关于醇化对多酚含量的影响大多是从库房醇化开始研究,打叶复烤协同作用醇化对多酚含量影响的研究未见报道。为进一步探究打叶复烤各段温度和打叶复烤协同醇化对烟叶多酚含量的影响规律,试验拟以四川凉山产区云烟 85 烤烟烟叶为研究对象,研究打叶复烤协同醇化对云烟 85 烤烟烟叶多酚类物质含量和感官质量的影响,以确定最佳的打叶复烤参数和醇化时间,旨在为烟叶多酚类物质含量的调控和烟叶质量的提升提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料、设备与仪器

烟叶:品种为初烤烤烟云烟 85,等级分别为 B2F、C3F、X2F,2012 年收购,产地为四川凉山;

打叶复烤生产线:四川会理复烤厂川渝专线;

制丝线:四川中烟工业有限责任公司成都卷烟厂制丝专线;

高效液相色谱仪:Agilent 1260 型,安捷伦科技(中国)有限公司。

1.2 方法

1.2.1 复烤烟叶制备 通过查阅文献^[14,23]并根据生产实际,以一润温度、复烤一~四区温度为试验参数,采用均匀设计对 B2F(B)、C3F(C)、X2F(X)的一润温度、复烤一~四区温度进行设计,共 18 组,样品编号及样品工艺参数见表 1。

1.2.2 复烤烟叶取样及烟支卷制 B2F、C3F、X2F 3 个等级复烤烟叶刚入库时进行第 0 次取样,记为 B0、C0、X0,每隔 6 个月整取样 1 次,连续取样 5 次,分别记为 B1~B5、C1~C5、X1~X5。样品制丝、卷制均按“娇子(时代阳光)”工艺标准执行。其中,B1~B5、C1~C5、X1~X5 分别属于上部烟、中部烟、下部烟。

1.2.3 样品检测 按 YC/T 202—2006 测定多酚类化合物含量。

1.2.4 感官评吸 由 7 位感官评吸专家组成评吸小组,采用九分制单料烟感官评价方法:从香气特性进行评价,包括香气质、香气量、丰满程度及杂气。其中,香气质、香

表 1 B2F、C3F、X2F 打叶复烤参数表

Table 1 Threshing and redrying parameters for B2F/C3F/X2F

样品编号	a1 一润 温度/℃	复烤干燥区温度/℃			
		a2 一区	a3 二区	a4 三区	a5 四区
B0	50.0	60.0	73.0	69.0	65.0
C0	55.0	63.0	78.0	75.0	65.0
X0	58.0	55.0	67.0	65.0	60.0
B1、C1、X1	50.0	70.0	85.0	61.0	55.0
B2、C2、X2	65.0	65.0	55.0	73.0	60.0
B3、C3、X3	60.0	50.0	79.0	67.0	70.0
B4、C4、X4	45.0	55.0	71.0	80.0	50.0
B5、C5、X5	40.0	60.0	63.0	55.0	65.0

气量、丰满程度及杂气标度值为 9,标度值越高,说明香气质、香气量、丰满程度越高,杂气越低,4 项标度值加和为香气特性的总分。

1.3 数据统计分析

采用 SPSS 21.0 软件的单因素方差和简单相关分析, $P<0.05$ 表示差异显著。

2 结果与分析

2.1 打叶复烤关键参数对烟叶多酚类物质含量的影响

由图 1~7 可知,当醇化时间为 0~30 个月时,绿原酸含量为中部烟叶>上部、下部烟叶,上部烟叶和下部烟叶无显著差异;当醇化时间为 0~12,24 个月时,新绿原酸含量为中部、下部烟叶>上部烟叶,中部烟叶和下部烟叶无显著差异,当醇化时间为 18,30 个月时,新绿原酸含量为下部烟叶>中部烟叶>上部烟叶;当醇化时间为 0~30 个月时,4-O-咖啡基-D-奎尼酸含量为下部烟叶>中部烟叶>上部烟叶;当醇化时间为 0,24 个月时,茛菪亭含量为下部烟叶>上部、中部烟叶,上部烟叶和中部烟叶无显著差异,当醇化时间为 6,12,30 个月时,3 部位烟叶的茛菪亭含量均无显著差异,当醇化时间为 18 个月时,茛菪亭含量为下部烟叶>中部烟叶,上部烟叶与中部、下部烟叶无显著差异;当醇化时间为 0~12 个月时,芸香苷含量为上部烟叶>中部烟叶>下部烟叶,当醇化时间为 18~30 个月时,芸香苷含量为上部、中部烟叶>下部烟叶,上部烟叶和中部烟叶无显著差异;当醇化时间为 0~30 个月时,山奈酚糖苷含量为中部烟叶>上部、下部烟叶,上部烟叶和下部烟叶无显著差异;当醇化时间为 0~12 个月时,总酚含量为中部烟叶>上部烟叶>下部烟叶,当醇化时间为 18~30 个月时,总酚含量为中部烟叶>上部、下部烟叶,上部烟叶和下部烟叶无显著差异。

由图 1~7 还可知,绿原酸、新绿原酸、4-O-咖啡基-D-奎尼酸、芸香苷、总酚含量随醇化时间的延长总体上呈

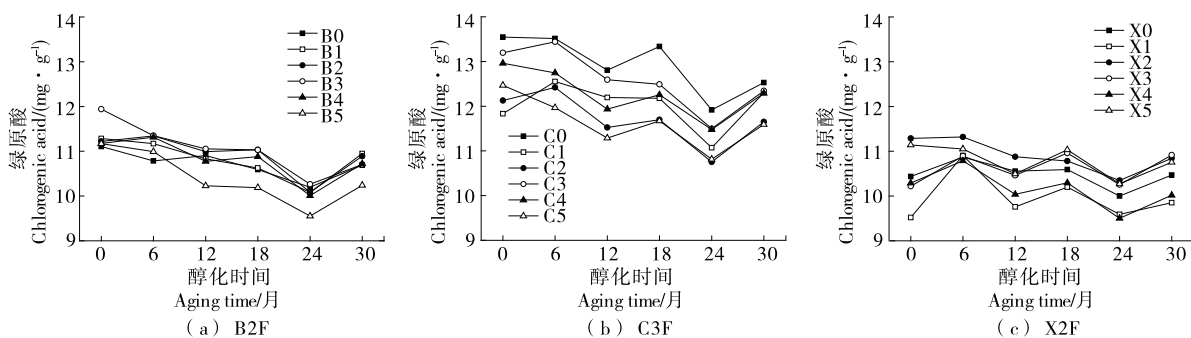


图1 绿原酸含量随醇化时间的变化

Figure 1 Variations of chlorogenic acid content with alcoholization duration

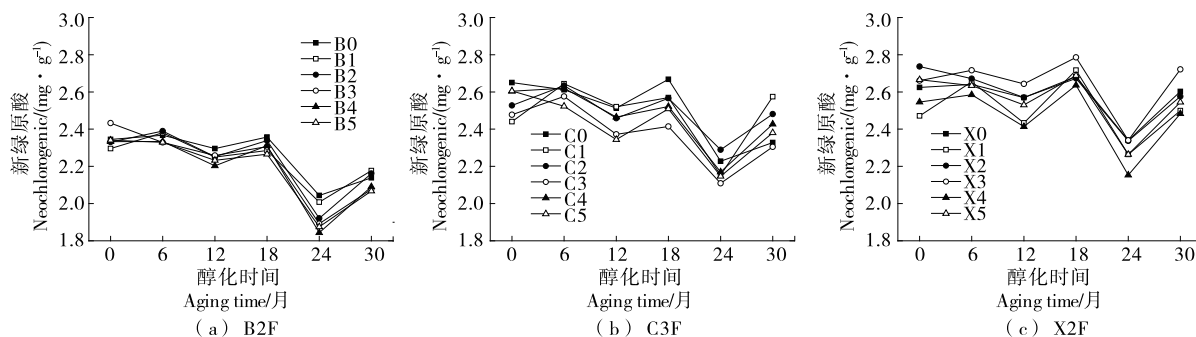


图2 新绿原酸含量随醇化时间的变化

Figure 2 Variations of neochlorogenic acid content with alcoholization duration

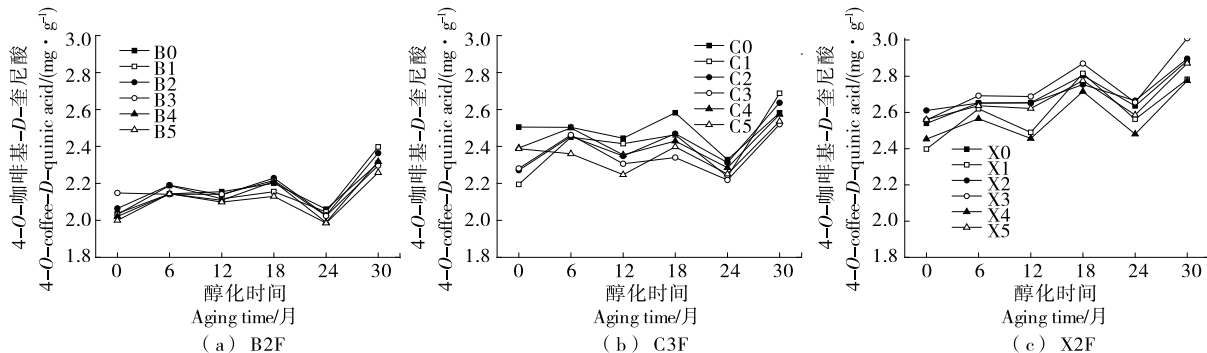


图3 4-O-咖啡基-D-奎尼酸含量随醇化时间的变化

Figure 3 Variations of 4-O-coffee-D-quinic acid content with alcoholization duration

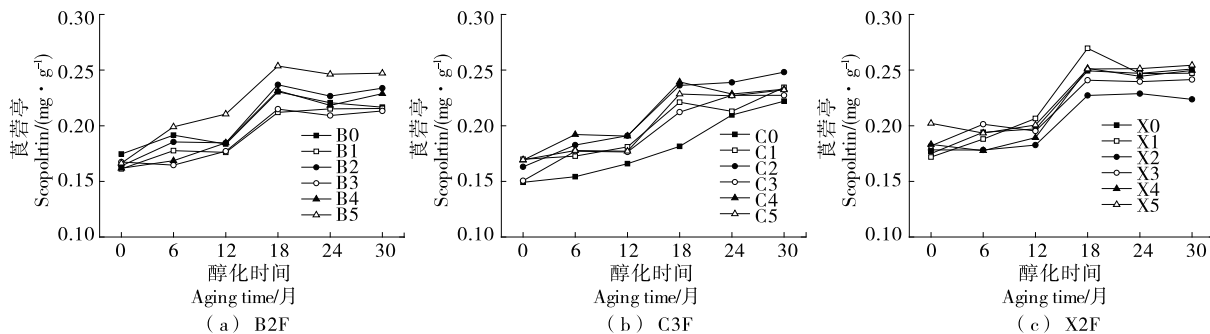


图4 茺菪亭含量随醇化时间的变化

Figure 4 Variations of scopoletin content with alcoholization duration

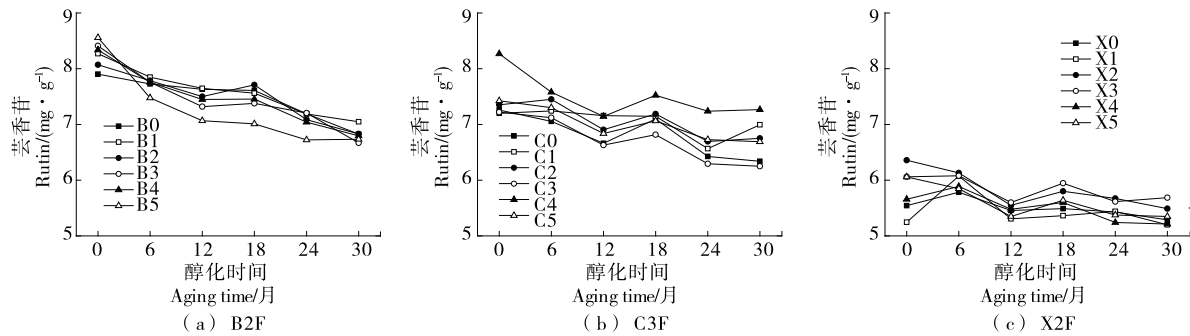


图5 芸香苷含量随醇化时间的变化

Figure 5 Variations of rutin content with alcoholization duration

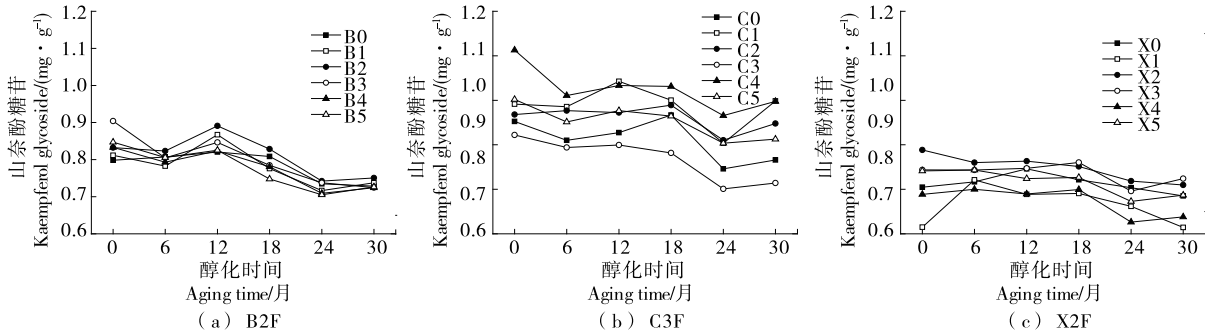


图6 山奈酚糖苷含量随醇化时间的变化

Figure 6 Variations of kaempferol glycoside content with alcoholization duration

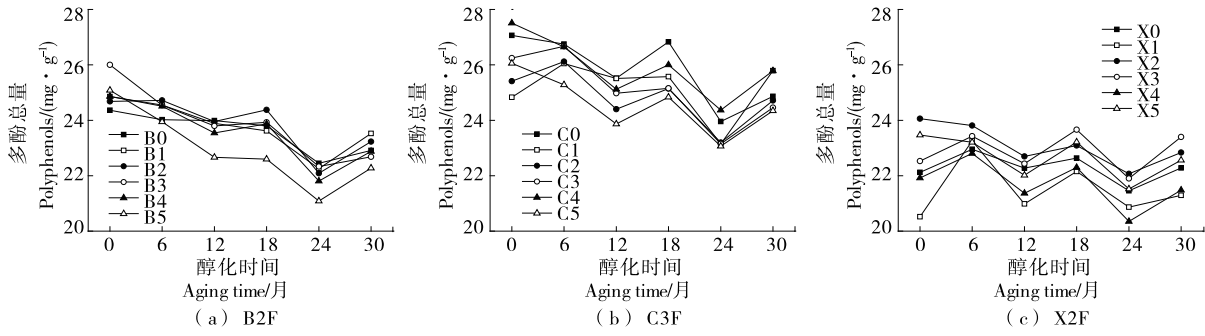


图7 总酚含量随醇化时间的变化

Figure 7 Variations of polyphenols content with alcoholization duration

降低趋势, 茛苈亭、山奈酚糖苷含量随醇化时间的延长总体上呈增大趋势。这可能是由于多酚氧化酶催化降解多酚, 使多酚总量随醇化时间的延长而降低, 而且多酚氧化酶在醇化过程中活性逐渐下降, 21 个月后基本接近于失活水平^[22], 因此多酚降解缓慢且呈波动持平趋势, 与文献^[19-20]的结果一致。

由表 2~8 可知, 打叶复烤关键参数与多酚含量的简单相关系数均 ≤ 0.56 ; 当相关系数为 0.30~0.45 时, 相关关系不显著, 但打叶复烤关键参数对多酚含量的影响在不同醇化时间下均大致相同, 其中 a1 对多酚总量的影响较大。B2、C2、X2 和 B3、C3、X3 的多酚含量分别位于第一、二名, 同时, B2、C2、X2 和 B3、C3、X3 的复烤二区温度

表 2 打叶复烤关键参数与绿原酸含量的简单相关系数[†]
Table 2 Simple correlation coefficient between key parameters of threshing and redrying and chlorogenic acid content

醇化时间/月	a1	a2	a3	a4	a5
0	0.15	-0.36	-0.23	0.17	0.37
6	0.42	-0.15	0.15	0.34	0.16
12	0.51*	-0.18	0.13	0.29	0.29
18	0.33	-0.24	0.15	0.29	0.31
24	0.35	-0.24	0.14	0.23	0.36
30	0.36	-0.14	0.12	0.18	0.23

[†] * 表示差异显著 ($P < 0.05$)。

均较高,进一步说明 a1 与多酚总量有一定的正相关性。

2.2 醇化时间对烟叶多酚含量的影响

由表 9、10 可知,同一醇化时间不同打叶复烤工艺多酚含量相对平均偏差为 0.9%~7.0%,平均相对平均偏差为 2.7%;同一打叶复烤工艺不同醇化时间多酚含量相对平均偏差为 1.5%~15.1%,平均相对平均偏差为 5.1%。综上,醇化时间对多酚含量的影响大于打叶复烤,说明通过调控醇化时间来调节多酚含量更有效。

表 3 打叶复烤关键参数与新绿原酸含量的简单相关系数[†]
Table 3 Simple correlation coefficient between key parameters of threshing and redrying and neochlorogenic acid content

醇化时间/月	a1	a2	a3	a4	a5
0	0.14	-0.35	-0.40	0.15	0.41
6	0.54 *	0.35	0.11	0.15	-0.02
12	0.41	0.05	0.05	0.06	0.27
18	0.21	0.26	0.11	0.16	0.10
24	0.43	0.34	-0.08	-0.05	0.22
30	0.27	0.28	0.03	-0.08	-0.10

† * 表示差异显著($P<0.05$)。

表 4 打叶复烤关键参数与 4-*O*-咖啡基-*D*-奎尼酸含量的简单相关系数[†]
Table 4 Simple correlation coefficient between key parameters of threshing and redrying and 4-*O*-coffee-*D*-quinic acid content

醇化时间/月	a1	a2	a3	a4	a5
0	0.19	-0.32	-0.21	0.20	0.40
6	0.49 *	0.06	0.12	0.25	0.07
12	0.44	0.01	0.02	0.09	0.31
18	0.33	0.14	0.14	0.25	0.09
24	0.52 *	0.15	-0.17	0.08	0.31
30	0.41	0.25	0.06	0.07	0.01

† * 表示差异显著($P<0.05$)。

表 5 打叶复烤关键参数与茛苳亭含量的简单相关系数[†]
Table 5 Simple correlation coefficient between key parameters of threshing and redrying and scopoletin content

醇化时间/月	a1	a2	a3	a4	a5
0	-0.47 *	-0.01	-0.25	-0.28	-0.01
6	-0.17	-0.08	-0.25	-0.31	0.10
12	-0.35	0.05	-0.22	-0.30	-0.12
18	-0.37	0.05	-0.29	-0.18	-0.31
24	-0.29	-0.05	-0.46	-0.27	0.01
30	-0.32	0.05	-0.37	-0.21	-0.17

† * 表示差异显著($P<0.05$)。

2.3 多酚含量与香气感官质量的关系

由图 8 可知,B0~B5、C0~C5、X0~X5 烟叶香气感官质量最优的均为 a1 60℃、a2 50℃、a3 79℃、a4 67℃、a5 70℃,此条件下 a1 较高,多酚含量较高,与感官质量较高的结论相统一。B0~B5、C0~C5、X0~X5 烟叶香气感官质量均先增大再降低,香气感官质量最高且平稳变化的是醇化时间为 12 个月的,可能是因为多酚本身具备香味物质,醇化过程中会分解生成糠醛、邻苯二酚、5-羟甲基

表 6 打叶复烤关键参数与芸香苷含量的简单相关系数
Table 6 Simple correlation coefficient between key parameters of threshing and redrying and rutin content

醇化时间/月	a1	a2	a3	a4	a5
0	-0.08	-0.28	-0.36	0.17	0.01
6	0.25	0.19	-0.06	0.32	-0.34
12	0.14	0.16	0.07	0.32	-0.43
18	0.26	-0.03	-0.17	0.46	-0.16
24	0.14	0.00	-0.09	0.26	-0.22
30	-0.06	0.13	-0.04	0.07	-0.32

表 7 打叶复烤关键参数与山奈酚糖苷含量的简单相关系数
Table 7 Simple correlation coefficient between key parameters of threshing and redrying and kaempferol glycoside content

醇化时间/月	a1	a2	a3	a4	a5
0	0.01	-0.32	-0.34	0.16	0.03
6	0.05	0.20	-0.39	0.03	-0.19
12	0.18	0.26	-0.21	-0.01	-0.24
18	0.24	0.15	-0.29	0.31	-0.17
24	0.17	0.13	-0.34	0.07	-0.15
30	0.06	0.15	-0.26	0.04	-0.21

表 8 打叶复烤关键参数与总酚含量的简单相关系数[†]
Table 8 Simple correlation coefficient between key parameters of threshing and redrying and polyphenols content

醇化时间/月	a1	a2	a3	a4	a5
0	0.07	-0.38	-0.33	0.19	0.27
6	0.56 *	-0.02	0.11	0.45	0.02
12	0.50 *	-0.06	0.11	0.31	0.13
18	0.37	-0.11	0.06	0.41	0.15
24	0.38	-0.10	0.01	0.25	0.19
30	0.25	0.04	0.05	0.12	-0.02

† * 表示差异显著($P<0.05$)。

表 9 同一醇化时间不同打叶复烤工艺多酚含量的相对平均偏差

Table 9 Relative average deviation of polyphenols content in different threshing and redrying at the same alcoholization duration %

物质	部位	0 个月	6 个月	12 个月	18 个月	24 个月	30 个月
绿原酸	上部烟叶	1.8	1.6	1.8	2.4	1.7	1.4
	中部烟叶	4.3	3.7	3.9	3.5	3.3	2.7
	下部烟叶	4.7	1.3	3.0	2.6	3.0	3.5
新绿原酸	上部烟叶	1.2	1.0	0.9	1.1	3.3	1.9
	中部烟叶	2.7	1.3	2.4	2.3	2.3	3.2
	下部烟叶	2.8	1.1	2.7	1.3	2.5	2.4
4-O-咖啡基-D-奎尼酸	上部烟叶	1.8	1.0	0.9	1.4	1.2	1.6
	中部烟叶	3.8	1.4	2.2	2.4	1.6	1.9
	下部烟叶	2.5	1.1	3.1	1.5	2.1	2.1
莰萜亭	上部烟叶	2.2	6.0	4.4	4.8	4.1	4.7
	中部烟叶	4.9	4.8	4.0	7.0	3.8	2.4
	下部烟叶	3.9	4.0	3.2	3.8	2.4	3.3
芸香苷	上部烟叶	2.2	1.1	2.2	2.3	1.8	1.2
	中部烟叶	3.6	2.1	2.6	2.1	3.4	4.3
	下部烟叶	5.8	2.1	1.6	2.8	2.2	2.7
山奈酚糖苷	上部烟叶	3.0	1.2	2.7	2.6	1.9	1.1
	中部烟叶	4.4	3.8	4.3	3.6	4.9	6.3
	下部烟叶	5.4	2.2	3.1	2.6	3.4	4.3
多酚总量	上部烟叶	1.5	1.1	1.5	1.7	1.7	1.3
	中部烟叶	2.9	1.7	2.0	2.2	1.9	2.1
	下部烟叶	4.1	1.1	2.4	2.1	2.3	2.8

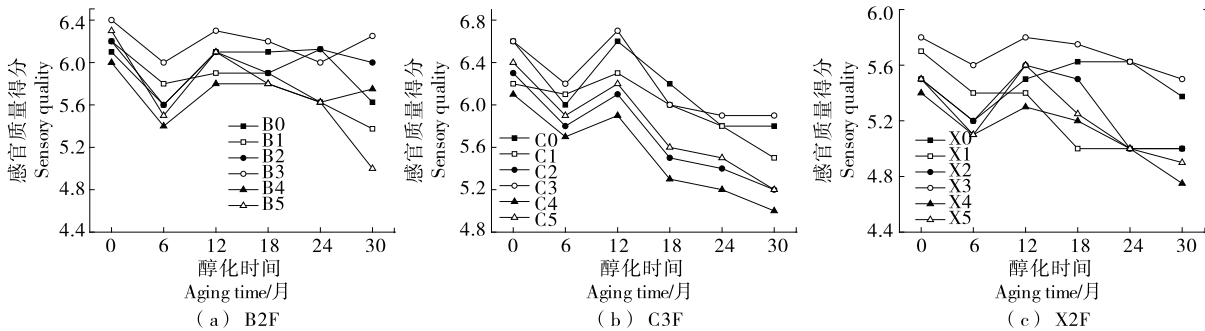


图 8 香气感官质量随醇化时间的变化

Figure 8 Variations of aroma sensory quality with alcoholization duration

糠醛等挥发性香味物质^[24],当醇化时间为 12 个月时,多酚及其分解物质处于最佳。香气感官质量评分为中部烟叶>上部烟叶>下部烟叶,与不同部位多酚含量变化规律一致,与多酚含量一般与感官质量正相关一致^[25-27]。

由多酚总量与香气感官质量的相关性分析可知,上部、中部、下部烟叶多酚总量与香气感官质量的相关性分别为 0.342,0.340,0.341(去除异常点),说明多酚总量与

香气感官有中等程度的正相关。

3 结论

研究表明,打叶复烤关键参数与多酚类物质的简单相关分析发现,打叶复烤关键参数中一润出口温度与多酚总量呈一定的正相关性,复烤一~四区温度与多酚含量无显著相关。绿原酸、新绿原酸、芸香苷、山奈酚糖苷、

表 10 同一打叶复烤工艺不同醇化时间多酚含量的相对平均偏差

Table 10 Relative average deviation of polyphenols content in different alcoholization duration in the same threshing and redrying %

物质	部位	工艺 0	工艺 1	工艺 2	工艺 3	工艺 4	工艺 5
绿原酸	上部烟叶	2.0	2.9	2.7	3.5	2.9	4.4
	中部烟叶	4.1	3.2	3.3	3.8	3.2	3.5
	下部烟叶	1.8	3.9	2.4	2.9	3.0	2.6
新绿原酸	上部烟叶	4.9	4.2	5.7	7.0	6.7	6.5
	中部烟叶	5.9	5.0	3.3	4.8	4.6	5.3
	下部烟叶	3.1	4.8	3.8	3.9	5.0	4.2
4-O-咖啡基-D-奎尼酸	上部烟叶	3.3	4.2	4.3	2.9	4.3	3.5
	中部烟叶	2.8	5.3	4.3	3.9	3.2	3.3
	下部烟叶	3.7	4.9	3.0	4.7	4.4	3.7
萆薢亭	上部烟叶	9.7	11.0	13.3	11.2	13.7	12.9
	中部烟叶	13.3	12.2	14.8	13.9	11.9	13.5
	下部烟叶	13.8	14.8	11.6	11.0	15.1	11.9
芸香苷	上部烟叶	4.2	4.3	4.8	5.6	5.1	6.9
	中部烟叶	4.9	2.6	3.9	4.9	3.8	3.7
	下部烟叶	2.0	3.9	4.7	3.4	3.7	4.4
山奈酚糖苷	上部烟叶	4.4	4.9	5.3	6.4	5.2	6.4
	中部烟叶	4.1	2.9	2.2	4.7	3.3	3.1
	下部烟叶	1.9	4.6	2.7	2.1	3.6	2.9
多酚总量	上部烟叶	2.6	2.7	3.3	4.0	3.5	4.6
	中部烟叶	4.1	3.1	2.9	3.6	3.1	3.3
	下部烟叶	1.5	3.7	2.4	2.6	2.9	2.8

总酚含量随醇化时间的延长总体上呈降低趋势,4-O-咖啡基-D-奎尼酸、萆薢亭含量随醇化时间的延长总体上呈增大趋势。醇化时间对多酚含量的影响大于打叶复烤关键参数,说明通过调控醇化时间来调节多酚含量更有效。B0~B5、C0~C5、X0~X5 烟叶香气感官质量均最优的工艺条件为一润温度 60℃、复烤一区温度 50℃、复烤二区温度 79℃、复烤三区温度 67℃、复烤四区温度 70℃、醇化时间 12 个月,此条件下的多酚含量和香气感官质量均最优。关于其他类型、品种或产地的烟叶较优的工艺参数还有待进一步的研究和验证。

参考文献

[1] 朱小茜. 多酚等物质在烟叶生长中的变化及其与烟叶等级关系的研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2006: 1-2.
[2] 史春云, 袁凯龙, 肖卫强, 等. 超高效液相色谱法快速检测烟叶中 8 种多酚类化合物[J]. 西南农业学报, 2015, 28(3): 1 322-1 327.
[3] 徐晓燕, 孙五三, 王能如. 烟草多酚类化合物的合成与烟叶品质的关系[J]. 中国烟草科学, 2003(1): 3-5.

[4] 庄亚东, 张映, 王芳, 等. 卷烟中多酚类物质的分析[J]. 烟草科技, 2004(1): 23-26.
[5] 龙章德, 林顺顺, 田兆福, 等. 烟草多酚类化合物对卷烟品质的影响[J]. 食品与机械, 2013, 29(6): 41-44.
[6] 刘阳, 尹启生, 宋纪真, 等. 不同品种烤烟多酚含量和组成的差异分析[J]. 烟草科技, 2007(8): 32-34, 42.
[7] 席元肖, 宋纪真, 杨军, 等. 不同烤烟品种的种类胡萝卜素、多酚含量及感官品质的比较[J]. 烟草科技, 2011(2): 70-74.
[8] 李艳丽, 罗成刚, 任民, 等. 不同基因型不同产区烤烟多酚含量的比较[J]. 烟草科技, 2014(5): 82-87.
[9] 张西仲, 徐晓燕, 徐迎波, 等. 制丝过程中多酚等成分及相关酶活性的变化[J]. 烟草科技, 2007(11): 21-23, 48.
[10] 刘阳, 高丽君, 蔡宛杰, 等. 采收成熟度对烤烟多酚含量和组成的影响[J]. 烟草科技, 2011(8): 73-78.
[11] 刘晓迪, 景延秋, 宫长荣. 烘烤过程中烤烟类胡萝卜素类及多酚的变化[J]. 烟草科技, 2013(12): 41-44.
[12] 罗以贵, 汪伯军, 崔国民, 等. 不同烘烤工艺对初烤烟叶多酚及有机酸含量的影响[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(17): 5 623-5 625.

(下转第 78 页)

- [13] 刘大海, 张雪妍, 冯玉沙, 等. 基于荧光素硫代酰胺类 Hg^{2+} 荧光探针的合成及在生物成像中的应用[J]. 高等学校化学学报, 2018, 39(7): 1 501-1 505.
- [14] GUO Zhi-qian, NAM S W, PARK S, et al. A highly selective ratiometric near-infrared fluorescent cyanine sensor for cysteine with remarkable shift and its application in bioimaging[J]. Chemical Science, 2012, 3: 2 760-2 765.
- [15] 李宸葳, 林晟豪, 杜再慧, 等. 铅离子功能核酸比色生物传感器的构建及应用[J]. 分析化学, 2019, 47(9): 1 427-1 432.
- [16] DUNN M R, JIMENEZ R M, CHAPUT J C. Analysis of aptamer discovery and technology [J]. Nature Reviews Chemistry, 2017(10): 1-16.
- [17] SHINDY H A. Fundamentals in the chemistry of cyanine dyes: A review[J]. Dyes & Pigments, 2017, 145: 505-513.
- [18] WANG Hong-yan, CHENG Hui, WANG Jine, et al. Selection and characterization of DNA aptamers for the development of light-up biosensor to detect $\text{Cd}(\text{II})$ [J]. Talanta, 2016, 154: 498-503.
- [19] MISHRA A, BEHERA R K, BEHERA P K, et al. Cyanines during the 1990s: A review[J]. Chemical Reviews, 2000, 100(6): 1 973-2 012.
- [20] TANG Ya-lin, WANG Li-xia, SUN Hong-mei, et al. Controllable cy3-MTC-dye aggregates and its applications served as a chemosensor[J]. Dyes & Pigments, 2015, 122: 382-388.
- [21] DENG Han, LONG Min-zhi, GANG Tian, et al. Detection of radon based on the lead-induced conformational change in aptamer T30695[J]. Rsc Advances, 2016(43): 37 254-37 257.
- [22] YAN Wen-peng, PENG Bi-xian. Study on synthesis and absorption spectra of thiacyanine Dyes[J]. Chinese Journal of Organic Chemistry, 1994, 14(5): 492-498.
- [23] CHIBISOV A, ZAKHAROVA G, HELMUT G. Photoprocesses in dimers of thiacyanocyanines [J]. Physical Chemistry Chemical Physics, 1999(7): 1 455-1 460.
- [24] ATABEKYAN L S, CHIBISOV A K. Photoprocesses in aqueous solutions of 9-ethylthiacyanocyanine dyes in the presence of surfactants[J]. High Energy Chemistry, 2007, 41(2): 91-96.
- [25] SLAVNOVA T D, CHIBISOV A K, GÖRNER H. Photoprocesses of thiacyanocyanine monomers, dimers, and aggregates bound to polyanions[J]. The Journal of Physical Chemistry A, 2002, 106(46): 10 985-10 990.
- [26] CHIBISOV A K, ZAKHAROVA G V, HELMUT G. Photoprocesses of thiamonomethinecyanine monomers and dimers[J]. Phys Chem Chem Phys, 2001, 3(1): 44-49.
- [27] 黄亚飞, 闫娇, 陈爱亮, 等. 核酸适配体在 Hg^{2+} 检测中的应用[J]. 中国食品学报, 2019, 19(1): 286-295.
- [28] LI Tao, LI Bing-ling, WANG Er-kang, et al. G-quadruplex-based DNzyme for sensitive mercury detection with the naked eye[J]. Chemical Communications, 2009 (24): 3 551-3 553.
-
- (上接第 72 页)
- [13] 朱海滨, 王柱石, 胡战军, 等. 打叶复烤过程中烘烤调香烟叶香味成分及感官质量的变化研究[J]. 河南农业大学学报, 2018, 52(5): 671-676.
- [14] 华一崑, 汪显国, 袁逢春, 等. 打叶复烤对模块烟叶致香成分和感官质量的影响[J]. 江西农业学报, 2012, 24(6): 120-125.
- [15] LONG Ming-hai, HUA Yi-kun, WANG Xian-guo, et al. Effect of different combined moistening and redrying treatments on the physicochemical and sensory capabilities of smoking food tobacco material [J]. Drying Technology, 2018, 36(1): 52-62.
- [16] 胡有持, 牟定荣, 王晓辉, 等. 云南烤烟复烤片烟自然陈化时间与质量关系的研究[J]. 中国烟草学报, 2004, 10(4): 1-7.
- [17] 闫克玉, 赵铭钦. 烟草原料科学[M]. 北京: 科学出版社, 2008: 469-528.
- [18] 刘红光, 胡玲, 赵斌, 等. 初烤、复烤烟叶协同醇化对烟叶品质的影响[J]. 烟草科技, 2017, 50(7): 31-39.
- [19] 武德传, 周冀衡, 李章海, 等. 复烤片烟醇化过程中几种化合物含量及相关酶活性的变化[J]. 中国烟草科学, 2010, 31(3): 78-81.
- [20] 宋鹏飞, 王萝萍, 钱颖颖, 等. 不同产地、品种、仓储地点烤烟片烟陈化中化学成分的变化[J]. 西南农业学报, 2018, 31(3): 488-493.
- [21] 李力, 李东亮, 罗诚, 等. 不同醇化时间烤烟中多酚的质量分数变化趋势研究[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2018, 40(4): 19-24.
- [22] 闫铁军. 不同产区烤烟配方模块在醇化过程中质量的变化趋势及醇化周期研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2009: 25-35.
- [23] 卢幼祥, 徐其敏, 杨波, 等. 基于正交设计的皖南烟叶叶片复烤工艺参数优化研究[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(27): 218-219, 224.
- [24] 史宏志, 刘国顺. 烟草香味学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998: 50-86.
- [25] 于存峰, 张峻松, 闫洪洋, 等. 烟草中多酚类化合物研究进展[J]. 河南农业科学, 2008(4): 10-14.
- [26] 朱小茜, 耿明, 鲁红侠. 云南烤烟标样烟叶中多酚类化合物与等级的关系[J]. 合肥师范学院学报, 2008(6): 102-103.
- [27] 宗浩, 王洪云, 陈刚, 等. 大理红大品种不同等级烟叶主要化学成分和多酚类物质分析[J]. 中国烟草科学, 2012, 33(4): 22-27.