

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2020.08.034

膨胀工艺对烟丝质量的影响

Effects expansion process on tobacco quality

崇黎明¹ 芦渊² 蒋广²CHONG Li-min¹ LU Yuan² JIANG Guang²

(1. 河北中烟工业公司, 河北 石家庄 050000; 2. 张家口卷烟厂有限责任公司, 河北 张家口 075000)

(1. China Tobacco Hebei Industrial Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei 050000, China;

2. Zhangjiakou Cigarette Factory Co., Ltd., Zhangjiakou, Hebei 075000, China)

摘要:以烟丝为研究对象,分别以感官评价和气质联用测定烟丝香味成分,判定不同碳膨胀工艺技术条件对膨胀烟丝物理加工质量、感官质量的影响及其变化趋势。结果表明,烟丝经不同温度二氧化碳膨胀、HT处理和塔管板烘丝后,其香味成分的变化趋势和感官质量的变化基本一致,但二氧化碳膨胀后的烟丝香味成分和感官质量降低趋势更明显。二氧化碳膨胀后烟丝的含水率有一定的提高,进而促进了烟丝膨胀效果的提高。烟丝二氧化碳膨胀最佳温度为250℃,较佳浸渍时间为120s,烟丝填充值为6.8 cm³/g。

关键词:烟丝;膨胀;二氧化碳;感官质量

Abstract: To analyze the chemical composition and aroma composition of tobacco before and after expansion in order to develop a carbon dioxide expansion process for producing high-quality tobacco. The influence of different carbon expansion technology conditions on the physical processing quality and sensory quality of expanded tobacco was determined and the trend of change was determined by the single factor test method. After different temperature of carbon dioxide expansion, HT treatment and drying, the variation trend of tobacco aroma composition and sensory quality were basically the same, but the variation trend of tobacco aroma composition and sensory quality decreased more obviously after carbon dioxide expansion. The moisture content of tobacco after carbon dioxide expansion increased to some extent, which promoted the expansion effect of tobacco. The best expansion temperature of tobacco carbon dioxide was 250℃, further confirming that the better soaking time of carbon dioxide was 120 s, and the filling value of tobacco was 6.8 cm³/g.

Keywords: tobacco; inflation; carbon dioxide; the sensory quality

基金项目:河北省自然科学基金项目(编号:17HB0L13)

作者简介:崇黎明(1983—),男,河北中烟工业公司中级工程师。

E-mail: abmart@foxmail.com

收稿日期:2020-04-06

烟草膨胀技术是在一定压力下用气体(如蒸汽、空气或二氧化碳)浸渍烟草,随后突然减压,将烟叶体积膨胀20%,膨胀处理既可以降低卷烟中的烟丝消耗量,又能降低单位香烟中的焦油含量。液态二氧化碳湿法膨胀技术具有缩短烟丝与空气的接触时间,提高烟丝品质,且烟丝进入膨胀器前,不需松散,减少了烟末的产生,同时又可以避免蒸汽或者空气浸渍造成的烟丝氧化,因此在卷烟行业内被广泛应用^[1-2]。研究^[3]表明,二氧化碳可使烟丝膨胀率达70%以上。此外,其低沸点和挥发性能可有效降低卷烟中的有害成分和焦油质量分数,从而制造高附加值的低焦油卷烟。以液态二氧化碳作膨胀介质,尽管膨胀率有了一定的提高,但膨胀后烟草中的有些香味成分更容易被二氧化碳带走,总体香味感官降低。且在加热膨胀工序前,需将烟草铺散易产生造碎,总体成产率较低^[4-5]。中国科技工作者^[6-7]对于干冰法存在的问题进行了总结分析及改进,将液体二氧化碳与烟草混合置于组合式篮筐中,可以使液体二氧化碳快速均匀地进入烟草,也可将多余的二氧化碳通过溢流口流出,浸渍后的烟草造碎少,不抱团。使用不同的膨胀介质和膨胀工艺,膨胀后烟草中的化学成分以及感官质量不同^[8-9]。由于烟草的膨胀干燥处理过程中烟草香味成分和感官质量的变化,使得膨胀工艺烟草在卷烟产品中的使用受到一定程度的限制,且传统的调香方式也不能彻底解决这个问题^[10]。

滚筒式HT(卧式滚筒)干燥工艺,处理温度一般为(130±20)℃,需长时间干燥才能使烟丝的水分降低12%左右,干燥效率低,虽然香气较好,但膨胀率很低,烟丝的填充值低。塔罐式气流干燥,其干燥使用的温度一般高于260℃,虽然烟丝的填充值有一定的提高,但烟丝的香味损失严重,整体感官质量很差且能耗高。这两种干燥工艺都有比较明显的缺陷,已逐渐被二氧化碳干燥

工艺所取代。

Liu 等^[11]报道了烤烟在调制及醇化过程中,烟草中挥发性中性成分、酸性成分及碱性成分的变化,并对烤烟调制过程中的一些香味成分的来源和变化进行了探讨,发现烟丝挥发性成分的增加主要是因为干燥过程中的烟丝氧化降解、美拉德反应或者微生物作用所致,并未对各种香味成分定量分析和烟丝质量展开关联分析。中国学者^[12-13]利用气相色谱对烟叶中的低级脂肪酸进行了测试,并对中性、酸性、碱性香味成分进行了系统分析。目前,共鉴定出烟丝香味成分约 172 种,根据烟气的酸碱性质分为中性、酸性、碱性烟丝香气成分,并成为烟丝质量评估的一种重要标准。

试验拟采用气质联用色谱分析烟丝香味成分的变化,比较不同烟丝膨胀烘干工艺条件,旨在获得一种较优的二氧化碳膨胀工艺参数,为二氧化碳膨胀烟丝的商业化生产提供依据。

1 材料与amp;方法

1.1 材料与amp;仪器

1.1.1 材料与amp;试剂

盐酸、氢氧化钠、无水硫酸钠:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;

氯化钠、二氯甲烷、糠醛、乙酸苯乙酯:分析纯,阿拉丁试剂(上海)有限公司;

无水乙醇:工业级,北京化工厂有限责任公司;

芳樟醇、 β -苯乙醇、 β -大马酮、 β -紫罗兰酮、二氢猕猴桃内酯、 β -二氢大马酮、吡啶、2-甲基吡嗪、2-甲氧基吡嗪、喹啉、2,3-二甲基吡嗪、3-乙酰基吡啶、2-乙酰基吡啶:分析纯,美国 Sigma 公司;

油酸、亚油酸、己酸、庚酸、 β -甲基戊酸、十八酸、苯甲酸、异戊酸:北京百灵威科技有限公司;

烟丝样品:玉溪红塔山烟草有限责任公司。

1.1.2 主要仪器设备

二氧化碳膨胀烟丝生产线:D49-2018 型,秦皇岛烟草机械有限责任公司;

气相色谱质谱联用仪:GCMS-QP2010S 型,日本岛津公司;

填充值测定仪:DD6 型,德国 Borwalt 公司;

恒温恒湿箱:KBF 型,德国 WTC BINDER 公司;

卡氏水分测定仪:KSQ-310S 型,厦门莱斯德科学仪器有限公司;

旋转蒸发仪:RE201D 型,上海越众仪器有限公司;

烘丝机:KLD 2-2Z 型,德国 Hauni 公司。

1.2 方法

1.2.1 烘丝方法

以烟片为试验材料,干冰为膨胀剂,分

别经二氧化碳浸渍膨胀方式处理和不浸渍膨胀方式干燥处理,并在关键工序(监测点)取样,检测烟样物理指标和感官质量评价^[14]。

(1) 塔管板烘干:管板温度 268 $^{\circ}\text{C}$,排潮开度 58%,切丝含水率 18.3%。

(2) HT 烘干:筒壁温度 131 $^{\circ}\text{C}$,热风温度 128 $^{\circ}\text{C}$,排潮开度 61%,切丝含水率 19.4%,HT 蒸汽压力 0.3 MPa。

(3) CO_2 膨胀烘干:装料筐装入适量烟丝,放入浸渍罐内,注入液体二氧化碳,压力设置 1.3 MPa,浸渍 120 s,排压,进膨胀塔,设置循环热气流温度 250 $^{\circ}\text{C}$,干燥数分钟,卸料^[15]。

1.2.2 样品前处理 取生丝柜出口的烟丝样品,置于 45 $^{\circ}\text{C}$ 烘箱内干燥 2 h。用切碎机将烟丝切成碎末,过 60 目筛,备用。称取 30 g 烟末于 1 000 mL 平底烧瓶中,加入 350 mL 蒸馏水搅匀,将烧瓶固定于蒸馏萃取仪左臂上。向 100 mL 平底烧瓶中加入 40 mL 二氯甲烷,将其固定于蒸馏萃取仪右臂上。先将 100 mL 的平底烧瓶加热至 60 $^{\circ}\text{C}$,然后开始加热 1 000 mL 的平底烧瓶,同时蒸馏萃取 2 h,将收集冷却的二氯甲烷和水混合液在分液漏斗中进行分离。

(1) 中性分析样品制备:将二氯甲烷萃取液先用 4% 盐酸溶液洗涤 3 次,每次 20 mL,再用 4% 液碱溶液洗涤 3 次,每次 20 mL,最后用饱和氯化钠溶液洗涤两次,每次 20 mL。取有机相加入 10 g 无水硫酸钠干燥过夜,45 $^{\circ}\text{C}$ 旋转浓缩至 2 mL 左右,加入 20 μL 乙酸苯乙酯内标物,得到中性分析样品。

(2) 碱性分析样品制备:将酸溶液合并后,缓慢加入 10% 氢氧化钠溶液调 pH 值至 12 左右。用二氯甲烷反萃取 3 次,每次 20 mL,再用饱和氯化钠溶液洗涤两次,每次 20 mL。取有机相加入 10 g 无水硫酸钠干燥过夜,45 $^{\circ}\text{C}$ 旋转浓缩至 2 mL 左右,加入 20 μL 烟酸甲酯内标物,得到碱性分析样品。

(3) 酸性分析样品制备:将碱洗液合并后,缓慢加入 10% 盐酸溶液调 pH 到 1 左右。用二氯甲烷反萃取 3 次,每次 20 mL,再用饱和氯化钠溶液洗涤两次,每次 20 mL。取有机相加入 10 g 无水硫酸钠干燥过夜,45 $^{\circ}\text{C}$ 旋转浓缩至 2 mL 左右,加入 20 μL 乙酸苯乙酯内标物,得到酸性分析样品^[16]。

1.2.3 感官质量评价 参照 GB 5604.4—2005。

1.2.4 GC 和 GC-MS 条件 参照文献^[16]的方法对烟丝中的中性、碱性和酸性成分进行分析,GC 和 GC-MS 分析条件见表 1。

1.2.5 数据处理 利用 Excel 软件拟合浓度与丰度线性方程,然后根据检测物质的丰度值利用回归线性方程计算各组分的浓度^[17]。

表1 GC和GC-MS分析条件

Table 1 Analysis conditions for GC and GC-MS

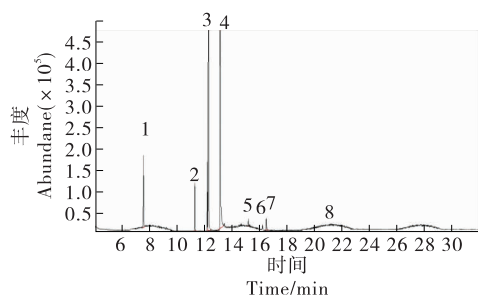
类别	色谱柱	检测器	载气流速/ (mL·min ⁻¹)	进样口 温度/℃	检测器 温度/℃
中性成分	SPB-5(30 m×0.53 mm×0.5 μm)	FID	0.8	260	280
碱性成分	Equity-5(30 m×0.25 mm×0.25 μm)	NPD	1.0	240	260
酸性成分	CP-Sil 8(30 m×0.32 mm×0.25 μm)	FID	0.8	250	270
类别	升温程序	分流比	离子源温度/℃	电压方式	电子轰击能量/eV
中性成分	80℃保持18 min,以35℃/min的速率升到220℃,保持6 min	25:1	220	EI	70
碱性成分	100℃保持18 min,以15℃/min的速率升到220℃,保持10 min	15:1	220	EI	70
酸性成分	120℃保持15 min,以25℃/min的速率升到240℃,保持15 min	10:1	220	EI	70

2 结果与讨论

2.1 对烟丝香味成分的影响

中性、碱性和酸性试样的色谱图分别见图1~3,各香味成分的线性方程回归及相关系数见表2。

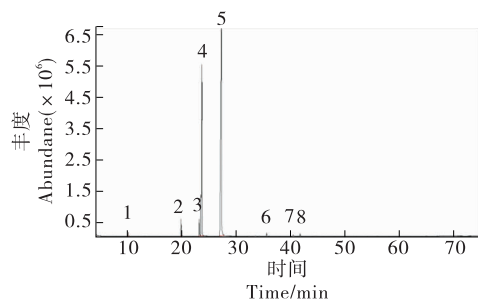
由图4可知,烟丝经HT、烘丝和二氧化碳膨胀干燥处理后中性成分总量较生丝均有不同程度的降低。烟丝



1. 糠醛 2. 乙酸苯乙酯 3. 芳樟醇 4. β-苯乙醇 5. β-大马酮
6. β-紫罗兰酮 7. 二氢猕猴桃内酯 8. β-二氢大马酮

图1 4 中性成分色谱图

Figure 1 Chromatogram of neutral components



1. 油酸 2. 亚油酸 3. 己酸 4. 庚酸 5. β-甲基戊酸 6. 苯甲酸
7. 异戊酸 8. 十八酸

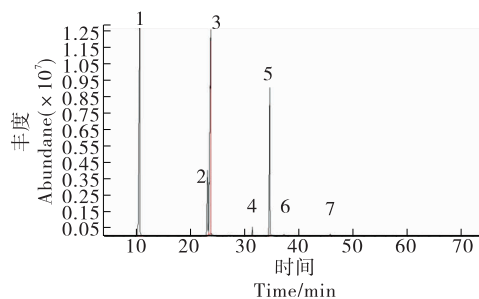
图2 酸性成分色谱图

Figure 2 Chromatogram of acid components

经HT和烘丝处理后其中性成分含量的变化幅度均较小,经二氧化碳膨胀处理后,膨胀为250℃时的中性成分含量几乎无损失,但随膨胀温度的升高而下降明显,且温度越高中性成分含量下降得越多。这可能是HT和烘丝均属于间接式干燥,不引入反应介质,而二氧化碳膨胀干燥属于间接与直接联合形式,干燥时引入了酸性气体二氧化碳,虽然膨胀温度250℃时的中性成分能够有效保留,但超过250℃后,酸性气体与烟丝中的中性成分发生复杂的化学变化,进一步降低了中性香味成分含量,说明中性成分含量的降低比例与干燥温度呈正相关。

由图5可知,烟丝经HT和250~350℃二氧化碳膨胀处理后碱性香味成分总量变化不大,经烘丝处理后,碱性香味总成分含量下降明显,说明碱性香味成分的分解释放温度为350℃左右。

由图6可知,烟丝经HT处理后酸性香味的物质总量有所减少,当膨胀温度>250℃时,酸性香味总含量上升,可能与异戊酸的增加有关。烘干温度越高,挥发性香味物质含量损失越大。烟草的中性香味成分主要包括



1. 吡啶 2. 3-乙酰基吡啶 3. 2-乙酰基吡啶 4. 2-甲基吡啶
5. 2-甲氧基吡啶 6. 喹啉 7. 2,3-二甲基吡啶

图3 碱性成分色谱图

Figure 3 Chromatogram of basic components

表 2 中性、酸性、碱性标准化化合物的回归方程[†]

Table 2 Regression equations of neutral, acid and basic in standard compounds

名称	线性回归方程	相关系数 R ²	名称	线性回归方程	相关系数 R ²
糠醛*	y=1.566x+0.003 4	0.996	β-甲基戊酸 [@]	y=1.614x+0.008 7	0.996
乙酸苯乙酯*	y=1.234x+0.005 4	0.996	苯甲酸 [@]	y=1.739x+0.002 7	0.999
芳樟醇*	y=0.987x+0.002 1	0.998	异戊酸 [@]	y=0.878x+0.005 7	0.996
β-大马酮*	y=0.887x+0.002 4	0.999	十八酸 [@]	y=2.429x+0.004 5	0.999
β-紫罗兰酮*	y=1.160x+0.007 6	0.995	吡啶 [#]	y=2.146x+0.007 6	0.999
二氢猕猴桃内酯*	y=1.236x+0.003 4	1.000	3-乙酰基吡啶 [#]	y=1.368x+0.006 7	0.999
β-二氢大马酮*	y=1.683x+0.002 9	0.995	2-乙酰基吡啶 [#]	y=1.861x+0.004 4	0.998
油酸 [@]	y=1.923x+0.002 9	0.996	2-甲基吡嗪 [#]	y=0.966x+0.004 5	0.999
亚油酸 [@]	y=1.583x+0.069 0	0.997	2-甲氧基吡嗪 [#]	y=1.466x+0.002 2	0.996
己酸 [@]	y=1.211x+0.004 2	0.993	喹啉 [#]	y=2.139x+0.002 7	0.995
庚酸 [@]	y=0.783x+0.003 9	0.995	2,3-二甲基吡嗪 [#]	y=0.834x+0.005 7	0.998

† * 代表中性成分, # 代表碱性成分, @ 代表酸性成分。

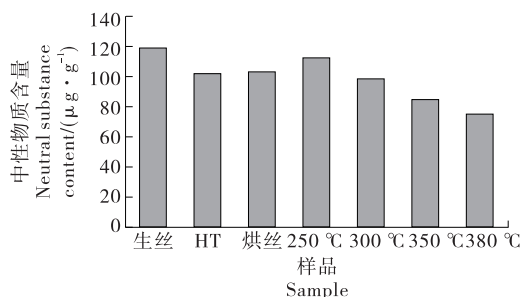


图 4 烟丝经不同膨胀干燥处理后中性物质总量变化

Figure 4 Changes in the total amount of neutral substance after different expansion and drying treatments

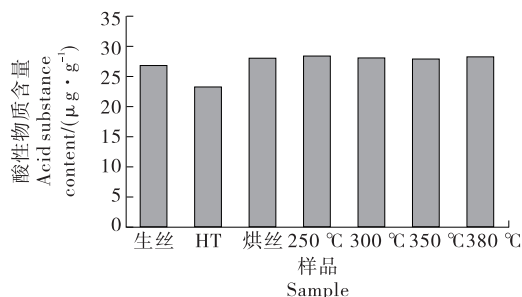


图 6 烟丝经不同膨胀干燥处理后酸性物质总量变化

Figure 6 Changes in the total amount of acid after different expansion and drying treatments

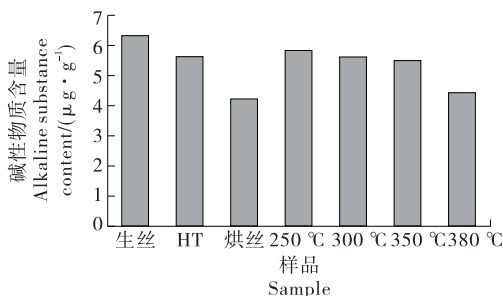


图 5 烟丝经不同膨胀干燥处理后碱性物质总量变化

Figure 5 Changes in the total amount of alkaline substance after different expansion and drying treatments

醛、酮、醇和酯类等香味成分,是烤烟烟叶香味成分的主体部分,也是烤烟烟叶感官质量特点和质量优劣的重要影响因素。而烟草中的酸性成分是影响烤烟刺激性的感官指标,碱性成分是影响烤烟劲头的感官指标。综上,当膨胀温度为 250 °C 时,二氧化碳膨胀工艺有利于各种香味成分的保留,烤烟的感官质量指标更好。

2.2 对烟丝感官质量的影响

以生烟丝为参照,分别考察不同膨胀干燥工艺下烟丝香气质、香气量、杂气、浓度、劲头、刺激性、余味和燃烧性的感官质量指标。由表 3 可知,烟丝受热干燥后,香气质、香气量和浓度随膨胀温度的升高均有所降低,其中塔管式烘干的降低值最大,而烟丝的燃烧性呈上升趋势,劲头和浓度总体变化不明显;经干燥处理后,HT 和塔管烘干的烟丝刺激性下降明显;经二氧化碳膨胀干燥处理后烟丝余味有一定的提高;经 HT 和二氧化碳膨胀处理后,烟丝的杂气值均有所减轻,但烘丝处理后却上升明显,说明过高的温度引起各香气物质间的化学变化,杂气的产生侧面反映了各种物质间的不稳定性,膨胀温度对烟丝质量有关键性的影响,膨胀温度过高不利于烟丝的感官质量提升。烟丝经不同膨胀干燥处理后,其感官质量的变化情况与各香味成分的变化趋势基本具有一致性,烘干处理有助于提升生烟丝的感官质量。烟丝二氧化碳膨胀 250 °C 处理的感官质量明显高于 HT 和塔管烘丝,与中性、酸性、碱性香味成分变化结果一致。

表 3 烟丝感官质量评价表

Table 3 Evaluation table of tobacco sensory quality

样品	香气质(20分)	香气量(15分)	杂气(15分)	浓度(10分)	劲头(10分)
生丝	15.00±0.05	12.00±0.02	12.00±0.21	7.34±0.02	8.00±0.03
HT	15.00±0.04	10.00±0.02	11.02±0.31	7.21±0.02	8.00±0.12
塔管烘丝	10.00±0.02	6.97±0.03	13.78±0.03	7.01±0.10	8.31±0.11
250 °C	14.22±0.03	9.86±0.01	10.89±0.05	7.88±0.11	8.31±0.14
300 °C	13.24±0.06	9.74±0.21	10.98±0.09	7.45±0.12	8.31±0.16
350 °C	13.26±0.09	9.42±0.22	10.90±0.08	7.21±0.14	8.22±0.02
380 °C	10.86±0.12	9.10±0.23	11.85±0.04	7.11±0.08	8.10±0.04
项目	刺激性(10分)	余味(10分)	燃烧性(10分)	总分(100分)	
生丝	6.21±0.04	6.92±0.12	4.65±0.11	72.12±0.21	
HT	4.34±0.01	6.76±0.18	8.86±0.11	71.17±0.45	
塔管烘丝	4.76±0.04	6.43±0.17	8.97±0.15	64.14±0.56	
250 °C	6.32±0.05	7.98±0.15	8.76±0.14	74.22±0.43	
300 °C	6.31±0.06	7.52±0.13	8.96±0.04	73.51±0.45	
350 °C	6.00±0.01	7.16±0.12	8.78±0.08	70.95±0.38	
380 °C	5.87±0.12	7.89±0.11	8.86±0.06	69.64±0.65	

2.3 生丝水分对膨胀烟丝加工质量的影响

由图 7、8 可知,膨胀前生烟丝的含水率为 16%~24%,浸渍后烟丝二氧化碳含量随膨胀前生丝含水率的提高逐渐降低;烟丝填充值随生烟丝含水率的升高而升高,其中生烟丝的填充值变化量不明显,膨胀后烟丝填充值随膨胀前生丝含水率的提高而快速提高,说明提高膨胀前生丝含水率有助于烟丝膨胀效果的提高,促进烟丝填充值的提升。一般而言,生丝的含水率越高,烟丝容易结冰成块、成团,不易松散,液体二氧化碳能浸渍渗透到烟丝中的量越少,膨胀率越低^[18],但通过延长浸渍时间和浸渍翻动处理后,液体二氧化碳可以充分地挤兑烟丝中的水分,从而有利于烟丝中二氧化碳的提高,膨胀后烟丝填充值上升,膨胀效果明显高于生丝。

2.4 CO₂ 浸渍时间对膨胀烟丝加工质量的影响

由图 9 可知,浸渍后烟丝二氧化碳含量随二氧化碳

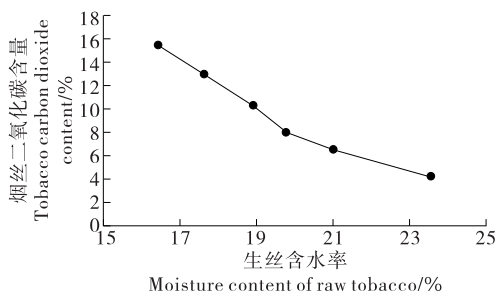


图 7 浸渍后烟丝二氧化碳含量随生丝含水率的变化

Figure 7 Changes of carbon dioxide content of tobacco with moisture content of raw tobacco after impregnation

浸渍时间的延长逐渐增加。烟丝耐加工性能以整丝转化率来体现,即膨胀过程烟丝的整丝转化率升高,整个过程的整丝转化率先提高后下降。烟丝填充值随浸渍时间的延长而提高,但提高不明显。一般而言,浸渍时间短,烟丝中二氧化碳含量低,后续加工烟丝填充值下降,膨胀效果降低,优势是浸渍后烟丝较松散,结块较少。浸渍时间长,二氧化碳渗透率高,烟丝填充值上升,膨胀率升高,但同时会引起烟丝结冰成块,增加造碎率。因此,最佳的二氧化碳浸渍时间为 120 s,烟丝填充值为 6.8 cm³/g。

2.5 CO₂ 膨胀温度对烟丝中性、碱性、酸性香味成分的影响

由图 10 可知,随着二氧化碳膨胀温度的提高,中性香气成分含量的变化趋势比较一致,总体香味成分含量逐步下降,其中芳樟醇和 β-苯乙醇的下降趋势最明显,糠醛、β-大马酮、β-紫罗兰酮和二氢猕猴桃内酯含量呈梯度缓慢下降;β-二氢大马酮含量在膨胀温度 250 °C 处下降,

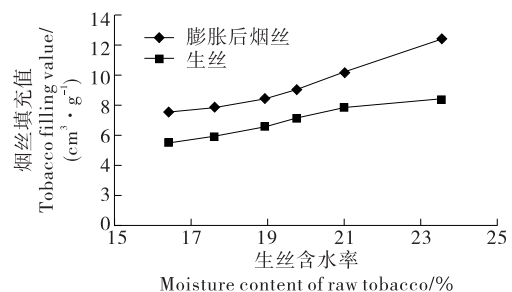


图 8 烟丝填充值随膨胀前生丝含水率的变化

Figure 8 Change of tobacco filling value with moisture content of raw tobacco before expansion

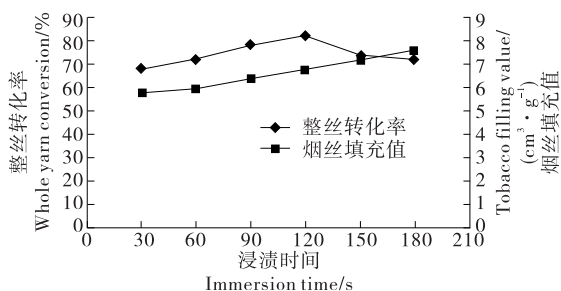


图 9 整丝转化率和烟丝填充值随浸渍时间的变化
Figure 9 Whole yarn conversion rate and tobacco filling value change with the time of dipping

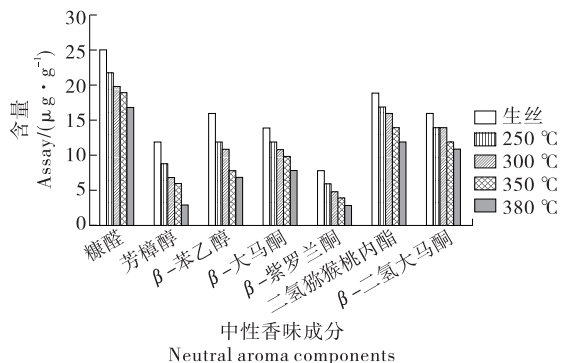


图 10 不同膨胀温度下中性香味成分含量的变化
Figure 10 Changes of neutral aroma components at different expansion temperatures

300 °C 处趋于稳定后又进一步下降,该物质属于类胡萝卜素的降解产物,具有类似玫瑰的清甜香气,在卷烟中赋予烟气清甜香,该物资的保留可以作为膨胀温度的一个重要评判标准。中性成分含量的降低可能由于不耐受高温挥发或热解损失所致,而有些成分的沸点相对更高且具有更好的保留性,中性物质在烟丝中是最主要的香味成分,因此温度过高不利于烟丝香味的保留。

由图 11 可知,烟丝中具有较高含量的吡啶及其衍生物,高温下,吡啶化合物容易发生相互转化。吡嗪和喹啉类物质在烟丝中含量极低,一般为 0.5 μg/g 以下,这些物质一般比较稳定不会随二氧化碳膨胀温度的提高而发生明显变化。

一般情况下,酸性成分经二氧化碳膨胀干燥处理时都会有一定程度的下降,但其对温度不敏感。由图 12 可知,酸性成分含量随膨胀温度的提升变化量很小,其中异戊酸经二氧化碳膨胀干燥处理后含量明显升高,可能是异戊酸是其他酸性物质经高温断裂产生的部分中间产物,异戊酸的提升,保证了酸性成分总体量的平衡。

3 结论

经膨胀干燥处理后,碱性香味成分总量下降明显,中性香味成分总量稍微下降、酸性香味成分总量基本不发

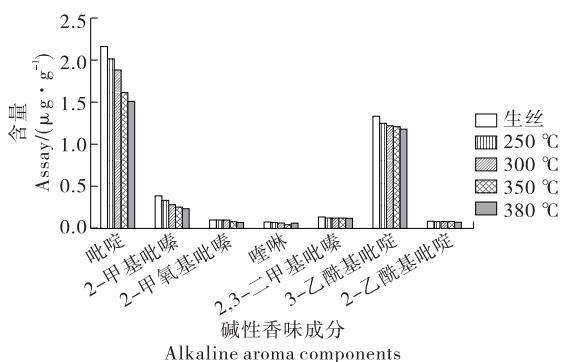


图 11 不同膨胀温度下碱性香味成分含量的变化
Figure 11 Changes of alkaline aroma components at different expansion temperatures

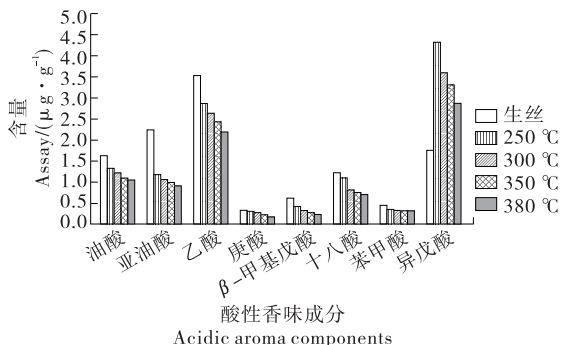


图 12 不同膨胀温度下酸性香味成分含量的变化
Figure 12 Changes of acidic aroma components at different expansion temperatures

生变化;烟丝总体感官质量有了一定的提升,经二氧化碳膨胀工艺处理后的烟丝优于卧式滚筒和烘丝处理的。从物理性能分析,生烟丝的含水率有助于提高二氧化碳膨胀值,经二氧化碳膨胀处理后烟丝填充值上升。试验虽对酸性成分总量和个别酸性成分进行了考察分析,但依据不同碳链的酸性组分在不同温度下稳定性不同,未开展界于碳十酸性成分的温度影响分析;膨胀工艺对烟丝质量的影响忽略了手感效果和外观效果评价直观指标以及焦油和盐碱的关键健康评价指标;二氧化碳膨胀工艺未兼顾烟丝叶组配方和香料配方对整体质量的影响,后续将从以上方面开展深入研究。

参考文献

[1] ZHOU Feng, PENG Hui, RUAN Wen-jie, et al. Cubic-RBF-ARX modeling and model-based optimal setting control in head and tail stages of cut tobacco drying process[J]. Neural Computing and Applications, 2018, 30(4): 33-35.
[2] 普绍清, 高长江. 优化烟草制丝设备提高烟丝质量[J]. 山东工业技术, 2018(13): 39.
[3] 牛序策, 宋世川, 李燕. 烟草制丝生产工艺精准控制的探索[J]. 自动化博览, 2015(3): 86-88.

(下转第 228 页)

- [22] 靳彩园. 基于图像处理的铝塑包装中药片缺陷检测技术研究[D]. 沈阳: 沈阳理工大学, 2014: 6-20.
- [23] 方文星, 王野. 一种铝塑泡罩药品包装缺陷检测方法[J]. 包装工程, 2019, 40(1): 133-139.
- [24] 于惠钧, 吴婉, 成运. 改进 Otsu 算法在铝塑泡罩药品包装缺陷检测中的应用[J]. 包装工程, 2014, 35(15): 15-18.
- [25] 宋寒. 外卖食品包装的现存问题及相关对策分析[J]. 工业设计, 2018(12): 75-76.
- [26] 李军英. 食品包装安全隐患及检测研究[J]. 检验检疫学报, 2019, 29(3): 118-120.
- [27] 李萌, 孙铁波. 基于机器视觉的食品包装缺陷检测研究[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(24): 125-127.
- [28] 贾真真, 张涛, 曹兴强, 等. 基于机器视觉的食品内包装缺陷检测装置设计与实现[J]. 食品与机械, 2018, 34(7): 111-114.
- [29] 李莹, 栾秋平. 基于机器视觉的食品包装检测系统设计[J]. 包装工程, 2020, 41(9): 210-214.
- [30] 金玥, 万千慧, 梁天辉, 等. 我国饮料包装行业的现状及发展趋势[J]. 轻工科技, 2019, 35(2): 29-30.
- [31] 美国邦纳工程国际有限公司. 视觉检测奶粉罐内铝膜缝隙及小勺缺损[J]. 自动化博览, 2017(4): 44-45.
- [32] 马伦, 周必榜. 提升奶粉罐耐压强度实现包装减量化设计[J]. 印刷技术, 2014(16): 42-44.
- [33] 肖飞蛟. 基于机器视觉的啤酒包装生产线检测技术与应用研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2010: 3-8.
- [34] 王宣银, 梁冬泰. 基于多元图像分析的包装罐内壁缺陷检测[J]. 农业机械学报, 2009, 40(6): 222-226.
- [35] 朱明. 奶粉罐内壁缺陷视觉检测系统研发及关键技术研究[D]. 北京: 中国计量学院, 2013: 16-18.
- [36] 杨阳, 席天明, 杜丽娟, 等. 机器视觉检测技术在食用油包装行业的应用[J]. 现代食品, 2019(23): 108-110.
- [37] MOGHIMI N, SAGI H, PARK S I. Leakage analysis of flexible packaging: Establishment of a correlation between mass extraction leakage test and microbial ingress[J]. Food Packaging and Shelf Life, 2018, 16: 225-231.
- [38] MOLLOY A M, MILLS J L. Fortifying food with folic acid to prevent neural tube defects: Are we now where we ought to be? [J]. American Journal of Clinical Nutrition, 2018, 6: 857-858.
- [39] 陈克复, 陈广学. 智能包装: 发展现状、关键技术及应用前景[J]. 包装学报, 2019, 11(1): 1-17, 105.
- [40] GIEFER L A, ARANGO J D, FAGHIHABDOLAH M, et al. Orientation detection of fruits by means of convolutional neural networks and laser line projection for the automation of fruit packing systems[J]. Procedia CIRP, 2020, 88: 533-538.
- [41] 由晓东. 关于包装检测过程中的机器视觉应用研究[J]. 科技风, 2019(32): 5.

(上接第 200 页)

- [4] USALL J, IPPOLITO A, SISQUELLA M, et al. Physical treatments to control postharvest diseases of fresh fruits and vegetables[J]. Postharvest Biology and Technology, 2016(7): 30-40.
- [5] DONG Y, ZHI H H, WANG Y. Cooperative effects of pre-harvest calcium and gibberellic acid on tissue calcium content, quality attributes, and in relation to postharvest disorders of late-maturing sweet cherry[J]. Scientia Horticulturae, 2019(4): 123-128.
- [6] GATTO M A, SERGIO L, IPPOLITO A, et al. Phenolic extracts from wild edible plants to control postharvest diseases of sweet cherry fruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 2016(6): 180-187.
- [7] 李成刚, 许克静, 王爱霞, 等. 基于 S400 残烟机的烟丝回收工艺优化[J]. 食品与机械, 2018, 34(7): 215-219.
- [8] LI Bin, ZHU Wen-kui, WANG Peng-fei, et al. Fast drying of cut tobacco in drop tube reactor and its effect on petroleum ether tobacco extracts[J]. Drying Technology, 2018(11): 55-58.
- [9] WU Kai, ZHANG Er-qiang, YUAN Zhu-lin, et al. Analysis of flexible ribbon particle residence time distribution in a fluidised bed riser using three-dimensional CFD-DEM simulation[J]. Powder Technology, 2020, 369: 184-201.
- [10] FERREIRA H S, OLIVEIRA S S, STANTOS D C M B, et al. Characterisation of the mineral composition of tobacco products (cigar, shredded and rope) [J]. Microchemical Journal, 2019, 151: 56-59.
- [11] LIU Jun, CHEN Zhi-hao, ZHAO Ji-jun, et al. Measurement method of the width of the strands of cut tobacco based on digital image processing[J]. Beiträge zur Tabakforschung International Contributions to Tobacco Research, 2019, 28(6): 278-285.
- [12] DENG Nan, WANG Ya-lin, CUI Xiao-meng, et al. Effects of varying tobacco rod circumference on cigarette combustion: An experimental investigation[J]. Beiträge zur Tabakforschung International Contributions to Tobacco Research, 2019, 28(6): 286-296.
- [13] 王伟, 朱立明, 章强, 等. 基于相似性分析和阈值自校正的烟箱缺条智能检测方法[J]. 烟草科技, 2019, 52(1): 91-97.
- [14] 林天勤, 吴永生. HXD 进料阶段烟丝流量控制方式改进[J]. 烟草科技, 2019(6): 39-40.
- [15] 贺斌, 赵春雨, 韩彦龙, 等. 双质体自同步振动输送机的物料运动分析[J]. 东北大学学报(自然科学版), 2019, 37(6): 828-833.
- [16] 倪克平. 提高二氧化碳膨胀烟丝加工质量及可用性研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2008: 34-38.
- [17] 李超, 袁湘云, 李达, 等. 烙铁温度对成品烟丝致香成分的影响[J]. 食品与机械, 2019, 35(8): 27-31.
- [18] 李达, 李晓科, 张涛, 等. 卷烟挥发性香气成分测定及烟丝加香工艺优化[J]. 食品与机械, 2020, 36(3): 84-90.