

加糖对白肋烟烘焙过程中致香产物的影响

张杰¹, 杜国荣¹, 白若石^{1*}, 蒋成勇¹, 杨振民¹, 李跑^{2*}, 欧亚非¹, 曹伏军¹,
田书霞¹, 矫海楠¹, 胡林¹, 朱景溯¹, 马雁军¹, 周骏¹

(1.上海烟草集团技术中心北京工作站, 北京 101121; 2.湖南农业大学食品科学技术学院, 湖南 长沙 410128)

摘 要:以湖北恩施白肋烟 C3F 为试材, 研究施加葡萄糖、果糖、木糖、核糖、转化糖(蔗糖)和果葡糖浆 6 种糖液及木糖施加量对白肋烟烘焙后致香产物的影响。结果表明: 烘焙过程中, 施加糖液能显著促进白肋烟致香产物的生成, 果糖及果葡糖浆对提高吡嗪类、呋喃类致香产物含量的效果较佳, 尤其是对吡嗪类产物的增加具有显著作用; 施加木糖和核糖对增加吡咯类、吡啶类和碳环类致香产物的效果好; 木糖施加量为 4% 时, 吡嗪类产物生成量达到最大; 木糖施加量 6%~8% 时, 其他类致香产物生成量达到最大。主成分分析结果表明, 第 1 主成分的贡献率为 81.39%, 反映的指标主要有 5-甲基-2-糠醛、糠醛、2-乙酰呋喃、1-糠基吡咯、3-羟基吡啶等; 第 2 主成分的贡献率为 15.51%, 反映的指标主要有糠醛、5-甲基-2-糠醛、2-吡咯甲醛、2-乙酰呋喃、丙酮醇等。

关 键 词:白肋烟; 烘焙; 糖类物质; 致香产物; 湖北

中图分类号: TS452^{+.1}

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2018)06-0580-07

Effects of sugar addition on aroma products in the process of burley tobacco roasting

ZHANG Jie¹, DU Guorong¹, BAI Ruoshi^{1*}, JIANG Chengyong¹, YANG Zhenmin¹, LI Pao^{2*}, OU Yafei¹,

CAO Fujun¹, TIAN Shuxia¹, JIAO Hainan¹, HU Lin¹, ZHU Jingsu¹, MA Yanjun¹, ZHOU Jun¹

(1.Beijing Branch, Technical Center of Shanghai Tobacco Group Co., Ltd., Beijing 101121, China; 2.College of Food Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China)

Abstract: C3F burley tobacco of Enshi prefecture of Hubei province was used as materials to study the effects of sugars, including glucose, fructose, xylose, ribose, inverted sugar(sucrose) and high fructose corn syrup, and the application amount of xylose on aroma products in the process of burley tobacco roasting. The results showed that the sugars could significantly increase the formation of aroma components of burley tobacco. Fructose and high fructose corn syrup exhibited better result in increasing the amount of pyrazines and furans compared to other sugars, especially for pyrazines, the amount of which was significantly increased. The xylose and ribose exhibited better effect on pyrroles, pyridines and carbocyclic compounds. When the amount of xylose applied was 4%, the amount of pyrazine products was maximized, and when the amount of xylose applied was 6% to 8%, the amount of other aroma products was maximized. The results of the principal component analysis showed that the contribution rate of the first principal components was 81.39%, and the indicators mainly include 5-methyl-2-furaldehyde, furfural, 2-acetylfuran, 1-mercaptopyrrole, 3-hydroxypyridine. The contribution rate of the second principal components was 15.51%, and the indicators mainly include furfural, 5-methyl-2-furaldehyde, 2-pyrrolidine, 2-acetylfuran, acetol. The first two principal components could stand for the change trends of aroma components.

Keywords: burley tobacco; roasting; sugar; aroma products; Hubei

在混合型卷烟生产中, 对白肋烟的处理工艺主 要是加料和高温烘焙^[1-2]。白肋烟加料烘焙处理过

收稿日期: 2018-08-30

修回日期: 2018-10-07

基金项目: 上海烟草集团有限责任公司科技项目(K2016-2-012P)

作者简介: 张杰(1985—), 男, 山西临汾人, 硕士, 主要从事烟草化学研究, zhangjie259120@163.com; *通信作者, 白若石, 高级工程师, 主要从事烟草化学研究, bairuoshivip@sina.com; *通信作者, 李跑, 博士, 主要从事化学计量学研究, lipao@live.cn

程中会产生大量的香味物质,构成了混合型卷烟特有香吃味的物质基础,对混合型卷烟的感官质量具有显著影响^[3-6]。白肋烟加料环节添加糖分,补偿在调制过程中损失的糖分和保持糖/氮比,并与烟叶中的氨基化合物发生美拉德反应,产生吡嗪、呋喃、吡咯类等具有白肋烟特征香味的物质,突出白肋烟特征香味,使烟气柔和、刺激性降低^[7-12]。目前,有关白肋烟加料烘焙的研究,多数集中在加料方法和工艺条件方面^[13-18],不同种类糖对白肋烟烘焙过程中致香产物的影响尚不明确。为此,笔者研究了葡萄糖、果糖、木糖、核糖、转化糖(蔗糖)和果葡糖浆等糖类物质及木糖施加量对白肋烟烘焙过程中致香产物的影响,并采用主成分分析方法,确定了白肋烟烘焙过程中产生的主要致香成分,旨在为白肋烟料液的开发和加料烘焙工艺的优化提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

白肋烟样品为湖北恩施 C3F。

转化糖为蔗糖经柠檬酸熬制的混合糖,取自制丝车间香料厨房,质量分数 50%;葡萄糖、果糖、木糖、核糖均为北京百灵威科技有限公司产品;F55 型果葡糖浆为上海好成食品发展有限公司产品。

1.2 方法

1.2.1 料液制备

分别准确称取 3.6 g 葡萄糖、3.6 g 果糖、3.0 g 核糖、3.0 g 木糖、4.7 g F55 型果葡糖浆,加入 1 g 柠檬酸钠、0.07 g 柠檬酸和 30 g 水,配制成 0.67 mol/L 的葡萄糖液、果糖液、核糖液、木糖液和果葡糖浆液;转化糖溶液 6.84 g,加入 26.6 g 水,分别用 1 mol/L 的柠檬酸或柠檬酸钠调节 pH 值至 6,配制浓度为 0.67 mol/L 的转化糖液。

分别准确称取 1.5、3.0、4.5、6.0 g 木糖,加入 1 g 柠檬酸钠、0.07 g 柠檬酸和 30 g 水,用 1 mol/L 的柠檬酸或柠檬酸钠调节 pH 值至 6,配制质量分数为 2%、4%、6%和 8%的木糖溶液。

1.2.2 样品制备

取适量片烟,恒温、恒湿(相对湿度 60%)平衡 48 h,将片烟切成宽度为 1.0 mm 的烟丝,过 0.42 mm 孔径筛后,置于恒温恒湿箱中保存。取 80 g 平衡后

的烟丝 6 份,分别均匀喷洒 30 mL 糖液,另取 2 份,喷水 30 mL,作为对照样。将 6 份烟丝与对照 2 在 135 °C 条件下烘焙 12 min 后取出。取 80 g 烟丝 4 份,分别均匀喷洒 30 mL 质量分数 2%、4%、6%和 8% 木糖料液,135 °C 条件下烘焙 12 min 后取出(终含水率约为 7%),备用。

1.2.3 白肋烟香味成分分析

将白肋烟烟丝样品置 40 °C 下烘 1 h 后粉碎,过孔径 0.42 mm 筛。准确称取 5 g 烟末样品,每个样品 3 次重复,分别加入 20 mL 甲醇和 40 μ L 乙酸苯乙酯内标,迅速盖上盖,置于振荡摇床上振荡 2 h,静置 5 min 后,取上层萃取液经 0.22 μ m 针式滤器过滤后,参照文献[15]的方法,测定烟末中的致香成分。

1.3 数据处理

采用 MATLAB 2010 进行数据处理和统计分析。

2 结果与分析

2.1 加糖对烘焙后白肋烟致香产物的影响

对烘焙后的白肋烟样品进行 GC/MS 分析,共分离鉴定出 73 种香气成分,包括 9 种吡嗪类、13 种呋喃类、5 种吡咯类、8 种吡啶类、17 种碳环类、21 种脂肪族类物质。加糖烘焙后,与未烘焙对照相比,有 39 种致香成分含量明显增加,重点考察施加糖液对这 39 种致香成分的影响。

2.1.1 对吡嗪类产物的影响

由图 1 可知,加果糖液白肋烟的吡嗪类产物明显高于其他糖,这可能与果糖和氮反应产生的糖氨

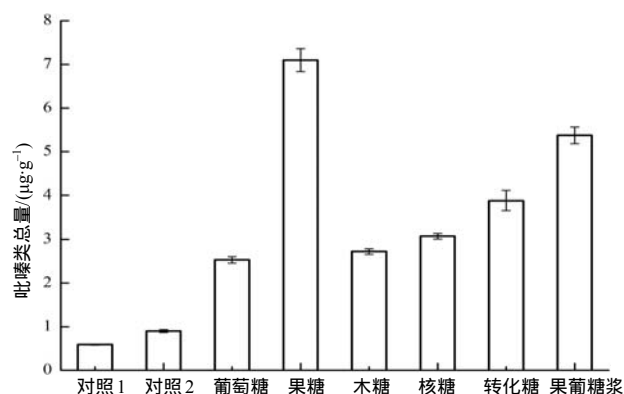


图1 加糖白肋烟吡嗪类产物的总量

Fig.1 The total content of pyrazines in burley tobacco after sugar addition

(2-氨基-2-脱氧葡萄糖)有关,此种物质经热反应可生成 2,5-脱氧果糖嗪和 2,6-脱氧果糖嗪,随后热解产生吡嗪类物质,而氨和葡萄糖反应产生的脱氧氨基葡萄糖,热解条件下不易产生吡嗪类物质^[19]。烘焙后,白肋烟中 2-甲基吡嗪、2,5-二甲基吡嗪、2,6-二甲基吡嗪、2-乙基-6-甲基吡嗪、2-乙基-5-甲基吡嗪、2-甲基-3-丙基吡嗪和三甲基吡嗪 7 种吡嗪类成分显著增加(图 2)。

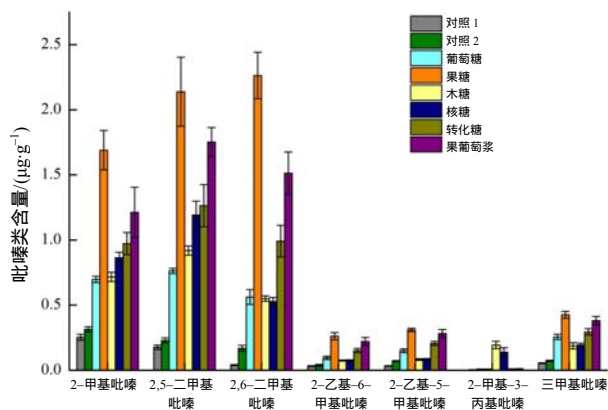


图2 加糖白肋烟吡嗪类成分的含量

Fig.2 The content of pyrazine products in burley tobacco after sugar addition

2.1.2 对呋喃类产物的影响

施加果糖白肋烟的呋喃类产物总量最多,施加果葡糖浆、木糖、蔗糖、核糖和葡萄糖的依次减少(图 3)。与未烘焙(对照 1)相比,烘焙后有糠基甲基醚、糠醇、糠醛、2-乙酰呋喃、5-甲基-2-糠醛、2(5H)-呋喃酮、5-羟甲基糠醛、 α -当归内酯和呋喃酮 9 种呋喃类成分显著增加(图 4)。将 6 种糖处理结果与烘焙对照组作方差分析, P 值均小于 0.01,表明白肋烟烘焙过程中加糖,对此 9 种呋喃类产物有极显著的影响。

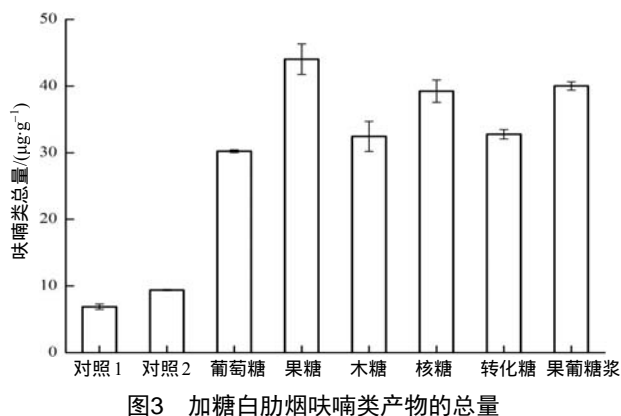


图3 加糖白肋烟呋喃类产物的总量

Fig.3 The total content of furans in burley tobacco after sugar addition

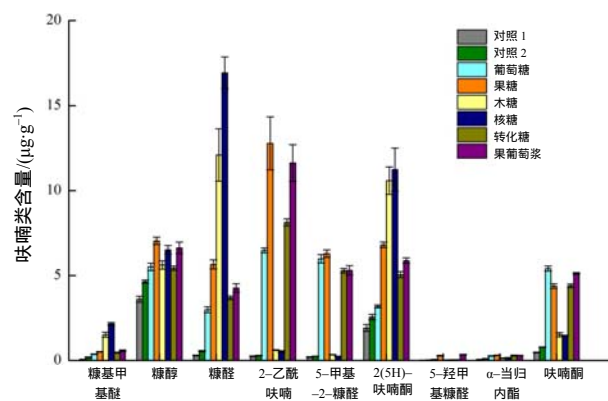


图4 加糖白肋烟呋喃类成分的含量

Fig.4 The content of each furan in burley tobacco after sugar addition

2.1.3 对吡咯类产物的影响

由图 5 可知,施加木糖和核糖,白肋烟的吡咯类产物总量明显多于其他 4 种糖(吡啶除外)。方差分析结果表明,木糖和核糖处理的 P 值小于 0.01,转化糖和果葡糖浆处理的 P 值小于 0.05,葡萄糖和果糖处理的 P 值大于 0.05,施加木糖和核糖对吡咯类产物的影响差异达极显著水平,五碳糖较六碳糖更有利于吡咯类产物的生成。图 6 结果表明,与未

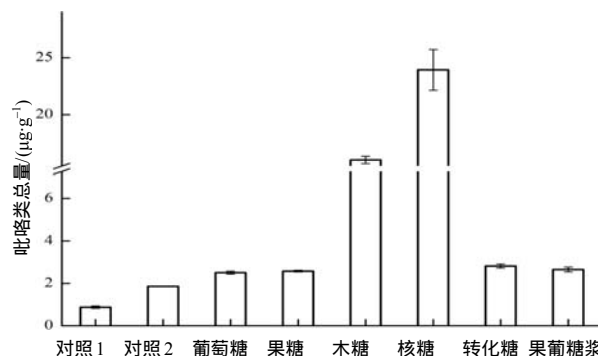


图5 加糖白肋烟吡咯类产物的总量(不包含吡啶)

Fig.5 The total content of pyrroles in burley tobacco after sugar addition (excluding Indole)

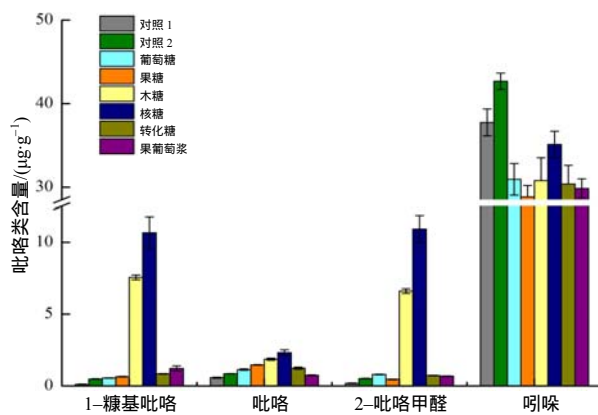


图6 加糖白肋烟吡咯类产物的含量

Fig.6 The content of each pyrrole in burley tobacco after sugar addition

烘焙对照相比,烘焙后白肋烟吡咯、1-糠基吡咯和 2-吡咯甲醛 3 种吡咯类成分显著增加,吡咯含量明显降低。高浓度吡咯具有强烈的粪臭味,而低浓度吡咯则具有果香和花香,吡咯含量的降低有利于白肋烟香吃味的提高。

2.1.4 对吡啶类产物的影响

施加木糖和核糖,白肋烟的吡啶类产物总量明显多于其他 4 种糖(图 7)。将 6 种糖处理结果与烘焙对照组作方差分析,木糖和核糖处理的 P 值小于 0.01,表明施加木糖和核糖对吡啶类产物影响的差异达极显著水平。与未烘焙对照相比,烘焙后 3-甲基吡啶、4-甲基-吡啶、3-乙基吡啶、3-羟基吡啶和烟酸甲酯 5 种吡啶类成分增加(图 8)。与烘焙对照相比,施加含糖料液烘焙后,仅 3-羟基吡啶明显增加。将 6 种糖处理结果与烘焙对照组作方差分析, P 值均小于 0.01,表明加糖对 3-羟基吡啶生

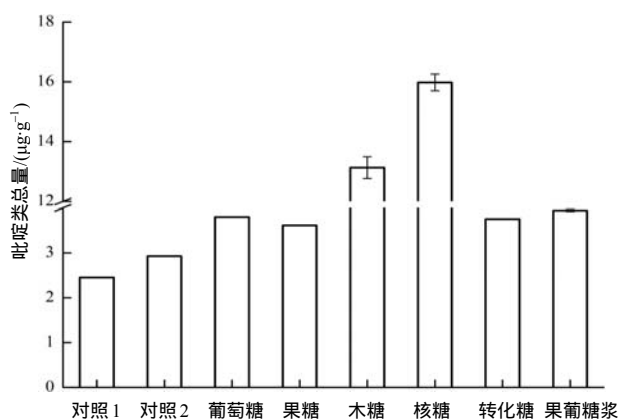


图7 加糖白肋烟吡啶类产物的总量

Fig.7 The total content of pyridine in burley tobacco after sugar addition

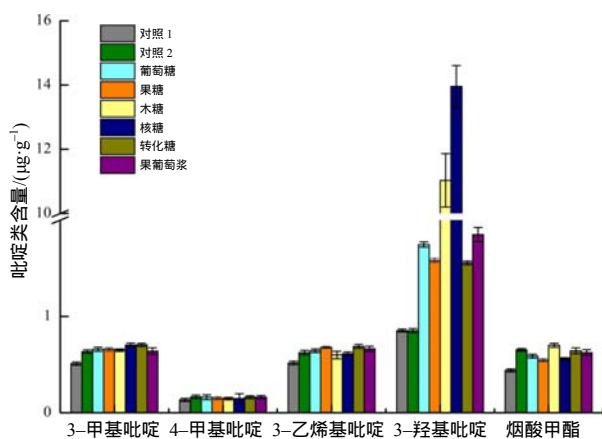


图8 加糖白肋烟吡啶类产物的含量

Fig.8 The content of each pyridine in burley tobacco after sugar addition

成有极显著的影响。施加木糖和核糖,白肋烟的 3-羟基吡啶明显多于其他 4 种糖,表明施加五碳糖较六碳糖更有利于 3-羟基吡啶的生成。

2.1.5 对碳环化合物的影响

由图 9 可知,施加木糖和核糖白肋烟的碳环类化合物明显多于其他 4 种糖。将此 6 种糖处理结果与烘焙对照组作方差分析, P 值均大于 0.05,表明加糖对白肋烟碳环类产物的影响差异不显著。与未烘焙对照相比,烘焙后主要有 9 种碳环类化合物增加(图 10),分别为 2-环戊烯-1-酮、3-甲基-2-环戊烯-1 酮、4,5-二甲基-1,3-二氧杂环戊烯-2-酮、4-环戊烯-1,3-二酮、 γ -丁内酯和(\pm -3-羟基-4-丁内酯) 6 种脂环族化合物和苯甲酸、苯乙醇和苯乙醛 3 种芳香族化合物。

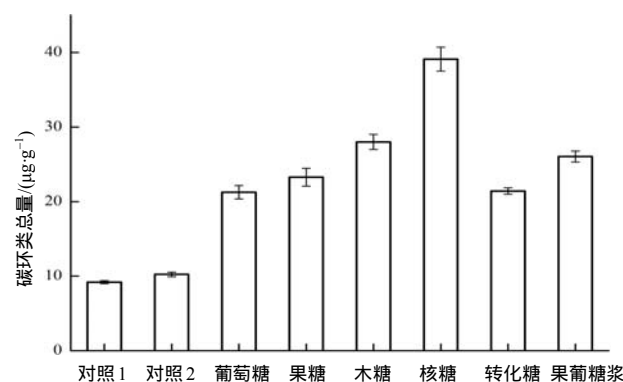


图9 加糖白肋烟碳环类产物的总量

Fig.9 The total content of carbocyclic compounds in burley tobacco after sugar addition

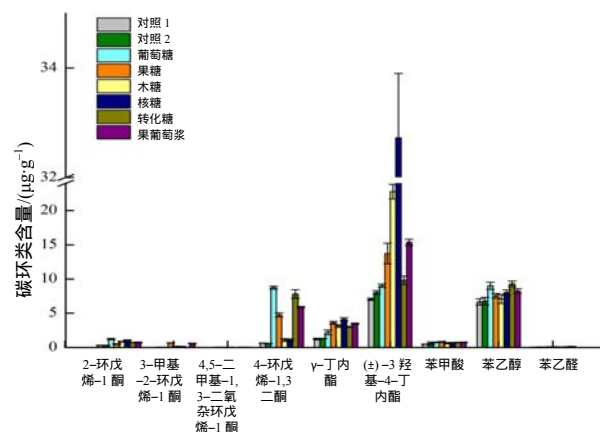


图10 加糖白肋烟碳环类产物的含量

Fig.10 The content of each carbocyclic compound in burley tobacco after sugar addition

2.1.6 对脂肪族化合物的影响

由图 11 可知,果糖和果葡糖浆处理的白肋烟的脂肪族化合物明显多于其他 4 种糖。将 6 种糖处

理结果与烘焙对照组作方差分析,葡萄糖和果糖处理的 P 值小于 0.05,其余 4 种糖 P 值小于 0.01,表明加糖能显著增加脂肪族化合物的生成,木糖、核糖、转化糖和果葡糖浆对脂肪类产物的影响达极显著水平,加果糖和果葡糖浆白肋烟的脂肪族化合物总量多于其他 4 种糖。与未烘焙对照样相比,烘焙后有 5 种脂肪族化合物含量明显增加(图 12),分别为丙酮酸甲酯、3-羟基-2-丁酮、丙酮醇、过氧化乙酰丙酮和 2-羟基丙酸甲酯。

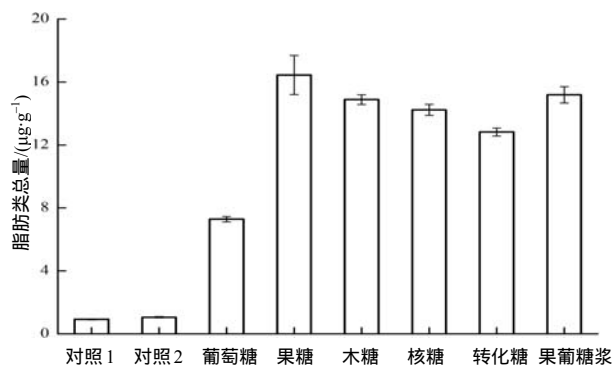


图11 加糖白肋烟的脂肪族化合物总量

Fig.11 The total content of aliphatic compounds in burley tobacco after sugar addition

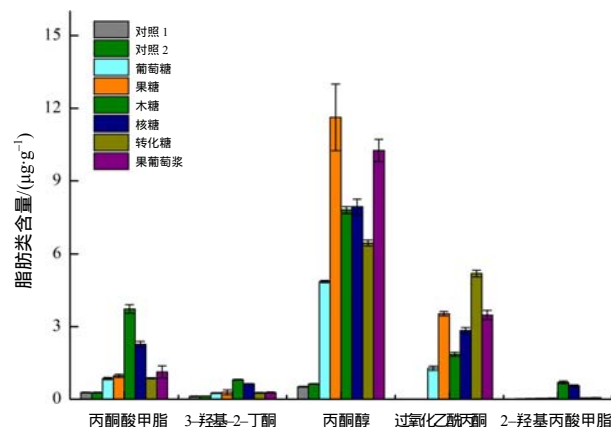


图12 加糖白肋烟脂肪族化合物的含量

Fig.12 The content of each aliphatic compound in burley tobacco after sugar addition

2.2 木糖施加量对白肋烟烘焙后致香成分的影响

木糖施加量对白肋烟烘焙后致香产物的影响结果(图 13)表明,除吡啶、3-甲基吡啶、4-甲基吡啶、3-乙基吡啶和烟酸甲酯外,其余致香产物的含量随加木糖量的增加而增加,加 4%木糖时,白肋烟吡啶类产物生成量最大,加 6%~8%木糖时,其他类致香产物生成量最大。

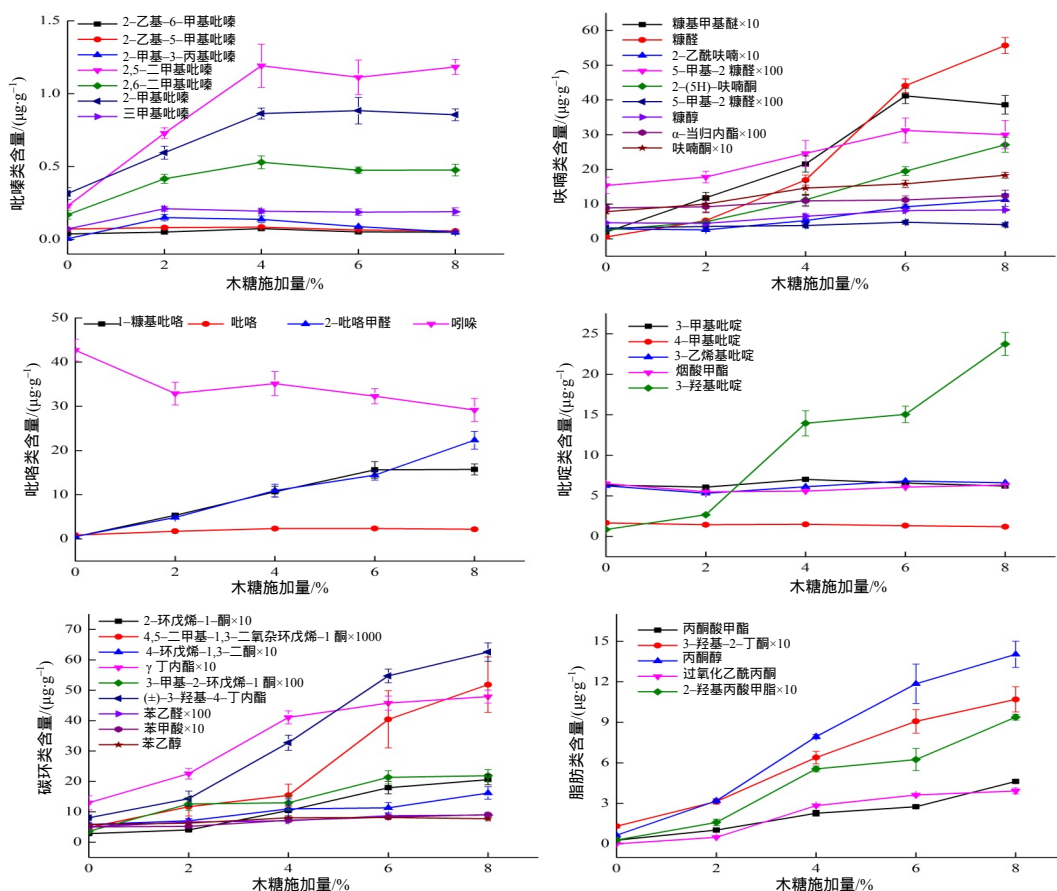


图13 加不同木糖量的白肋烟致香产物含量

Fig.13 The content of aroma products in burley tobacco applied different amounts of xylose

2.3 白肋烟烘焙后致香产物的主成分分析

为消除量纲影响，客观评价加糖对白肋烟致香产物的影响，以加糖烘焙后致香产物的含量与未施加糖烘焙致香物质的含量的比值为研究对象，采用主成分分析法，对加不同种类糖的白肋烟烘焙后致香产物的变化进行分析。由于在未加糖的对照中未检测到过氧化乙酰丙酮和 2-甲基-3-丙基吡嗪，是加糖后新生成的致香物质，无法计算施加糖烘焙后含量与未施加糖烘焙含量的比值，因此主成分分析未包含此 2 种物质。对加葡萄糖、果糖、木糖、核糖、转化糖和果葡糖浆进行主成分分析，得到主成分的特征值和贡献率(表 1)。由表 1 可以看出，第 1 成分和第 2 成分的累计贡献率达 96.9%，说明前 2

个主成分足以说明该数据的变化趋势。表 2 为主成分分析载荷系数矩阵。由表 2 可知，第 1 主成分反映的指标主要有 5-甲基-2 糠醛、糠醛、2-乙酰呋喃、1-糠基吡咯、3-羟基吡啶等；第 2 主成分反映的指标主要有糠醛、5-甲基-2 糠醛、2-吡咯甲醛、2-乙酰呋喃、丙酮醇等。

表1 主成分1和主成分2的特征值及其贡献率
Table 1 Eigenvalues, contribution and cumulative contribution of the first two principal components

主成分	特征值	贡献率/%	累积贡献率/%
1	4 050.51	81.39	81.39
2	771.75	15.51	96.90

表2 主成分载荷系数
Table 2 Loading matrix of principal component

序号	指标	载荷系数		序号	指标	载荷系数	
		主成分1	主成分2			主成分1	主成分2
1	5-甲基-2糠醛	0.79	0.47	20	2-乙基-6-甲基吡嗪	0.03	0.01
2	糠醛	-0.40	0.78	21	2-乙基-5-甲基吡嗪	0.02	0.01
3	2-乙酰呋喃	0.25	0.18	22	三甲基吡嗪	0.02	0.00
4	2-吡咯甲醛	-0.20	0.21	23	2,5-二甲基吡嗪	0.02	0.01
5	1-糠基吡咯	-0.19	0.12	24	α-当归内酯	0.01	0.01
6	3-羟基吡啶	-0.13	0.12	25	γ-丁内酯	-0.01	0.01
7	2-羟基丙酸甲酯	-0.15	0.06	26	2-甲基吡嗪	0.01	0.01
8	丙酮醇	-0.02	0.16	27	吡咯	-0.01	0.00
9	糠基甲基醚	-0.10	0.11	28	糠醇	0.00	0.01
10	4,5-二甲基-1,3-二氧杂环戊烯-2-酮	0.02	0.10	29	苯甲酸	0.00	0.01
11	4-环戊烯-1,3-二酮	0.07	0.05	30	苯乙醛	0.00	0.00
12	丙酮酸甲酯	-0.06	0.06	31	3-乙烯基吡啶	0.00	0.00
13	2(5H)-呋喃酮	-0.04	0.07	32	苯乙醇	0.00	0.00
14	(±)-3-羟基-4-丁内酯	-0.03	0.05	33	4-甲基-吡啶	0.00	0.00
15	3-甲基-2-环戊烯-1 酮	0.05	-0.01	34	烟酸甲酯	0.00	0.00
16	2-环戊烯-1-酮	-0.02	0.05	35	吡啶	0.00	0.00
17	2,6-二甲基吡嗪	0.04	0.03	36	苯乙酸甲酯	0.00	0.00
18	3-羟基-2-丁酮	-0.03	0.03	37	3-甲基吡啶	0.00	0.00
19	呋喃酮	0.03	0.03				

3 结论与讨论

研究施加 6 种糖液以及不同木糖施加量对白肋烟烘焙过程中致香产物的影响，结果表明，加糖能显著促进白肋烟烘焙过程中致香产物的生成。加糖白肋烟烘焙后，致香成分显著增加的有 31 种，为可能的美拉德反应产物，包括 7 种吡嗪类、9 种呋喃类、3 种吡咯类、1 种吡啶类、6 种碳环类和 5 种

脂肪族类物质。

加不同种类糖对白肋烟烘焙后致香产物的影响程度不同，六碳糖(葡萄糖和果糖)与五碳糖(木糖和核糖)对提高致香产物总量有较明显差别。果糖对于增加吡嗪类、呋喃类和脂肪类致香产物的效果优于其他糖，尤其是对吡嗪类产物的增加具有显著作用。本研究采用的 F55 型果葡糖浆含有 42%的果糖，为高果糖果葡糖浆，表现出与果糖较为接近的效

果,对增加吡嗪类产物的含量的作用仅次于果糖,而果葡糖浆价格低廉,可作为料液中较为理想的糖分添加剂。蔗糖并不一定能较为完全地转化为葡萄糖和果糖,其对于吡嗪类产物的增加作用稍弱于果葡糖浆,而高于其他五碳糖。木糖和核糖对增加吡咯类、吡啶类和碳环类致香产物的效果好于其他糖,提示开发料液时可采用多种糖结合的方式,以达到白肋烟最优的烘焙效果。

参考文献:

- [1] 堵劲松,王宏生,王兵,等.白肋烟加工工艺技术研究[J].烟草科技,2001(6):3-7.
- [2] 安毅,徐丽霞,杨靖,等.烘焙条件对白肋烟重要致香成分的影响[J].烟草科技,2012(10):56-60.
- [3] 舒俊生,陈开波,毛健.烘焙对国产白肋烟中糖氨Maillard反应的影响[J].中国食品学报,2013,13(3):59-64.
- [4] 于建军.卷烟工艺学[M].2版.北京:中国农业出版社,2009.
- [5] 李亚丽,刘晓徐,郑培华,等.美拉德反应研究进展[J].食品科技,2012,37(9):82-87.
- [6] 洪华俏,郭紫明,易克,等.卷烟主流烟气的中性香气成分分析[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2008,34(2):164-167.
- [7] 宗永立,张晓兵,屈展,等.白肋烟加料技术研究[J].烟草科技,2003(10):13-16.
- [8] 谢剑平,赵明月,吴鸣,等.白肋烟重要香味物质组成的研究[J].烟草科技,2002(10):3-16.
- [9] 孔浩辉,陈茜,周璐,等.加糖后白肋烟烟气香气成分的变化[J].烟草科技,2014(5):64-71.
- [10] 邵澜媛,周建伟,刘东红.食品中美拉德反应机理及动力学模型的研究进展[J].中国食品学报,2012,12(12):103-112.
- [11] 萧伟祥,吴雪原,吴丽舞.制茶中羰氨反应与焦糖化作用[J].福建茶叶,1988,10(3):5-10.
- [12] 马晓军,余斌,李丽莎,等.果葡糖浆在烘焙产品中的应用[J].食品科技,2008,33(12):241-245.
- [13] 郭俊成,刘强,苏勇,等.中式混合型卷烟白肋烟两次加料和烘焙技术研究[J].中国烟草科学,2006,27(2):16-19.
- [14] 陈文,王存文,王光辉,等.烘焙期间加料与未加料白肋烟游离氨基酸的变化[J].烟草科技,2007(8):39-42.
- [15] 宗永立,张晓兵,屈展,等.混合型卷烟加料加香技术研究[J].烟草科技,2004(3):3-8.
- [16] 王道宽,周跃飞,谢金栋.白肋烟叶片、叶丝二次加料研究[J].烟草科技,2013(1):83-89.
- [17] 陈子勇,朱巍,黄龙,等.白肋烟处理前后化学成分的变化及其处理工艺优化研究[J].湖北农业科学,2010,49(3):663-668.
- [18] 黄兰,徐迎波,田振峰,等.气相色谱-质谱/选择离子监测法分析烟草中的重要香味物质[J].烟草科技,2012(1):34-42.
- [19] 龚平,阚建全.美拉德反应产物性质的研究进展[J].食品与发酵工业,2009,35(4):141-146.

责任编辑: 罗慧敏
英文编辑: 罗 维