

酵母抽提物协助咸味奶茶减盐配方优化及风味品质研究

张 赛¹, 张小飞¹, 金 杨¹, 沈 硕², 李 库², 李 沛², 彭义交^{1*}

(1.北京食品科学研究院, 北京 100068;

2.安琪酵母股份有限公司, 湖北 宜昌 443003)

摘要: 通过单因素和正交试验, 结合模糊数学感官评价法对酵母抽提物(Yeast Extract, YE)在咸味奶茶中的添加条件(YE品种、添加量及减盐比例)进行优化, 采用原子吸收法测定盐分(以钠离子计)变化, 并采用智能感官评价设备(电子舌和电子鼻)以及顶空固相微萃取结合气质联用设备对比配方优化前后咸味奶茶的感官品质。结果表明: 选择饮料专用YE-S1添加量为0.4%, 且减盐比例为10%时, 获得的咸味奶茶综合感官评价最优, 同时钠含量降低了11.66%。电子舌及电子鼻评价表明, 添加YE辅助减盐前后的奶茶风味差异明显。气质联用分析共鉴定出57种香气物质, 其中全盐组42种, 直接减盐组41种, YE辅助减盐组52种, 直接减盐导致香气物质总相对含量损失了12.53%, 添加YE后, 酯类、酸类、吡嗪类及部分醛类相对含量都显著增加, 总含量提升8.75%。

关键词: 咸味奶茶; 酵母抽提物; 配方优化; 减盐; 风味

中图分类号: TS 278 文献标志码: A 文章编号: 1005-9989(2021)10-0234-09

DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2021.10.037

Salt Reduction Formula Optimization and Flavor Quality Research of Salty Milk Tea with the Assistance of Yeast Extract

ZHANG Sai¹, ZHANG Xiaofei¹, JIN Yang¹, SHEN Shuo², LI Ku², LI Pei², PENG Yijiao^{1*}

(1.Beijing Academy of Food Sciences, Beijing 100068, China;

2.Angel Yeast Co., Ltd., Yichang 443003, China)

Abstract: The addition conditions (YE variety, addition amount and salt reduction ratio) of yeast extract (YE) in salty milk tea were optimized using single factor and orthogonal array design methods for higher comprehensive sensory evaluation scores calculated by fuzzy mathematics. Atomic absorption was adopted to determine the change of salt (calculated as sodium ion). Intelligent sensory evaluation equipment (electronic tongue and electronic nose) and headspace solid phase microextraction (HS-SPME) coupled with gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) were used to compare the flavor quality of salty milk tea before and after optimization. The results showed that when the addition amount of YE-S1 was 0.4% and the salt reduction ratio was 10%, the salty milk tea had the highest sensory score, and the sodium content was reduced by 11.66%. The evaluation of electronic tongue and electronic nose showed



that the flavor difference before and after adding YE-assisted salt reduction was obvious. A total of 57 flavor substances were identified by GC-MS analysis, of which 42 were in the full salt group, 41 were in the direct salt reduction group, and 52 were in the YE assisted salt reduction group. Direct salt reduction resulted in a total content loss of 12.53% of flavor substances. After adding YE-assisted salt reduction, the relative content of esters, acids, pyrazines and some aldehydes all increased significantly, and the total content increased by 8.75%.

Key words: salty milk tea; yeast extract; formula optimization; salt reduction; flavor

咸味奶茶是新疆、西藏、内蒙古等地区居住的少数民族餐饮中不可或缺的饮品,当地流传着“宁可三日无粮,不可一日无茶”“无茶则病”的说法^[1],可见咸味奶茶对其的重要性。咸味奶茶营养物质丰富,保健成分高于普通饮料,同时蕴含浓厚的文化内涵和民族特色,极具开发价值。传统的咸味奶茶中食盐用量较高,不符合人们追求的健康低钠饮食观念,但未见有关咸味奶茶减盐加工配方优化的研究报道。基于“健康中国2030”提出的食品减盐行动目标,即到2030年,全国人均每日食盐量降低20%,因此,开展咸味奶茶减盐加工技术研究具有重要意义。

酵母抽提物(Yeast Extract, YE)是一种优良天然调味料,是以蛋白质含量丰富的食用酵母为原料,采用生物技术将酵母细胞内的蛋白质、核酸等进行降解后精制而成,主要成分为多肽、氨基酸、呈味核苷酸、B族维生素及微量元素等^[2]。YE可赋予产品很好的醇厚味,有明显的增鲜、增咸、缓和酸味、去除苦味、屏蔽异味的效果,在食品调味品行业中具有广泛的用途,可作为天然风味增强剂应用于调味品、休闲食品、肉制品与水产品中^[3]。近年来,为了进一步扩大YE的应用领域,在特殊工艺下保留了丰富寡肽的饮料专用YE研发成功,已在植物饮料(豆浆、可可饮料)^[4]、果茶^[5]、功能性饮料^[6]等产品中获得了良好应用。

鉴于YE具有增强食品风味、低钠增咸等呈味特性,文章提出将饮料专用YE用于咸味奶茶中进行减盐配方优化,作为产品降钠后补充咸度、提升风味的重要原料。文章研究通过模糊数学感官评价法结合单因素和正交试验优化咸味奶茶配方,包括YE品种、YE添加量及减盐比例,并在此优化条件下对比饮料专用YE协助减盐前后的钠含量差异,采用电子鼻和电子舌整体评价风味变化,并采用气质联用技术分析香气物质的变化,深入分析应用对比效果,以期为咸味奶茶产品开

发提供新的减盐方式,同时为推动YE在奶茶等相关领域的应用提供理论支持。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

脱脂乳粉:新西兰安佳公司;植脂末:江西维尔宝食品生物有限公司;熬奶茶专用炒米粉:内蒙古金哈达粮业有限公司;速溶红茶粉:大闽食品(漳州)有限公司;饮料专用酵母抽提物:安琪酵母股份有限公司;白砂糖:北京糖业烟酒集团有限公司;食盐:中国盐业集团有限公司;C₆-C₃₀正构系列烷烃:色谱纯,西格玛奥德里奇有限公司。

AR1140电子分析天平:上海力衡仪器仪表有限公司;SA402B型电子舌:日本INSENT公司;PEN3型电子鼻:德国AIRSENSE公司;QP2020型气相色谱-质谱联用仪:日本岛津公司;SPME手动进样手柄、50/30 μm DVB/CAR/PDMS萃取头:美国Supelco公司;HJ-5恒温磁力搅拌器:江苏金坛荣华仪器制造有限公司。

1.2 方法

1.2.1 咸味奶茶的调配 咸味奶茶基础配方参照钟佳娜等^[7]、黄延盛等^[8]的研究报道进行设计,白砂糖用粉碎机粉碎后,过60目筛,得到白砂糖粉末。将脱脂乳粉、植脂末、炒米粉、速溶红茶粉、白砂糖、食盐按一定比例充分混合过筛,按照固体奶茶:水=1:8的比例加入90℃热水冲调至完全溶解。

1.2.2 单因素试验 YE在奶茶中的添加,需预先将YE粉末溶于水中,制备成固液比1:30的母液,再按所需添加量吸取母液添加于冲调好的咸味奶茶中。

YE品种确定:以未添加YE的纯奶茶为参照,将4种饮料专用YE(S1、S2、S3、S4)分别按0.4%添加量加入到奶茶水溶液中,搅拌均匀,进行感官评价。4种YE的成分差异见表1。

表1 不同酵母抽提物成分表

YE	蛋白质含量/%	葡聚糖含量/%	核苷酸含量/%
S1	59.6	26.8	0
S2	70.6	17.1	1.8(A+G)
S3	52.2	21.6	0
S4	55.1	13.1	1.5(I+G)

YE添加量的确定：选取上述试验中确定的适宜的YE品种，按照不同添加量(0.2%、0.4%、0.6%、0.8%、1.0%)加入到奶茶水溶液中，搅拌均匀，进行感官评价。

减盐比例的确定：在添加YE的条件下，分别减少奶茶中0、5%、10%、15%、20%的食盐使用量，搅拌均匀，进行感官评价。

1.2.3 正交试验 在单因素试验的基础上，分析选取影响试验结果显著的YE品种、添加量、减盐比例3个因素，进行 $L_9(3^3)$ 正交试验，以感官评分为评定指标，对咸味奶茶的配方进行优化。正交试验设计因素与水平见表2。

表2 咸味奶茶调配正交试验因素水平表

水平	因素		
	YE品种 A	YE添加量/% B	减盐比例/% C
1	S3	0.2	10
2	S1	0.4	15
3	S2	0.6	20

1.2.4 酵母抽提物协助减盐前后奶茶风味的变化

设置全盐纯奶茶、直接减盐10%、YE协助减盐10% 3个组别，采用电子舌、电子鼻及气质联用设备测定YE协助减盐前后奶茶风味的变化，综合衡量YE对直接减盐后咸味奶茶风味损失的弥补效果。

1.3 指标测定方法

1.3.1 模糊数学感官评价 组织10名食品专业人员(男女比例1:1)进行品评，测试之前人员先经过味觉培训并熟知试验的目标、意旨、各项指标及注意事项，按照表3所示的评分细则，对咸味奶茶的咸度、口感、香气、风味浓郁度进行感官品评，所有的评价指标分为3个等级：优秀、中等、较差。

建立模糊综合评价模型^[9]：评价对象集Y是研究中需要进行感官评价的样品的集合， $Y=\{Y1,$

$Y2, Y3, Y4, Y5, Y6, Y7, Y8, Y9\}$ ，其中编号1~9分别代表正交试验中 $A_1B_1C_1$ 、 $A_1B_2C_2$ 、 $A_1B_3C_3$ ，……、 $A_3B_3C_2$ 组的奶茶样品；咸度、口感、香气、风味浓郁度4项指标组成因素集 $U=\{\text{咸度}u_1, \text{口感}u_2, \text{香气}u_3, \text{风味浓郁度}u_4\}$ ；以优秀、中等、较差为评语集 $V=\{\text{优秀}v_1, \text{中等}v_2, \text{较差}v_3\}$ ，采用100分制，81~100为优秀，61~80为中等，0~60为较差，取各等级分数的最大值为该等级得分，即 $V=\{100, 80, 60\}$ 。

确定评价指标权重：采用消费者调查的方式来确定权重集，抽取20位消费者根据咸味奶茶中感官质量指标内容，对咸度、口感、香气、风味浓郁度4个指标在总体指标上所占的重要程度进行评分，总分100分，评分越高，权重越大。各指标的权重分别分配为0.18、0.35、0.26、0.21，总和为1，模糊权向量为 $A=\{0.18, 0.35, 0.26, 0.21\}$ 。

表3 咸味奶茶感官评分细则

项目	优秀(81~100)	中等(61~80)	较差(0~60)
咸度	咸度适中	咸味不足或略重	咸味过淡或过重
口感	滋味细腻醇正，乳茶味浓厚而协调	滋味平淡或稍有异味	滋味寡淡或苦涩味等异味过重
香气	茶香、乳脂香浓郁，具有咸味奶茶特有芳香	香气略淡或稍有异味	香气寡淡或有异味
风味浓郁度	风味浓郁，富有层次，有愉悦回味	风味不足，没有明显后味	风味不协调或异味突出

1.3.2 钠含量测定 参照GB 5009.91—2017《食品安全国家标准 食品中钾、钠的测定》中的火焰原子吸收光谱法测定奶茶中的钠含量，液体奶茶样品摇匀，经湿法消解处理后，注入原子吸收光谱仪中，测定589 nm下的吸光度，根据标准曲线得到奶茶中钠的含量。

1.3.3 电子舌测定 取60 mL奶茶样品分别装入电子舌专用烧杯中，置于自动进样分析装置上。设置测定温度为37℃，样品重复测定3次，每次采集时间为120 s，每隔1 s采集一次数据，以最后30 s数据的平均值作为样品检测1次的数据。每个样品测量前电子舌系统均需完成自检、初始化、校正等环节，测量后传感器清洗时间为300 s。

1.3.4 电子鼻测定 取1 mL奶茶样品于顶空瓶中，25℃恒温环境下平衡1 h后，顶空插入电子鼻针

头,测定条件为:样品孵育温度50℃,进样流量300 mL/min,传感器归零时间10 s,仪器平衡时间250 s,信号采集时间90 s,传感信号在60 s后基本稳定,选取测定末期70 s的数据进行分析,每个样品平行测定5次。

1.3.5 香气成分测定 采用顶空固相微萃取(Solid Phase Micro-Extraction, SPME)结合气相色谱-质谱联用技术(Gas Chromatography-Mass Spectrometry, GC-MS)分析咸味奶茶中的香气成分。

样品提取条件:准确称取6 g冲调好的奶茶样品于20 mL顶空瓶中,置于80℃平衡10 min后,将预先老化好的固相微萃取头插入顶空瓶上层,推出吸附纤维头暴露于液面上层,边震荡边萃取40 min后,插入气相色谱的进样口解吸3 min。

气相色谱条件:采用强极性色谱柱Rtx-Wax色谱柱(30 m×0.25 mm, 0.25 μm),氦气载气流速为1 mL/min,进样口温度为250℃,采用不分流进样模式,色谱柱升温程序为:初始温度35℃,保持6 min,以10℃/min升至90℃,以6℃/min升至180℃,以20℃/min升至230℃,以6℃/min升至240℃,总运行时间为38.67 min。

质谱条件:采用全扫描模式(Scan mode)采集信号,电离方式EI,电子轰击能量为70 eV,接口温度为280℃,离子源温度为230℃,四极杆温度为150℃,扫描质量范围为29~350 amu。

定性和相对定量分析:挥发性物质的定性需结合其在色谱柱上的LRI(线性保留指数)、Nist标准质谱数据库检索以及文献报道等多种方法结合判断。其中,挥发性物质LRI的测定,需预先在与样品分析相同的气相色谱条件下,设置溶剂延迟5 min,进正构系列烷烃(C₆-C₃₀)混合标样,根据其保留时间计算各物质的LRI,进而通过对比文献报道的标准物质的LRI进行准确性。最后,采用峰面积归一化法确定咸味奶茶中各挥发性化合物的相对含量。

1.4 数据处理

采用SPSS 20进行数据处理,结果采用平均值±标准差的形式表示,采用方差分析对数据进行差异性分析;采用Origin Pro 2019对电子舌和电子鼻采集的数据进行主成分分析(Principal component analysis, PCA),比较不同样品的风味差异。应用Excel 2016和Origin Pro 2019进行作图。

2 结果与分析

2.1 酵母抽提物协助减盐条件优化

2.1.1 酵母抽提物品种对奶茶品质的影响 YE中的呈味物质为小分子肽及氨基酸类物质,与奶茶中呈味物质相似。如图1显示了4种饮料专用YE对咸味奶茶感官品质的影响,部分YE之间差异显著($P<0.05$)。其中,添加S1的咸味奶茶感官评分最高,达到86.16,其次是S3,而添加S2和S4的奶茶样品评分仅为72.28和69.35,感官品质显著下降($P<0.05$),与未添加YE的纯奶茶得分相当。由表1中各YE的成分构成可知,S2和S4中含有核苷酸类物质,可能与奶茶整体风味不协调,影响其感官品质。因此选择YE-S1继续探究其在咸味奶茶中的添加量。

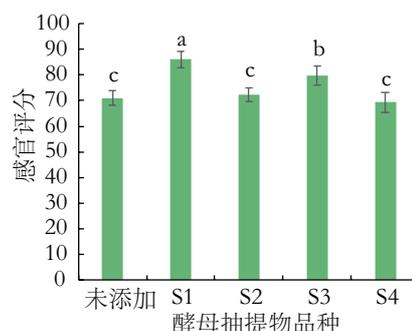


图1 不同品种酵母抽提物对奶茶感官评分的影响

2.1.2 酵母抽提物添加量对奶茶品质的影响 对分别添加了0.2%、0.4%、0.6%、0.8%和1.0% S1的奶茶进行感官评价,结果如图2所示。随着S1添加量的升高,奶茶的感官品质呈先升后降的趋势,添加量为0.2%~0.6%时感官评分没有显著差异($P>0.05$),且添加量为0.4%时感官评分达到最高(84.27),整体风味协调,口味浓郁。S1添加量达到0.8%以上时,奶茶的感官品质显著下降($P<0.05$)。综合考虑, YE-S1的添加量应选定在

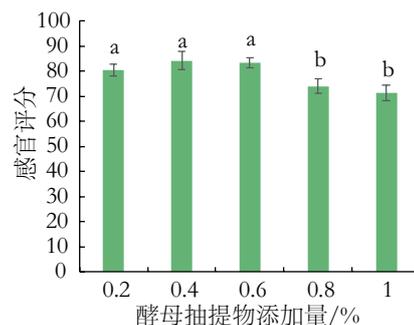


图2 不同酵母抽提物添加量对奶茶感官评分的影响

0.4%左右为宜。

2.1.3 减盐比例对奶茶品质的影响 为进一步探究YE代替奶茶中食盐的效果,在YE最适添加条件下(0.4%YE-S1),分别降低0、5%、10%、15%、20%的食盐使用量,不同减盐比例的奶茶感官评

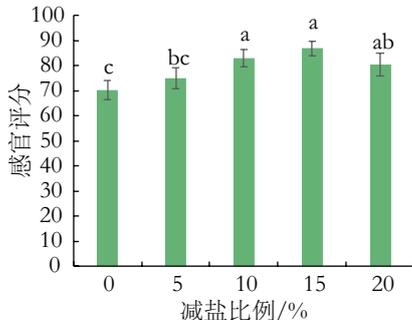


图3 不同减盐比例对奶茶感官评分的影响

分如图3所示。随着减盐比例的增大,奶茶的感官品质呈先升后降的趋势,减盐比例在5%以下时,感官品质显著低于其他组别($P < 0.05$),添加YE辅助减盐在10%~15%时奶茶感官品质没有显著差异($P > 0.05$),且减盐15%时感官评分达到最高(86.89),继续减盐至20%时,感官评分略下降。因此减盐比例在15%左右时咸味奶茶的整体风味最佳。

2.2 酵母抽提物添加条件的正交试验

10名感官评判人员对正交试验9组奶茶样品的模糊评定结果见表4。可以看出,不同组别对样品的咸度、口感、香气和风味浓郁度4个因素影响各异,因而需采用模糊数学评价对结果进一步分析。将表3中各因素各等级所得票数除以评判总人

表4 正交试验感官评定结果

编号	评价因素											
	咸度			口感			香气			风味浓郁度		
	优秀	中等	较差	优秀	中等	较差	优秀	中等	较差	优秀	中等	较差
1	1	5	4	2	4	4	4	4	2	1	6	3
2	3	6	1	3	4	3	2	5	3	2	7	1
3	3	7	0	2	5	3	0	4	6	2	6	2
4	4	5	1	3	5	2	3	6	1	2	4	4
5	5	3	2	4	5	1	2	4	4	3	4	3
6	3	6	1	5	5	0	5	4	1	4	6	0
7	0	4	6	1	3	6	2	5	3	1	6	3
8	3	6	1	3	5	2	4	6	0	3	6	1
9	2	5	3	2	5	3	3	5	2	4	5	1

数(10人),得到9个样品对应的综合模糊评定矩阵R1~R9。

$$\begin{aligned}
 R_1 &= \begin{bmatrix} 0.1 & 0.5 & 0.4 \\ 0.2 & 0.4 & 0.4 \\ 0.4 & 0.4 & 0.2 \\ 0.1 & 0.6 & 0.3 \end{bmatrix} & R_2 &= \begin{bmatrix} 0.3 & 0.6 & 0.1 \\ 0.3 & 0.4 & 0.3 \\ 0.2 & 0.5 & 0.3 \\ 0.2 & 0.7 & 0.1 \end{bmatrix} & R_3 &= \begin{bmatrix} 0.3 & 0.7 & 0 \\ 0.2 & 0.5 & 0.3 \\ 0 & 0.4 & 0.6 \\ 0.2 & 0.6 & 0.2 \end{bmatrix} \\
 R_4 &= \begin{bmatrix} 0.4 & 0.5 & 0.1 \\ 0.3 & 0.5 & 0.2 \\ 0.3 & 0.6 & 0.1 \\ 0.2 & 0.4 & 0.4 \end{bmatrix} & R_5 &= \begin{bmatrix} 0.5 & 0.3 & 0.2 \\ 0.4 & 0.5 & 0.1 \\ 0.2 & 0.4 & 0.4 \\ 0.3 & 0.4 & 0.3 \end{bmatrix} & R_6 &= \begin{bmatrix} 0.3 & 0.6 & 0.1 \\ 0.5 & 0.5 & 0 \\ 0.5 & 0.4 & 0.1 \\ 0.4 & 0.6 & 0 \end{bmatrix} \\
 R_7 &= \begin{bmatrix} 0.0 & 0.4 & 0.6 \\ 0.1 & 0.3 & 0.6 \\ 0.2 & 0.5 & 0.3 \\ 0.1 & 0.6 & 0.3 \end{bmatrix} & R_8 &= \begin{bmatrix} 0.3 & 0.6 & 0.1 \\ 0.3 & 0.5 & 0.2 \\ 0.4 & 0.6 & 0 \\ 0.3 & 0.6 & 0.1 \end{bmatrix} & R_9 &= \begin{bmatrix} 0.2 & 0.5 & 0.3 \\ 0.2 & 0.5 & 0.3 \\ 0.3 & 0.5 & 0.2 \\ 0.4 & 0.5 & 0.1 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

根据模糊矩阵变换原理,结合权重集 $A = \{0.18, 0.35, 0.26, 0.21\}$,综合隶属度 $Y = A \times R$,则对第*i*号样品评价结果为 $Y_i = A \times R_i$ 。以编号为1的奶茶样品为例:

$$\begin{aligned}
 Y_1 &= [0.18 \quad 0.35 \quad 0.26 \quad 0.21] \times \begin{bmatrix} 0.1 & 0.5 & 0.4 \\ 0.2 & 0.4 & 0.4 \\ 0.4 & 0.4 & 0.2 \\ 0.1 & 0.6 & 0.3 \end{bmatrix} \\
 &= [0.213 \quad 0.460 \quad 0.327]
 \end{aligned}$$

同理可得 $Y_2 \sim Y_9$ 。将各个样品的综合评判结果分别乘以其对应的分值(优秀、中等、较差依次被赋予分值100、80、60),即得每个样品的最后综合评分 T ,即: $T_i = Y_i \times V$ 。则编号为1的奶茶样品的综合评分为:

$$T_1 = [0.213 \quad 0.460 \quad 0.327] \times \begin{bmatrix} 100 \\ 80 \\ 60 \end{bmatrix} = 77.72$$

同理可得 $Y_2 \sim Y_9$,各样品的综合评分结果见表5。

由表5可知,各因素对奶茶感官品质的影响不



同,影响大小顺序为:C(减盐比例)>A(YE品种)>B(YE添加量)。通过模糊数学感官评定,最终确定咸味奶茶添加酵母抽提物的最佳工艺参数组合为 $A_2B_2C_1$ 。由此可知:添加0.4%的YE-S1,减少10%的食盐添加量时,咸味奶茶的咸度适中,风味浓厚而协调,感官品质最佳。

表5 正交试验结果及极差分析

试验号	因素			感官评分
	A	B	C	
1	1	1	1	77.72
2	1	2	2	80.62
3	1	3	3	77.26
4	2	1	2	81.98
5	2	2	3	82.14
6	2	3	1	87.98
7	3	1	3	72.98
8	3	2	1	84.34
9	3	3	2	80.72
k_1	78.53	77.56	83.35	
k_2	84.03	82.37	81.11	
k_3	79.35	81.99	77.46	
R	5.50	4.81	5.89	

2.3 减盐前后咸味奶茶钠含量的变化

表6 咸味奶茶钠含量的变化

样品	全盐	YE辅助减盐
钠含量/(mg/100 g)	283.12±1.80	250.10±0.33

在上述最优条件下,对比咸味奶茶添加YE辅助减盐前后的钠含量。由表6可知,全盐组(即纯奶茶)的钠含量为283.12 mg/100 g,而添加YE辅助减盐10%后,钠含量相应地降低了11.66%,降至250.10 mg/100 g。分析认为,基于味觉协同作用,鲜味物质可以有效提高食物潜在的咸味感官强度^[10],YE中含有丰富的鲜味物质,可以在不改变消费者接受度的前提下降低食盐的含量并降低钠含量。因此,YE作为食盐替代品对于减盐行动具有重要意义。

2.4 电子舌分析

为探究添加YE对奶茶风味品质的影响,以减盐前的纯奶茶(全盐组)为对照,对比直接减盐10%组(减盐组)和YE辅助减盐10%组(YE辅助减盐组)奶茶的风味差异,采用电子舌对咸味奶茶的滋味

特征进行评价。由图4A可知,3组奶茶样品的主成分1和主成分2贡献率分别为98.0%和1.4%,总贡献率为99.4%,大于95%,干扰较小,说明该方法有效,且能很好地反映样品的整体信息^[11],即可以代表样品滋味的主要特征,每组样品的平行测定数据均呈较小范围的三点连线,说明电子舌数据的稳定性和重复性好。图中全盐组、减盐组及YE辅助减盐组分别处于第四、第二及第三象限,且没有重叠区域,可将奶茶样品较好地地区分。由此看来,利用电子舌结合PCA对不同减盐配方下咸味奶茶滋味的测定具有可行性。

进一步分析各组奶茶的滋味特征,结果如图4B所示,不同处理组的奶茶滋味差异主要体现在苦涩味及其回味上。相较于全盐组,直接减盐10%后,奶茶的苦味、涩味及苦味回味均下降,而涩味回味上升;继续添加YE后,苦涩味及其回味均降至最低,这与刘向军等^[4]研究YE在豆浆中的应用评价结果具有一致性。另一方面,不同减盐配方奶茶的电子舌咸味和丰富度响应值差异较小,与感官评价结果不匹配,分析认为,电子舌是模仿人体味觉机制研制出来的一种智能识别电子系统,部分味觉分辨力和敏感度在一定程度上与人

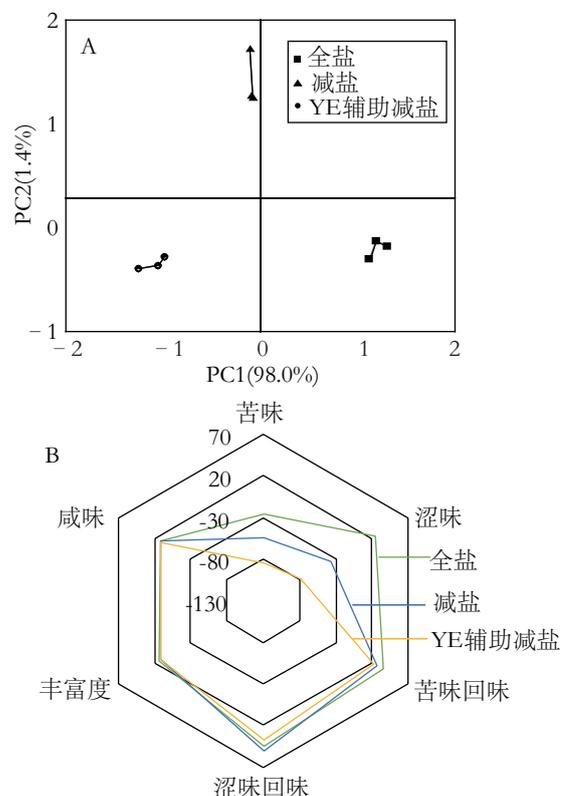


图4 咸味奶茶电子舌响应值的主成分分析图(A)及雷达图(B)

体感官仍存在差异,该分析结果在白茶风味的电子舌评价^[12]中也获得了验证。综上,电子舌分析表明,添加YE辅助减盐可以在保持奶茶原有咸度和丰富度的同时,降低红茶的苦涩味,改善奶茶风味。

2.5 电子鼻分析

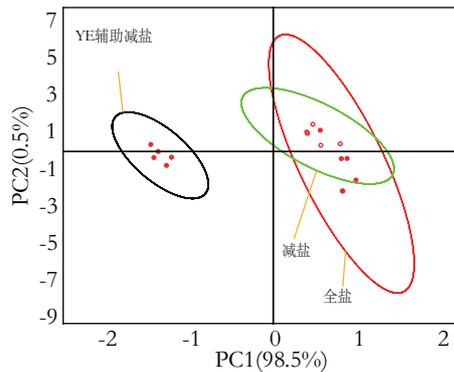


图5 咸味奶茶电子鼻响应值的主成分分析图

采用PCA对YE辅助减盐前后奶茶样品的电子鼻数据进行分析,结果如图5所示。图中PC1和PC2两成分累积贡献率达到99.0%,能反映原始数据的信息。全盐和直接减盐配方下的咸味奶茶数据大部分处于第一、四象限,在PCA图上的分布较为分散,而且它们之间的重叠区域较大,不能够得到区分,说明其挥发性风味物质有一定的共性。而添加YE辅助减盐的奶茶则与上述2组得到了明显的区分,处于第二、三象限,电子鼻可以有效区分添加YE前后的咸味奶茶,说明添加YE后奶茶的风味特征发生明显变化,因此有必要针对YE应用前后咸味奶茶的香气成分组成变化进行深入研究。

2.6 挥发性化合物分析

香气是咸味奶茶重要的品质特性,对奶茶复杂风味的诠释需要风味化合物分子层面的分析数据^[13]。YE辅助减盐前后咸味奶茶的香气成分定性和定量检测结果见表7,各类化合物的相对含量及数目统计见图6。通过SPME结合GC-MS分析咸味奶茶中的香气成分,全盐组和减盐组各鉴定出香气物质42种和41种,直接减盐前后的奶茶香气成分、种类差异不大;YE辅助减盐组中则包含52种香气物质,显著高于上述2组,主要包括酯类11种、吡嗪类11种、酸类9种、醇类7种、醛类5种、酮类3种、其他类7种。

由表7及图6A可知,直接减盐10%后奶茶中各类芳香物质含量及其总量都损失明显,直接减盐

表7 咸味奶茶挥发性物质分析

物质名称	保留指数	相对含量%			定性方法
		全盐	减盐	YE辅助减盐	
2-庚酮	1180	—	—	0.87	RI, MS
2,5-辛二酮	1319	0.62	—	—	RI, MS
2-十一酮	1599	0.77	0.57	0.47	RI, MS
2-羟基环戊烷酮	2189	—	—	0.16	RI, MS
酮类合计		1.39	0.57	1.50	
正辛醛	1287	0.65	0.59	0.46	RI, MS
壬醛	1390	3.38	2.91	2.53	RI, MS
糠醛	1467	1.74	1.68	1.77	RI, MS
癸醛	1472	0.27	0.22	—	RI, MS
苯甲醛	1512	1.55	1.49	2.54	RI, MS
5-甲基呋喃醛	1582	0.38	0.34	0.31	RI, MS
反式-2-癸烯醛	1630	0.57	0.52	—	RI, MS
醛类合计		8.53	7.74	7.60	
反式-3-己烯-1-醇	1371	1.26	—	0.99	RI, MS
芳樟醇	1554	4.71	4.73	4.49	RI, MS
辛醇	1534	0.26	0.30	—	RI, MS
3-呋喃甲醇	1684	0.78	0.77	0.89	RI, MS
香叶醇	1854	0.78	0.79	0.96	RI, MS
苯乙醇	1912	1.05	1.03	1.05	RI, MS
1-十七烷醇	2475	—	—	0.14	RI, MS
十九烷醇	2687	0.25	0.14	0.28	RI, MS
醇类合计		9.07	7.74	8.79	
乙酸叶醇酯	1320	0.61	—	0.66	RI, MS
丁酰乳酸丁酯	1733	3.55	3.95	4.29	RI, MS
丙位壬内酯	2011	1.89	1.65	1.98	RI, MS
二乙酸甘油酯		0.57	0.62	0.76	MS
丁位十一内酯	2356	3.94	3.97	4.75	RI, MS
棕榈酸甲酯	2206	0.34	0.41	0.37	RI, MS
棕榈酸异丙酯	2232	0.27	0.28	0.22	RI, MS
邻苯二甲酸二乙酯	2312	—	0.20	0.21	RI, MS
丁位十二内酯	2420	3.24	3.15	3.82	RI, MS
油酸甲酯	2472	0.47	0.42	0.80	RI, MS
亚油酸甲酯	2488	—	—	0.16	RI, MS
酯类合计		14.87	14.64	18.00	
己酸	1849	—	0.49	0.40	RI, MS
辛酸	2050	0.37	0.37	0.76	RI, MS
正癸酸	2279	1.28	1.29	2.25	RI, MS
月桂酸	2502	1.42	1.52	1.97	RI, MS
肉豆蔻酸	2684	—	—	1.91	RI, MS
十一烷酸	2407	0.54	0.61	0.62	RI, MS
十五烷酸	2819	16.86	9.48	15.32	RI, MS
硬脂酸	3136	9.19	5.50	6.72	RI, MS
9-十八碳烯酸		1.40	2.75	2.01	MS
酸类合计		31.05	21.98	31.94	
2-甲基吡嗪	1276	2.31	2.25	2.35	RI, MS
2,5-二甲基吡嗪	1348	0.76	1.54	1.58	RI, MS
2,6-二甲基吡嗪	1339	0.96	0.78	1.03	RI, MS
2-乙基吡嗪	1349	0.70	0.58	0.82	RI, MS

续表

物质名称	保留指数	相对含量/%			定性方法
		全盐	减盐	YE辅助减盐	
2,3-二甲基吡嗪	1346	—	—	0.39	RI, MS
2-乙基-5-甲基吡嗪	1376	0.98	0.82	0.90	RI, MS
2-乙基-6-甲基吡嗪	1382	—	—	0.57	RI, MS
2-乙基-3-甲基吡嗪	1397	0.99	0.87	0.96	RI, MS
2,3,5-三甲基吡嗪	1395	—	—	0.72	RI, MS
3-乙基-2,5-甲基吡嗪	1455	0.32	0.36	0.35	RI, MS
吡嗪类合计		7.00	7.19	9.65	
2-乙酰基呋喃	1500	0.97	0.80	1.18	RI, MS
3-甲基-5-丙基壬烷		—	—	0.49	MS
丁羟甲苯	1911	2.77	2.60	3.26	RI, MS
甲基麦芽酚	1943	—	—	0.44	RI, MS
乙基麦芽酚		1.17	0.98	1.55	MS
2-甲基四烷		—	—	0.18	MS
反式角鲨烯	2865	—	—	1.01	RI, MS
其他类合计		4.90	4.38	8.10	
总计		76.81	64.23	85.56	

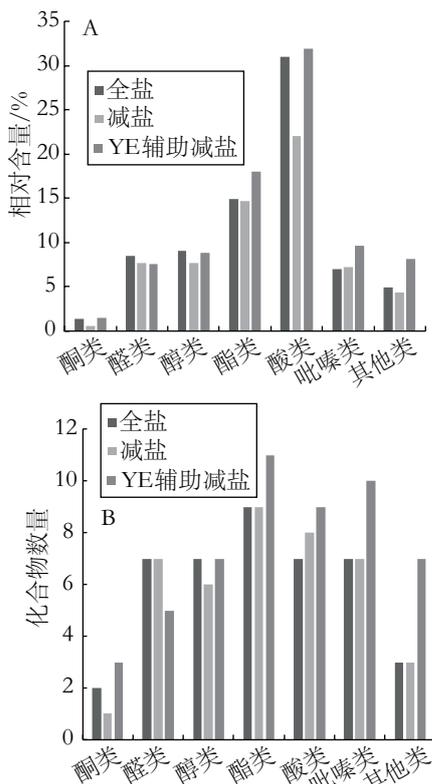


图6 奶茶中挥发性风味成分种类含量(A)和数量(B)

10%导致奶茶中的香气成分总相对含量由76.81%下降至64.23%，主要体现在酸类、酮类等物质下降显著；结合图6B可知，直接减盐对奶茶原有的香气物质种类影响较小，对各物质含量影响较大，分析认为，这可能与氯化钠对香气释放的促

进作用有关^[14]；而添加YE则能使直接减盐后奶茶中芳香成分总量恢复并超出减盐前的水平，YE协助减盐10%能使芳香成分总量由减盐前的76.81%提升至85.56%，除醛类、醇类物质相对含量略微下降外，添加YE协助减盐显著提高了酯类和吡嗪类物质的相对含量。由此可知，在最佳添加条件下，采用饮料专用型YE极大提高了奶茶中芳香成分的种类和相对含量，不仅可以全面补充直接减盐造成的芳香物质损失，而且能够明显地提升并丰富奶茶的原有风味。

在各组别咸味奶茶的挥发性物质中，酸类物质的总含量占比最高，主要是十五烷酸和硬脂酸。相较于减盐前，直接减盐导致酸类物质损失了近10%，添加YE后，酸类物质得以补充，分析认为，对于以微生物为原料的产品，酸类是很容易产生的挥发性化合物，但由于其香气阈值较高，对特征香气的贡献作用较小。咸味奶茶中的第二大类挥发性化合物是酯类，酯类也是饮料专用YE中重要的挥发性成分^[15]，直接减盐前后酯类物质相对含量变化较小，添加YE辅助减盐后其相对含量由14.64%上升至18.00%，其中，在黄油和奶油中常见的内酯类物质，如呈奶油香气的丁酰乳酸丁酯和丁位十一内酯、奶油香和果香的丁位十二内酯、椰子及杏仁香的丙位壬内酯等芳香物质含量均有所提升，丰富了奶茶的整体风味。吡嗪类物质是奶茶中重要的风味化合物^[16]，其相对含量相较于全盐组(7.00%)、直接减盐组(7.19%)略有提高，添加YE组(9.65%)含量显著提高，吡嗪类物质种类也由7种提高至10种。新增的3种物质如2,3-二甲基吡嗪(爆米花香)、2-乙基-6-甲基吡嗪(坚果香)、2,3,5-三甲基吡嗪(焙烤香)均具有较高的气味活性，并多次被报道存在于酵母自溶物中^[17]。此外，YE协助减盐后，其他吡嗪类物质如2,5-二甲基吡嗪(爆米花香，奶油香)、2-乙基吡嗪(可可香)^[18]等的相对含量均有提高，对咸味奶茶的典型香气具有促进作用。咸味奶茶中醇类物质的相对含量为7.74%~9.07%，添加YE基本弥补了直接减盐导致的醇类物质损失，这与李沛等^[19]研究YE协助酱油减盐前后风味物质的变化趋势一致。咸味奶茶中的醛类物质主要为直链醛、苯甲醛等，添加YE后，醛类物质相对含量下降，具有果香的癸醛和反式-2-癸烯醛未检出，呈甜香的糠醛及杏仁香的苯甲醛^[20]含量提高。酮类物质含量最低，仅

为0.57%~1.50%。除上述几类芳香物质之外,添加YE还赋予了咸味奶茶多种烷烃、酚类等其他物质,如常见的食品增香剂——乙基麦芽酚的相对含量明显提高,对奶茶的香味改善和增强具有显著效果。

3 结论

文章基于模糊数学评价法,通过单因素试验和正交试验优化饮料专用YE在咸味奶茶减盐中的应用添加参数,确定最佳条件为选用饮料专用YE-S1、添加量为0.4%、减盐比例为10%,在此条件下咸味奶茶的综合感官评价最高。在此基础上,将配方优化前后的咸味奶茶采用火焰原子吸收光谱法、电子鼻、电子舌以及GC-MS进行了钠含量、滋味、气味整体评价以及挥发性化合物分析。结果显示, YE辅助减盐后,咸味奶茶中的钠含量降至250.10 mg/100 g,相较于减盐前降低了11.66%。电子舌结合PCA分析表明, YE辅助减盐前后的奶茶滋味差异显著,添加YE后咸味奶茶的苦涩味及其回味大幅降低。电子鼻结合PCA可以很好地区分添加YE前后的奶茶样品,但直接减盐前后的奶茶样品不能获得有效区分。对香气成分进一步分析发现,直接减盐10%导致奶茶的香气物质总相对含量损失了12.53%,而添加饮料专用型YE协助减盐10%后,奶茶香气物质的种类和相对含量分别增加了10种和8.75%,除了醇醛类含量略微降低外,酯类、酸类、吡嗪类等其他类物质的含量均提升,提供奶油香、烘烤香、甜香等奶茶典型香气,对奶茶的香味改善和增强具有促进作用。综上所述,在奶茶中添加YE可以在一定程度上代替食盐补充咸味,同时可以全面改善奶茶的原有滋味和香气,研究结果可为YE在咸味奶茶中的应用提供借鉴。

参考文献:

- [1] 杨超·新疆古文献中的茶文化探微[J]·福建茶叶,2019,41(1):312.
- [2] 李沛,王昌禄,刘政芳,等·酵母抽提物及其在食品调味品行业中的应用[J]·中国调味品,2005,1(7):10-12,31.
- [3] 朱家森·酵母抽提物及其在食品调味品行业中的应用研究[J]·科技创新与应用,2019,1(33):165-166.
- [4] 刘向军,许琦,李凡,等·饮料专用酵母抽提物在植物饮料中的应用研究[J]·食品科技,2020,45(8):238-241.
- [5] 李维,李志刚,许琦,等·酵母抽提物提升四种果茶风味作用研究[J]·中国食品添加剂,2021,32(1):59-63.
- [6] 许琦,刘向军,沈硕,等·酵母抽提物在功能饮料中应用的可行性分析[J]·饮料工业,2020,23(3):75-77.
- [7] 钟佳娜,陈杰,孟岳成·响应面优化天然固体奶茶饮料配方的研究[J]·食品科技,2014,39(4):96-100.
- [8] 黄廷盛,唐青涛,宁初光,等·速溶固体奶茶的制作工艺研究[J]·安徽农业科学,2015,43(7):310-312.
- [9] 曹雪慧,刘丽萍·模糊综合评判在鸡肉感官评价中的应用[J]·食品科学,2012,33(8):241-243.
- [10] MOLLER P, MOJET J, KOSTER E P·Incidental and intentional flavor memory in young and older subjects[J]·Chemical Senses,2007,32(6):557-567.
- [11] 孙莹,苗榕芯,江连洲·电子鼻结合气相色谱-质谱联用技术分析贮存条件对马铃薯面包挥发性成分的影响[J]·食品科学,2019,40(2):222-228.
- [12] 潘俊娴,段玉伟,蒋玉兰,等·福鼎白茶风味的电子鼻和电子舌评价[J]·食品工业科技,2017,38(12):25-30,43.
- [13] PANG X L, YU W S, CAO C D, et al· Comparison of Potent Odorants in Raw and Ripened Pu-Erh Tea Infusions Based on Odor Activity Value Calculation and Multivariate Analysis: Understanding the Role of Pile Fermentation[J]·Journal of Agricultural and Food Chemistry,2019,67(47):13139-13149.
- [14] 冯云子·高盐稀态酱油关键香气物质的变化规律及形成机制的研究[D]·广州:华南理工大学,2015.
- [15] 许琦,刘向军,李凡,等·酵母抽提物在果汁饮料中的应用研究[J]·中国食品添加剂,2020,31(9):53-58.
- [16] 仝令君,迟雪露,张晓梅,等·HS-SPME-GC-MS技术分析黑苦荞奶茶的挥发性成分[J]·食品科学,2017,38(16):134-139.
- [17] 刘建彬,宋焕禄,李沛,等·商品化酵母抽提物中风味活性化合物的综合定量分析及其应用特性研究[J]·中国调味品,2015,40(7):1-10.
- [18] 白洁,蒋华彬,陶国琴,等·基于SPME-GC-MS和PCA分析气流膨化处理对马铃薯方便粥香气成分的影响[J]·食品科学,2020,41(14):217-224.
- [19] 李沛,李库,任达洪,等·酵母抽提物协助酱油减盐后对其风味物质的影响研究[J]·中国酿造,2019,38(12):92-96.
- [20] NI H, JIANG Q X, LIN Q, et al· Enzymatic hydrolysis and auto-isomerization during beta-glucosidase treatment improve the aroma of instant white tea infusion[J]· Food Chemistry,2021,342(2):128565.