

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2024.01.014

姚倩儒, 于忠钊, 张德鹏, 等. 应用于烘焙产品的咖啡麦芽预拌粉储藏期内的品质变化研究[J]. 粮油食品科技, 2024, 32(1): 105-112.

YAO Q R, YU Z Z, ZHANG D P, et al. Study on the quality changes of coffee malt premixed powder applied to baking products during storage[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2024, 32(1): 105-112.

# 应用于烘焙产品的咖啡麦芽预拌粉 储藏期内的品质变化研究

姚倩儒<sup>1</sup>, 于忠钊<sup>2</sup>, 张德鹏<sup>1</sup>, 张一<sup>1</sup>, 杜昱蒙<sup>1</sup>, 李慧<sup>1</sup>, 杨海莺<sup>1</sup>, 杜以俊<sup>2</sup>✉

- (1. 中粮营养健康研究院 老年营养食品研究北京市工程实验室  
营养健康与食品安全北京市重点实验室, 北京 102209;  
2. 中粮麦芽(大连)有限公司, 辽宁 大连 116200)

**摘要:** 为研究咖啡麦芽预拌粉随着储藏期延长的品质变化规律, 将咖啡麦芽预拌粉分别储存于 25 °C 和 35 °C、相对湿度为 50% 的环境中, 对其整个储藏期内水分、脂肪酸值、降落数值进行监测; 采用固相微萃取法结合气相色谱-质谱法对其储藏期内挥发性化合物进行分析。结果表明, 随着储藏期的延长, 水分整体呈下降趋势, 脂肪酸值和降落数值总体呈上升趋势, 且储藏温度越高, 变化越明显; 分析出咖啡麦芽预拌粉主要挥发性化合物 41 种, 主要包括醛类 13 种、杂环类 15 种、酯类 7 种、醇类 4 种、酮类 2 种, 其中, 醛类物质(正己醛、壬醛、反式-2-壬烯醛)的相对浓度随储藏期的延长有增加趋势。

**关键词:** 咖啡麦芽预拌粉; 品质变化; 挥发性化合物

中图分类号: TS211 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2024)01-0105-08

## Study on the Quality Changes of Coffee Malt Premixed Powder Applied to Baking Products during Storage

YAO Qian-ru<sup>1</sup>, YU Zhong-zhao<sup>2</sup>, ZHANG De-peng<sup>1</sup>, ZHANG Yi<sup>1</sup>, DU Yu-meng<sup>1</sup>,  
LI Hui<sup>1</sup>, YANG Hai-ying<sup>1</sup>, DU Yi-jun<sup>2</sup>✉

- (1. Nutrition & Health Research Institute, COFCO Corporation, Beijing Engineering Laboratory of Geriatric Nutrition & Food, Beijing Key Laboratory of Nutrition, Health & Food Safety, Beijing 102209, China;  
2. COFCO Malt (Dalian) Co., Ltd., Dalian, Liaoning 116200, China)

**Abstract:** In order to study the quality change of coffee malt premixed powder with the extension of storage period, the coffee malt premixed powder was stored at the environment where the temperature is 25 °C and 35 °C, respectively, and the relative humidity is 50% respectively. Its moisture, fatty acid value and falling value were monitored during the whole storage period. The volatile compounds were separated and identified by solid phase microextraction accompanying gas chromatography-mass spectrometry during the whole storage period. The results demonstrated that with the extension of storage period, the overall moisture

收稿日期: 2023-08-02

基金项目: 国家重点研发计划 (2022YFF1100502)

Supported by: National Key Research and Development Project of China (No. 2022YFF1100502)

作者简介: 姚倩儒, 女, 1994 年出生, 硕士, 工程师, 研究方向为食品包装材料工艺及食品保质期。E-mail: yaoqianru@cofco.com

通讯作者: 杜以俊, 男, 1972 年出生, 学士, 工程师, 研究方向为生产质量管理。E-mail: duyj@cofco.com

content shows a falling trend, while the fatty acid value and falling value show an overall rising trend. The higher the storage temperature, the more significant the change is 41 kinds of main volatile compounds of coffee malt ready mixed powder were identified. It mainly includes 13 kinds of aldehydes, 15 kinds of heterocycles, 7 kinds of esters, 4 kinds of alcohols and 2 kinds of ketones. Among them, the relative concentration of aldehydes (n-hexanal, nonanal, trans-2-nonenal) showed an increasing trend with the extension of storage period.

**Key words:** coffee malt premixed powder; quality change; volatile compounds

大麦芽(一般也指“麦芽”)是以大麦为原料,经发芽、干燥制成的发芽谷物,其作为大麦的初加工农产品,因植酸含量低且富含生物酶、氨基酸、维生素等成分,广泛应用在食品行业的各个领域。在众多种类的麦芽中,特种麦芽是指通过控制发芽程度、改变干燥条件,得到色泽丰富、风味多样,能对啤酒的色、香、味或麦汁性质起调节作用的一类麦芽制品。在轻工行业标准 QB/T1686—2008《啤酒麦芽》中,将特种麦芽分为淡色麦芽、焦香麦芽、浓色麦芽和黑色麦芽四种,对作为啤酒麦芽的特种麦芽的质量进行了技术要求和综合评价;然而在商业模式中,特种麦芽的分类则更为细致,例如结晶麦芽、巧克力麦芽、咖啡麦芽等。特种麦芽多用于啤酒酿造,能对啤酒色、香、味或酒体性质起调节作用<sup>[1-2]</sup>,此外还可用于制备特色烘焙类食品、特色饮料、糕点等<sup>[3]</sup>。

近些年,随着年轻消费者受国外饮食习惯影响及城市生活节奏的加快,中国烘焙市场处于快速发展阶段。基于烘焙行业的快速发展,预拌粉因其便利化、营养化、功能化的特点,越来越受到市场的欢迎。预拌粉能够适合工业化的连续性量产,同时因简便直接的制作方法提高了产品质量的稳定性和加工效率,大大降低了综合成本。此外,随着居民生活水平的提高,主打配料成分天然、健康的烘焙食品越来越受到人们的青睐,特种麦芽作为发芽谷物,符合天然食品原料的选择要求,麦芽粉应用于预拌粉中,在烘焙食品中可替代香精香料色素,赋予面团特征香味和色泽,使食品配料标签更清洁<sup>[4]</sup>。预拌粉中的不同配料组分因水分、脂肪等品质指标差异,在混合后会

影响成品预拌粉的货架期,而货架期是食品开发的基础,是食品在流通过程中安全性的保证<sup>[5]</sup>。特种麦芽中含有微量脂肪,被打成粉后与空气中的氧气接触面积大大增加,容易发生氧化变质,现阶段,特种麦芽粉以及添加特种麦芽粉在预拌粉中的应用及货架期内的品质影响鲜有报道。

以呈现咖啡色泽和风味的咖啡麦芽预拌粉为研究对象,研究咖啡麦芽预拌粉在储藏期内的理化品质以及挥发性化合物变化,以期对天然发芽谷物在烘焙用预拌粉中的应用研究、质量控制提供指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

咖啡麦芽预拌粉:中粮海嘉(厦门)面业有限公司。

甲醇(色谱纯):阿拉丁公司;三氯丙烷标准品(色谱纯):中国 BePure 标准品公司;正构烷烃(色谱纯):上海安谱实验科技股份有限公司;酚酞、95%乙醇、氯化钠、邻苯二甲酸氢钾(分析纯):国药集团化学试剂有限公司。

### 1.2 仪器与设备

LHS-250HC-II 恒温恒湿箱、THZ-100 恒温培养摇床:上海一恒科学仪器有限公司;GCMS-QP2020NX 气相色谱-质谱联用仪:日本岛津公司;BSA224S 分析天平(0.000 1 g):德国赛多利斯仪器公司;TDZ5 台式低速离心机:湖南赫西仪器装备有限公司;Titrette 电子滴定仪:德国普兰德 Brand 公司;FN 1700 降落数值仪:瑞典波通公司。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 咖啡麦芽预拌粉制备及储藏环境设置

##### 1.3.1.1 咖啡麦芽预拌粉制备 咖啡麦芽预拌粉

装入聚丙烯/聚乙烯 (PP/PE) 复合包装袋中热封, 每袋的规格为 1 kg。

1.3.1.2 储藏环境设置 将咖啡麦芽粉样品分为两个实验组储藏在恒温恒湿箱中。实验组 1 的温湿度设为 25 °C, 50%, 实验组 2 的温湿度设为 35 °C, 50%。实验组 1 的样品每 4 周取样一次, 实验组 2 的样品每 2 周取样一次。本研究选择 25 °C 和 35 °C 2 个相隔 10 °C 的温度, 是模拟常温和夏季温度。

### 1.3.2 水分含量的测定

样品的水分含量按照快速水分测定仪器法以及 GB 5009.3—2016 《食品安全国家标准 食品中水分的测定》进行测定。

### 1.3.3 脂肪酸值的测定

样品的脂肪酸值按照 GB/T 15684—2015 《谷物碾磨制品脂肪酸值的测定》进行测定, 结果以 mg/100 g 表示, 以 KOH 计。

### 1.3.4 降落数值的测定

样品的降落数值按照 GB/T 10361—2008 《小麦、黑麦及其面粉, 杜伦麦及其粗粒粉降落数值的测定 Hagberg-Perten 法》进行测定。

### 1.3.5 挥发性化合物分析

1.3.5.1 样品前处理方法 准确称量样品 2 g 至 20 mL 螺口顶空进样瓶, 加入 20% NaCl 溶液 4 mL 与样品混合均匀, 之后添加内标溶液三氯丙烷 (10 mg/L) 150 μL, 摇匀后超声 15 min 待测<sup>[6]</sup>。

1.3.5.2 气相色谱-质谱条件 顶空固相微萃取自动进样系统。固相微萃取纤维: Carboxen/DVB/PDMS, 50/30, 2 cm; DB-WAX 57CB 色谱柱 (60 m×0.25 mm, 0.2 μm) 或等效色谱柱。

顶空固相微萃取条件: 取准备好的顶空测试样品, 放置于顶空固相微萃取自动进样系统, 于 60 °C 恒温振荡 40 min, 使顶空挥发性化合物浓度达到平衡。插入固相微萃取纤维, 萃取 30 min 后进样, 脱附 3 min。

气相色谱-质谱仪参数: 进样口温度 250 °C, 流量 1 mL/min, 不分流模式。

程序升温条件: 45 °C 维持 3 min, 以 5 °C/min 升温至 90 °C, 以 1 °C/min 升温至 98 °C, 以 5 °C/min 升温至 167.5 °C, 以 3 °C/min 升温至 175 °C,

以 5 °C/min 升温至 200 °C, 以 15 °C/min 升温至 230 °C。

质谱条件: 离子源为电子轰击源, 设定离子源温度 230 °C, 四极杆温度 150 °C, 电子能量 70 eV, 接口温度 280 °C, 质谱扫描范围为 30~500 Da。  
1.3.5.3 挥发性化合物定性和定量分析 将正构烷烃 (C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>) 在相同色谱条件下进样分析, 按照公式 (1) 计算保留指数 (retention index, RI)。根据峰面积大小筛选分析 GC-MS 风味物质总离子流图, 自动识别信噪比 (S/N) > 200 的峰并进行匹配度筛选, 得到匹配度 > 80% 的物质, 并对样品中各物质的 RI 值进行计算。结合 NIST 14 库检索 RI 文献值, 将计算值与文献值进行对比, 两者绝对值相差 100 以内的化合物则确定为同一化合物。

$$RI = 100 \times n + 100 \times \frac{t - t_n}{t_{n+1} - t_n} \quad \text{式 (1)}$$

式中:  $n$  和  $n+1$  分别为目标物流出前后正构烷烃的碳原子数;  $t$  为目标物的保留时间;  $t_n$  和  $t_{n+1}$  为对应正构烷烃的保留时间。

按公式 (2) 进行定量分析。

$$X = \frac{V_i \times c_i}{V_S} \times I_s \div I_i \quad \text{式 (2)}$$

式中:  $X$  为试样中挥发性化合物相对含量 (mg/L);  $V_i$  为试样中入内标的体积 (mL);  $V_S$  为顶空瓶中加入样品试液的体积 (mL);  $c_i$  为内标溶液的浓度 (mg/L);  $I_i$  为内标峰面强度;  $I_s$  为挥发性化合物峰面积强度。

1.3.5.4 OAV 计算方法 气味活度值 (OAV) 是样品中挥发性香气物质的含量与其感官阈值的比值, 可以客观的表现出该香气成分对于样品整体风味物质的贡献程度, OAV > 1 的香气成分对样品的香气有显著影响, OAV 越大说明该香气物质对于样品香气的影响越大, 根据样品中风味物质的定量检测结果及各物质的香气阈值, 按公式 (3) 计算。

$$OAV = \frac{\text{挥发性化合物相对浓度}}{\text{风味化合物阈值}} \quad \text{式 (3)}$$

### 1.3.6 保质期预测

样品在不同贮存环境参数下的预测保质期通过以下公式进行。

将温差为 10 °C 的两个任意温度下的保质期

的比率定义为  $Q_{10}$ ，见式 4。

$$Q_{10} = \frac{\theta_s(T_1)}{\theta_s(T_2)} \quad \text{式 (4)}$$

式中： $Q_{10}$ ——加速破坏性实验条件下，温差为  $10\text{ }^\circ\text{C}$  的两个温度（实验温度  $T_2$  和  $T_1$ ）下的保质期的比率； $\theta_s(T_1)$ ——在  $T_1$  温度下进行加速破坏性实验得到的保质期； $\theta_s(T_2)$ ——在  $T_2$  温度下进行加速破坏性实验得到的保质期。

实际贮存环境参数下的保质期与加速破坏性实验温度下的保质期呈以下关系，见式 5。

$$\theta_s(T) = \theta_s(T') \times Q_{10}^{\Delta T_a/10} \quad \text{式 (5)}$$

式中： $\theta_s(T)$ ——实际贮存温度  $T$  下食品的保质期； $\theta_s(T')$ ——在  $T'$  温度下进行加速破坏性实验得到的保质期； $\Delta T_a$ ——较高温度 ( $T'$ ) 与实际贮存温度 ( $T$ ) 的差值 ( $T-T'$ )，单位为摄氏度 ( $^\circ\text{C}$ )。

#### 1.4 数据处理

各组实验重复 3 次，采用 Origin 8 软件进行绘图，实验数据使用 JMP16 软件和 Microsoft office excel 2013 进行处理和数据分析，以 Tukey 检验方法进行单因素方差分析，显著性阈值为 5% ( $P < 0.05$ )。

## 2 结果与分析

### 2.1 储藏期内咖啡麦芽预拌粉水分的变化

图 1 为储藏期内咖啡麦芽预拌粉水分的变化趋势。咖啡麦芽预拌粉在储藏初期的水分为 10.73%，在储藏的前 4 周（28 d），随着储藏时间的延长，不同储藏温度下的咖啡麦芽预拌粉的水分均有下降的趋势，且  $35\text{ }^\circ\text{C}$  储藏条件下的下降趋势更为明显，相较于初始水分下降幅度约为 3.4%。根据前人的研究<sup>[7]</sup>，温度对小麦粉的平衡水分和包装材料的阻湿性有影响，储藏环境的温度越高，包装材料的阻湿性能越差，内容物的平衡水分越低。在储藏 4 周后，两个温度下的样品水分均呈现上下波动。在袁建等<sup>[8]</sup>的研究中，在 55% 湿度条件下，储藏在高温环境（ $30\sim 35\text{ }^\circ\text{C}$ ）的小麦粉，比低温（ $10\sim 25\text{ }^\circ\text{C}$ ）样品的湿热交换容易进行，水分在 20~30 d 左右基本趋于稳定，本研究中样品放置 28 d 后水分不再持续下降与其相一致。许蓓蓓等<sup>[9]</sup>的研究对比了多种包装材料

储藏小麦粉的水分变化，由于包装材料具有一定的阻湿性，使部分水分留在包装袋内，袋内相对湿度增加，在  $20\text{ }^\circ\text{C}$  储藏 30 周的过程中小麦粉水分变化有波动，本研究储藏 4 周后两个温度下的样品水分均呈现上下波动与其相一致。

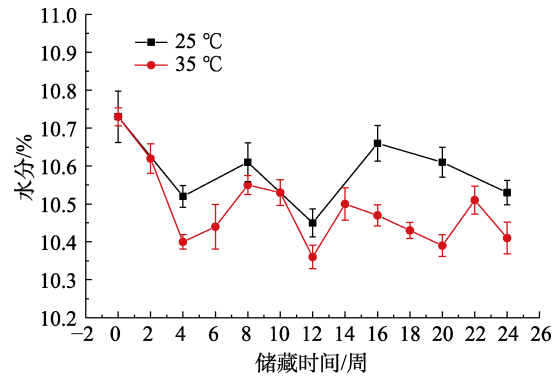


图 1 不同储藏条件下咖啡麦芽预拌粉储藏期间水分变化 ( $n=3$ )  
 Fig.1 Moisture change of coffee malt premixed powder during storage under different storage conditions ( $n=3$ )

### 2.2 储藏期内咖啡麦芽预拌粉脂肪酸值的变化

小麦中含有少量的脂类物质，多为不饱和脂肪酸，稳定性较差，在温度升高时极易发生氧化酸败。脂肪酸值与储藏谷物品质相关性密切，国内通常以脂肪酸值作为谷物品质劣变的灵敏指标，储藏预拌粉也是如此。目前我国小麦粉的 GB 1355—2021《小麦粉》中规定，脂肪酸值的标准为：中和 100 g 小麦粉（湿基）中的游离脂肪酸所需要的氢氧化钾不超过 80 mg，其测定方法为苯提取法。

图 2 为不同储藏条件下咖啡麦芽预拌粉的脂肪酸值变化趋势。从图 2 中可以看出，从储藏开始至储藏结束，咖啡麦芽预拌粉的脂肪酸值整体呈上升趋势， $35\text{ }^\circ\text{C}$  储藏条件下的脂肪酸值在第 24 周超过国家标准规定的 80 mg KOH/100 g。从储藏第 14 周开始，储藏时间对咖啡麦芽预拌粉的脂肪酸值指标影响显著，且随着储藏温度的升高，脂肪酸值增加速度逐渐变快， $35\text{ }^\circ\text{C}$  条件下的脂肪酸值整体较  $25\text{ }^\circ\text{C}$  更高。这与高玉树等<sup>[10]</sup>的研究趋势相同，面粉在不同温度下储藏 6 个月后，其脂肪酸值整体呈上升趋势，且储藏温度越高，脂肪酸值增长幅度越大。胡建蓉等<sup>[11]</sup>的研究也证明，烘干稻谷在储藏过程中脂肪酸值整体呈现上升趋势，温度越高，脂肪酸值上升越快，上升速率随

着储存时间的增加有所放缓。而在本研究中，咖啡麦芽预拌粉在储藏后期（14 周后）脂肪酸值增加速度变快，因此添加咖啡麦芽粉会加速高温下小麦粉脂肪酸值的升高。这是由于咖啡麦芽粉通过整粒麦芽碾磨得到，保留了麦芽胚和糊粉层中的脂肪酶，而在高温下，脂肪酶的活性较高，降解脂肪的能力较强，对游离脂肪酸的氧化程度更大<sup>[20]</sup>。

35 °C 储藏条件下，第 24 周咖啡麦芽预拌粉的脂肪酸值超过国家标准规定的 80 mg KOH/100 g。因此咖啡麦芽预拌粉在 35 °C 以上的储藏温度下保质期约为 22 周，基于相关 ALST（加速破坏性试验）法中  $Q_{10}$  的相关研究基础<sup>[12]</sup>， $Q_{10}$  的值一般都为 2，则咖啡麦芽预拌粉在 25 °C 常温储藏温度下保质期约为 44 周。

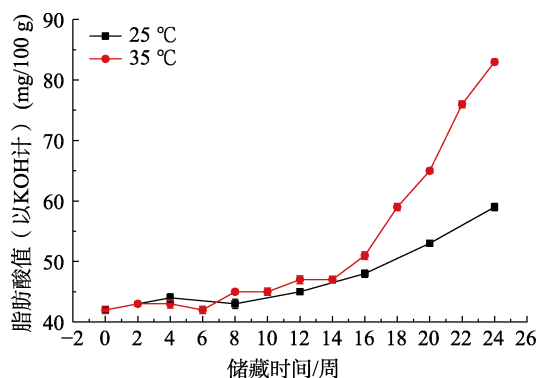


图 2 不同储藏条件下咖啡麦芽预拌粉储藏期间脂肪酸值变化 ( $n=3$ )

Fig.2 Changes of fatty acid value of coffee malt premixed powder during storage under different storage conditions ( $n=3$ )

### 2.3 储藏期内咖啡麦芽预拌粉降落数值的变化

小麦粉与水的悬浊液在沸水中会迅速糊化，而后被小麦粉中的  $\alpha$ -淀粉酶液化，使置于悬浊液中的搅拌器从一定高度下降一段距离。从放入沸水浴到下落特定距离所用时间即为小麦粉降落数值。降落数值从一定程度上反映了小麦粉中  $\alpha$ -淀粉酶活性的大小，降落数值越低表明  $\alpha$ -淀粉酶活性高，相对应的，降落数值越高则  $\alpha$ -淀粉酶活性越低<sup>[13]</sup>。

小麦粉在储藏过程中，受初始品质、储存条件等影响，其各类指标均会发生一定变化，而  $\alpha$ -淀粉酶活性在其储藏过程中会变低，从而造成降落数值变高。本研究中的咖啡麦芽预拌粉里，原料小麦粉本身降落数值很高，为 563 s，表明其  $\alpha$ -

淀粉酶活性偏低，添加了 5% 的咖啡麦芽粉后，混合咖啡麦芽预拌粉的初始降落数值降至约 460 s。由于降落数值为搅拌器下落一定距离所用的时间，咖啡麦芽预拌粉中加入的麦芽粉对其降落数值有降低效果，可能是因为麦芽粉中含有一定纤维，对面糊结构造成了影响，从而减慢了搅拌器的下落速度。在兰向东等<sup>[14]</sup>的研究中，通过硒麦芽来富硒营养强化面粉，随着硒麦芽粉添加量的增加，面粉的降落数值降低的趋势明显，本研究的现与其相同。如图 3 所示，咖啡麦芽预拌粉样品的降落数值在 35 °C 储藏条件下随时间延长而显著升高，即  $\alpha$ -淀粉酶活性显著降低。而在室温 25 °C 条件下，降落数值变化不显著，即较低的储藏温度有利于保持咖啡麦芽预拌粉的  $\alpha$ -淀粉酶活性，维持粉体品质。

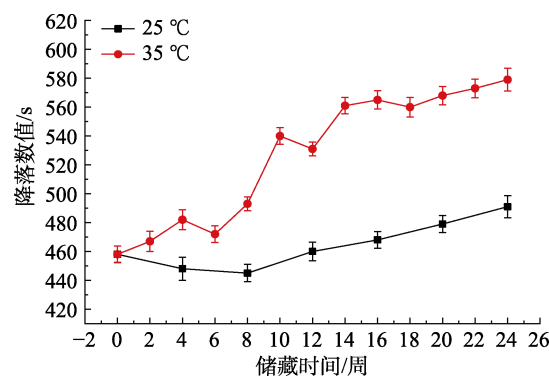


图 3 不同储藏条件下咖啡麦芽预拌粉储藏期内降落数值变化 ( $n=3$ )

Fig.3 Changes of falling number value of coffee malt premixed powder during storage under different storage conditions ( $n=3$ )

### 2.4 储藏期内咖啡麦芽预拌粉挥发性化合物分析

通过对咖啡麦芽预拌粉挥发性化合物的分析，共鉴定出 41 种特征挥发性化合物，其中醛类 13 种、杂环类 15 种、酯类 7 种、醇类 4 种、酮类 2 种，详见表 1。从表 1 中可以看出，咖啡麦芽预拌粉的特征挥发性化合物主要是醛类和杂环类。麦芽中的醛类物质可通过制麦过程中的脂肪酸氧化及美拉德反应生成，能够为麦芽预拌粉带来类似青草味、可可味、水果味等风味，同时也会有脂肪味、苦涩味等不良风味。吡嗪类物质主要是在麦芽焙焦过程中通过美拉德反应生成的，能赋予麦芽焦糖味、烘烤味、咖啡味等风味<sup>[15-16]</sup>。

OAV 值是香气物质浓度与其阈值的比值,化合物的 OAV 值大于 1,则认为该化合物对整体香气有贡献作用,且 OAV 值越大,贡献度越大。从表 1 可以得到,醛类物质对风味贡献最大,其次是醇类和酯类物质,杂环类物质由于阈值较高,OAV 值较低,对整体的风味贡献不大,因此咖啡麦芽预拌粉中的关键性风味化合物主要为醛类物质。在食品储藏期间,脂肪氧化生成的高浓度醛类物质会给食品带来油哈味,是直接影响保质期内感官品质的关键因素<sup>[17]</sup>。胥伟等<sup>[18]</sup>认为壬醛是黑毛

茶油哈味的关键风味之一。因此,选择正己醛、壬醛、反式-2-壬烯醛作为保质期内挥发性化合物变化的特征醛类。图 4 和图 5 分别表示了 25 °C 和 35 °C 储存条件下咖啡麦芽预拌粉中特征醛类相对浓度的变化趋势。在整个储藏期内,两个温度条件下样品中的醛类物质均呈上升趋势,正己醛、壬醛、反式-2-壬烯醛相对浓度的上升,一方面证实了一些醛类物质来源于脂肪氧化和降解,另一方面与理化指标脂肪酸值的变化趋势也相对应。

表 1 咖啡麦芽预拌粉特征挥发性化合物定性结果

Table 1 Qualitative results of characteristic flavor substances in coffee malt premixed powder

序号	分类	RI 值/文献值	匹配度/%	中文名称	风味	OAV 值	定性方式
1	醇类	1447/1456	94	蘑菇醇	蘑菇味、青草味	15.39	MS、RI
2		1476/1484	94	2-乙基己醇	甜味、果味	ND	MS、RI
3		1522/1552	93	芳樟醇	柑橘味、花香	5.55	MS、RI
4		1378/1359	97	正己醇	ND	0.05	MS、RI
5	醛类	1869	91	3-(2-呋喃基)-2-甲基-2-丙烯醛	辛辣味、木香味	ND	MS
6		828/812	92	异丁醛	草味、绿色麦芽味	4.14	MS、RI
7		935/896	96	2-甲基丁醛	坚果味、焦糖味	20.53	MS、RI
8		940/900	96	异戊醛	果味、干草味	7.60	MS、RI
9		1119/1078	98	正己醛	青草味、苦涩味	3.24	MS、RI
10		1408/1396	97	壬醛	果皮味、油坚果味	9.97	MS、RI
11		1457/1467	98	糠醛	坚果味、焦糖味	0.03	MS、RI
12		1502/1508	92	苯甲醛	果香坚果味	183.14	MS、RI
13		1514/1542	94	反式-2-壬烯醛	青草味、油脂味	564.30	MS、RI
14		1676/1686	82	(E,E)-2,4-壬二烯醛	坚果味、黄瓜味	6.98	MS、RI
15		1795/1821	96	反式-2,4-癸二烯醛	脂肪味、青草味	85.24	MS、RI
16		2099/2060	82	5-甲基-2-苯基-2-己烯醛	坚果味、青草味	ND	MS、RI
17		1744/1759	94	2,4-癸二烯醛	ND	17.49	MS、RI
18	酮类	1007/978	89	2-戊酮	甜味、果味	0.00	MS、RI
19		1498	85	3,5-辛二烯-2-酮	ND	ND	MS
20	酯类	844/827	97	乙酸甲酯	青草味、果香味	0.01	MS、RI
21		1017/992	97	丁酸甲酯	混合水果味	0.23	MS、RI
22		1043/1007	92	2-甲基丁酸甲酯	果香味、青草味、	ND	MS、RI
23		2237/2223	95	棕榈酸甲酯	油味、脂肪味	ND	MS、RI
24		929/908	93	丙酸甲酯	ND	0.09	MS、RI
25		1609	89	硅烷二醇二甲酯	ND	ND	MS
26		1877	97	2,2,4-三甲基戊二醇异丁酯	ND	14.35	MS
27		895/832	90	2-甲基呋喃	坚果味、咖啡味	0.00	MS、RI
28	杂环类	1292/1235	97	2-正戊基呋喃	青草味、熟焦糖味	0.10	MS、RI
29		1487/1483	96	2-乙酰基呋喃	焦糖味、烘焙食品味	ND	MS、RI
30		1573/1563	86	2-甲基苯并呋喃	烧焦味	ND	MS、RI



续表 1

序号	分类	RI 值/文献值	匹配度/%	中文名称	风味	OAV 值	定性方式
31		1362/1328	97	2,6-二甲基吡嗪	坚果味、霉味	0.01	MS、RI
32		1406/1399	87	2-乙基-5-甲基吡嗪	咖啡味	0.03	MS、RI
33		1415/1414	91	2-乙基-3-甲基吡嗪	坚果味、生油味	ND	MS、RI
34		1446/1455	95	2-乙基-3,6-二甲基吡嗪	榛子味	0.53	MS、RI
35		1334	96	2-甲基吡嗪	ND	ND	MS
36	杂环类	1401	97	2-乙基-6-甲基吡嗪	ND	ND	MS
37		1478	93	2-异丁基-3-甲基吡嗪	ND	ND	MS
38		1559/1530	94	2-(3-甲基丁基)-吡嗪	ND	ND	MS、RI
39		1597	95	2-甲基-6-(3-甲基-丁基)-吡嗪	ND	ND	MS
40		1604	93	2-丁基-3-甲基吡嗪	ND	ND	MS
41		2044/2036	94	2-吡咯甲醛	咖啡味	ND	MS、RI

注: MS: mass spectrometry, 质谱定性, RI: retention index, 保留指数定性, ND: not detected, 未检出。

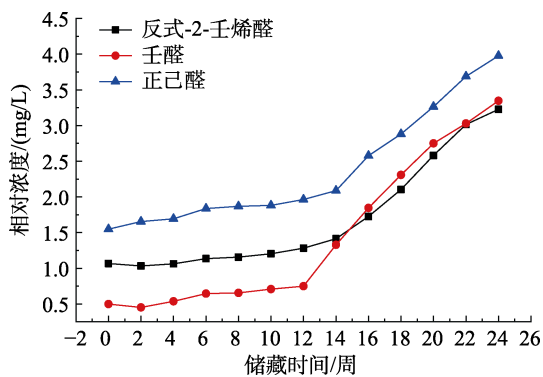


图 4 25 °C 储藏条件下咖啡麦芽预拌粉储藏期内特征醛类相对浓度变化趋势 (n=3)

Fig.4 Change trend of characteristic aldehydes relative concentration of coffee malt premixed powder during storage at 25 °C (n=3)

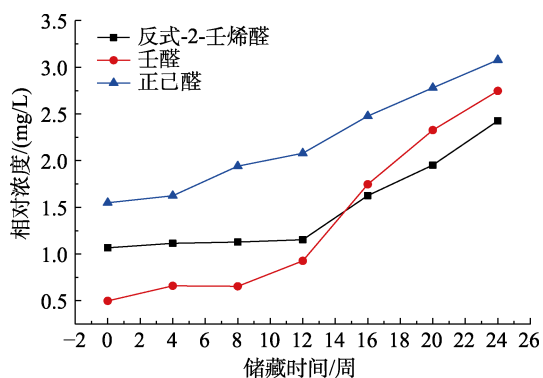


图 5 35 °C 储藏条件下咖啡麦芽预拌粉储藏期内特征醛类相对浓度变化趋势 (n=3)

Fig.5 Change trend of characteristic aldehydes relative concentration of coffee malt premixed powder during storage at 35 °C (n=3)

### 3 结论

在整个储藏期内, 随着储藏时间的延长, 咖

啡麦芽预拌粉的水分先呈下降趋势, 之后呈现上下波动。咖啡麦芽预拌粉的脂肪酸值和降落数值整体呈上升趋势, 且储藏温度越高, 变化趋势越明显。咖啡麦芽预拌粉在 35 °C 以上的储藏温度下保质期约为 22 周, 常温保质期约为 44 周。分析出咖啡麦芽预拌粉主要挥发性化合物 41 种, 主要包括醛类 13 种、杂环类 15 种、酯类 7 种、醇类 4 种、酮类 2 种。其中醛类物质 (正己醛、壬醛、反式-2-壬烯醛) 的相对浓度随储藏期的延长有增加的趋势。综上, 为了避免咖啡麦芽预拌粉在储藏期内品质下降, 应重点关注脂肪酸值的变化, 控制储藏环境温度, 同时关注正己醛、壬醛、反式-2-壬烯醛等醛类物质的相对浓度变化。

### 参考文献:

- [1] 秦奔, 张海鹏, 郑飞云, 等. 顶空固相微萃取结合气相色谱质谱-嗅闻联用技术鉴定巧克力麦芽中可可特征风味物质[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(7): 258-268.  
QIN B, ZHANG H P, ZHENG F Y, et al. Identification of cocoa characteristic flavor compounds in chocolate malt by gas chromatography-olfactometry-mass spectrometry with headspace solid phase micro-extraction[J]. Food and Fermentation Industry, 2018, 44(7): 258-268.
- [2] VANDECAN S M G, DAEMS N, SCHOUPE N, et al. Formation of flavor, color, and reducing power during the production process of dark specialty malts[J]. Journal of the American Society of Brewing Chemists, 2011, 69(3): 150-157.
- [3] WADIAH A Z A, OOI F K, CHEN C K, et al. Effects of chocolate malt drink consumption combined with aerobic dance exercise on blood bone metabolism markers, antioxidant

- enzymes and aerobic capacity in young females[J]. *Sport Exerc Med Open J*, 2015, 1(3): 71-80.
- [4] SOUZA F, VIEIRA S R, CAMPIDELLI M, et al. Impact of using cocoa bean shell powder as a substitute for wheat flour on some of chocolate cake properties[J]. *Food Chemistry*, 2022, 381(1): 132215.1-132215.10.
- [5] CAPPELLI A, CINI E. Challenges and opportunities in wheat flour, pasta, bread, and bakery product production chains: A systematic review of innovations and improvement strategies to increase sustainability, productivity, and product quality[J]. *Sustainability*, 2021, 13(5): 1-16.
- [6] 董亮. 制麦过程中麦芽风味的产生机制及外源微生物对风味的影响[D]. 无锡: 江南大学, 2013.  
DONG L. Exploring the mechanism of malt flavors formation and microbes effects on the flavors during malting process[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2013.
- [7] 周文卓, 温纪平. 研磨强度对不同系统小麦粉粒度及品质的影响[J]. *河南工业大学学报(自然科学版)*, 2021, 42(2): 56-63.  
ZHOU W Z, WEN J P. Effect of grinding strength on flour particle size and quality in different systems[J]. *Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition)*, 2021, 42(2): 56-63.
- [8] 袁建, 宋佳, 鞠兴荣, 等. 小麦粉储藏期间水分变化规律的探讨[J]. *粮食储藏*, 2009, 38(6): 39-42.  
YUAN J, SONG J, JU X R, et al. Change of moisture content in stored wheat flour[J]. *Grain Storage*, 2009, 38(6): 39-42.
- [9] 许蓓蓓, 王振涛, 王璐, 等. 包装材料对储藏小麦粉水分和脂肪酸值的影响研究[J]. *粮食储藏*, 2011, 27(2): 49-51.  
XU BB, WANG ZT, WANG L, et al. Effect of packaging materials on moisture and fatty acid value of stored wheat flour [J]. *Grain Storage*, 2011, 27(2): 49-51.
- [10] 高玉树, 杨东, 姜俊伊. 面粉储藏品质变化规律及模型研究 [J]. *粮食与油脂*, 2022, 35(7): 81-86.  
GAO Y S, YANG D, JIANG J Y. Modeling and quality changes of flour during storage[J]. *Journal of Cereals and Oils*, 2022, 35(7): 81-86.
- [11] 胡建蓉, 李理, 付丽君, 等. 烘干稻谷储藏过程中脂肪酸值变化规律研究与脂肪酸值预测模型的建立[J/OL]. *中国粮油学报*: 1-11. [2023-07-05].  
HU J R, LI L, FU L J, et al. Study on the change law and the establishment of prediction model of fatty acid value about dried rice during storage [J/OL]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*: 1-11. [2023-07-05].
- [12] 葛文华, 王宝维, 侯杰, 等. 鹅油面包的制作工艺与货架期预测的研究[J]. *食品工业科技*, 2013, 34(10): 239-242.  
GE W H, WANG B W, HOU J, et al. Research of craftsmanship of goose oil bread and predicting shelf life[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2013, 34(10): 239-242.
- [13] OGO A O, AJEKWE D J, ENENCHE D E, et al. Quality evaluation of novel biscuits made from wheat supplemented with watermelon rinds and orange pomace flour blends[J]. *Food and Nutrition Sciences*, 2021, 12(3): 332-341.
- [14] 兰向东, 赵凤奇. 富硒营养强化面粉开发与生产的研究[J]. *食品科技*, 2012, 37(10): 131-134.  
LAN X D, ZHAO F Q. Development and production of selenium- rich fortified flour[J]. *Food Science and Technology*, 2012, 37(10): 131-134.
- [15] VANDECAN S M G, SAISON D, SCHOUPE N, et al. Optimisation of specialty malt volatile analysis by headspace solid-phase microextraction in combination with gas chromatography and mass spectrometry[J]. *Analytica Chimica Acta*, 2010, 671(1): 55-60.
- [16] 郝建秦, 邵志芳, 王红霞, 等. 淡色麦芽贮存过程中水分对品质及风味影响的研究[J]. *中外酒业*, 2020, 2: 12-20.  
HAO J Q, SHAO Z F, WANG H X, et al. Study on the effect of moisture on quality and flavor during the storage of light malt [J]. *Global Alcinf*, 2020, 2: 12-20.
- [17] 陈妹. 风鸭加工过程中脂质变化及其对风味品质影响[D]. 无锡: 江南大学, 2013.  
CHEN M. Changes of lipid during processing of dry-cured duck and effect on flavor quality[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2013.
- [18] 胥伟, 姜依何, 田双红, 等. 基于 GC-MS 和 PCA 分析黑毛茶高湿霉变过程挥发性组分[J]. *食品科学*, 2019, 40(14): 198-205.  
XU W, JIANG Y H, TIAN S H, et al. Analysis of volatile compounds of mildewed raw dark tea exposed to high humidity based on GC-MS and PCA[J]. *Food Science*, 2019, 40(14): 198-205. 完
- 备注: 本文的彩色图表可从本刊官网 (<http://lyspkj.ijournal.cn>)、中国知网、万方、维普、超星等数据库下载获取。