

# 甘草提取物对乳化猪油氧化稳定性的影响 及乳化猪油在蛋糕中的应用

吕义忠<sup>1</sup>, 张玉金<sup>2</sup>, 柴秀航<sup>2</sup>, 符之勇<sup>1</sup>, 王安石<sup>3</sup>, 李志成<sup>1</sup>, 刘元法<sup>2</sup>

(1. 广州酒家集团利口福食品有限公司, 广州 511442; 2. 江南大学食品学院, 江苏 无锡 214122;

3. 广州酒家集团(湘潭)利口福食品有限公司, 湖南 湘潭 411100)

**摘要:**为促进乳化猪油在烘焙食品中的应用,分析了甘草提取物及其组分(甘草酸、光甘草定)对乳化猪油氧化稳定性的影响,同时将乳化猪油应用于蛋糕中,研究了乳化猪油的含油量对蛋糕品质的影响。结果表明:甘草提取物及其组分均能大幅延缓乳化猪油的氧化酸败,其中甘草提取物的延缓效果最显著;含有0.02%甘草提取物的乳化猪油(含油量80%)在40℃下储藏28d,其酸值、过氧化值、硫代巴比妥酸值与空白组相比分别下降了72.53%、47.45%、62.98%;含油量80%的乳化猪油制备的蛋糕的膨胀体积与含油量50%的乳化猪油制备的蛋糕相比增加了99.75%,硬度、弹性和咀嚼性分别降低了21.37%、14.58%、31.74%,但各指标均比猪油制备的蛋糕的差。综上,乳化猪油具有替代猪油应用于蛋糕制备的潜力,但仍需进一步深入探究乳化猪油组分与蛋糕中其他组分间的相互作用,进而提高蛋糕品质。

**关键词:**乳化猪油;甘草提取物;氧化稳定性;蛋糕

**中图分类号:**TS225.2; TS201.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1003-7969(2024)07-0090-06

## Effect of liquorice extract on oxidative stability of emulsified lard and use of emulsified lard in cakes

LYU Yizhong<sup>1</sup>, ZHANG Yujin<sup>2</sup>, CHAI Xiuhang<sup>2</sup>, FU Zhiyong<sup>1</sup>,  
WANG Anshi<sup>3</sup>, LI Zhicheng<sup>1</sup>, LIU Yuanfa<sup>2</sup>

(1. Guangzhou Restaurant Group Likoufu Food Co., Ltd., Guangzhou 511442, China; 2. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, Jiangsu, China; 3. Guangzhou Restaurant Group (Xiangtan) Likoufu Food Co., Ltd., Xiangtan 411100, Hunan, China)

**Abstract:** To promote the application of emulsified lard in baked goods, the effects of liquorice extract and its components (glycyrrhizic acid and glabridin) on the oxidative stability of emulsified lard were analyzed. The emulsified lard was used in cake, and the effect of fat contents in emulsified lard on the quality of cake was investigated. The results showed that liquorice extract and its components markedly inhibited the oxidation rate of emulsified lard, and liquorice extract had the most significant inhibition effect. After storage at 40℃ for 28 d, the acid value, peroxide value and thiobarbital acid value of emulsified lard (fat content 80%) containing 0.02% liquorice extract decreased by 72.53%, 47.45%

and 62.98% respectively, compared to emulsified lard without antioxidant. In addition, the expansion volume of the cake prepared with emulsified lard with 80% fat content increased by 99.75% compared to the cake prepared with emulsified lard with 50% fat content, and the hardness, elasticity and chewiness decreased by 21.37%, 14.58% and 31.74% respectively, but all indexes

收稿日期:2023-04-21;修回日期:2024-03-12

基金项目:“十四五”国家重点研发计划(2021YFD2100300);广东省重点领域研发计划项目(2022B0202010003);国家自然科学基金青年项目(32202082)

作者简介:吕义忠(1972),男,高级工程师,研究方向为食品加工与安全(E-mail)1023246725@qq.com。

通信作者:刘元法,教授,博士生导师(E-mail)yfliu@jiangnan.edu.cn。

were worse than those prepared with lard. In conclusion, emulsified lard has the potential to replace lard in cake preparation, but further investigation of the interaction between emulsified lard components and other components in cake is needed to improve the quality of cake products.

**Key words:** emulsified lard; liquorice extract; oxidative stability; cake

作为天然动物油脂,猪油不仅具有浓香的气味,而且价格低廉,其作为传统的起酥油,具有良好的起酥性,被广泛应用于糕点的生产中。然而,猪油中的不饱和脂肪酸含量较低,而过量饱和脂肪酸的摄入会增加心脑血管等慢性病发生的风险。随着人们对食品营养认知的不断提升,降低食品中的脂肪,尤其是饱和脂肪酸的摄入已然成为大众关心的健康问题。由猪油与水、乳化剂经过剪切、均质、冷却等操作制备的乳化猪油具有类似于猪油的质构<sup>[1]</sup>。乳化猪油在食品加工的应用中不仅保留了产品独特的风味和口感,而且降低了产品的脂肪含量,尤其是饱和脂肪酸含量,可为消费者提供更营养、更健康的烘焙产品<sup>[2]</sup>。

猪油中天然抗氧化成分较少,且由于水的添加,乳化猪油的氧化稳定性显著低于猪油,无法满足其在储藏、运输、消费过程中对货架期的要求,在食品中的应用受到限制。抗氧化剂的添加可以显著提高油脂的氧化稳定性<sup>[3]</sup>。2,6-二叔丁基-4-甲基苯酚(BHT)、丁基羟基茴香醚(BHA)和特丁基对苯二酚(TBHQ)等合成抗氧化剂因价格低且抗氧化效果好而被广泛使用,但研究表明,合成抗氧化剂可能是某些慢性疾病发展的诱因,其安全性饱受争议<sup>[4]</sup>。随着天然产物研究的不断深入,具有抗氧化能力的天然提取物被不断发掘,部分天然抗氧化剂在油脂中表现出较高的抗氧化活性<sup>[5]</sup>。甘草提取物是一种天然、高效的抗氧化剂,其主要组分包括甘草酸、光甘草定、甘草次酸、甘草素,研究表明甘草提取物的抗氧化能力高于生育酚,因此可以应用于食品中,以延长食品的保质期<sup>[6]</sup>,但是甘草提取物在食品中的应用比较少<sup>[7]</sup>。乳化猪油具有比猪油更强的亲水性,对面团物性和烘焙产品品质有较大的影响<sup>[8]</sup>。研究乳化猪油和猪油在烘焙产品应用方面的差异可以促进其开发利用。

本文以BHT和没食子酸为对照,研究了甘草提取物及其组分对乳化猪油氧化稳定性的影响;同时,分析了不同含油量的乳化猪油在蛋糕中的应用,明晰乳化猪油中含油量对蛋糕品质的影响,以为乳化猪油在烘焙产品中的应用提供理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

#### 1.1.1 原料与试剂

猪油,无锡天鹏食品有限公司;单甘酯,张家港中鼎添加剂有限公司;浓缩乳清蛋白(WPC),美国Hilmar公司;大豆卵磷脂,益海嘉里公司;2,6-二叔丁基-4-甲基苯酚(BHT)、没食子酸(GA)、甘草酸(GLA)、光甘草定(G)、甘草提取物(LE)、DPPH、5,5-二甲基吡咯啉氮氧化物(DMPO),百灵威试剂公司;其他化学试剂均为分析纯;蛋糕原料购自无锡市京沪时代便民超市,均为食品级。

#### 1.1.2 仪器与设备

DHR-3流变仪,美国沃特世公司;高压均质机,日本ATS有限公司;QUANTA-200扫描电子显微镜,荷兰FEI公司,TA·XT2i物性测试仪,英国Stable Microsystems公司;ED23烘箱,德国Binder公司;HH-2数显型恒温水浴锅,金坛市精达仪器制造厂。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 乳化猪油的制备

将猪油与水混合(总质量100g),加入1.5g单甘酯、0.4g大豆卵磷脂、2gWPC,混合均匀,置于70℃水浴中搅拌30min,10000r/min高速剪切3min,然后于30MPa下高压均质,将样品迅速转移至冰水浴中,缓慢搅拌至呈固体状,得到乳化猪油,储藏于-20℃备用。

#### 1.2.2 乳化猪油加速氧化储藏试验

设定乳化猪油含油量80%(以猪油和水总质量计),按1.2.1方法,在70℃水浴搅拌过程中按0.02%的添加量分别加入抗氧化剂BHT、GA、GLA、G、LE,制备得到含有不同抗氧化剂的乳化猪油。将含有不同抗氧化剂的乳化猪油放置在(40.0±0.5)℃的烘箱中进行加速氧化储藏试验,在储藏时间为0、7、14、21、28d时取样,并测定其酸值、过氧化值和硫代巴比妥酸值(TBARS)。

#### 1.2.3 乳化猪油氧化稳定性的测定

##### 1.2.3.1 氧化指标

过氧化值的测定依据GB 5009.227—2016《食品安全国家标准 食品中过氧化值的测定》;酸值的

测定依据 GB/T 5530—2005《动植物油脂 酸值和酸度测定》；硫代巴比妥酸值的测定依据 GB/T 35252—2017《动植物油脂 2-硫代巴比妥酸值的测定》。

### 1.2.3.2 货架期

在常规的化学反应体系中,在一定的温度范围内,体系温度每上升 10℃,反应速度升高 1 倍,相应货架期会缩短至原来的 1/2,因此根据 Arrhenius 经验公式计算可知 40℃ 条件下储藏 1 d 相当于 0℃ 储藏 16 d<sup>[9]</sup>。根据加速氧化储藏试验测定的乳化猪油过氧化值达到 6 mmol/kg 的时间计算 0℃ 下的货架期<sup>[10]</sup>。

### 1.2.4 蛋糕的制作

首先,称取 100 g 含油量 50% 乳化猪油/80% 乳化猪油/猪油、94 g 绵砂糖于搅拌机中慢速搅拌均匀,再迅速搅打至乳白色。其次,称取 100 g 蛋液,沿着一个方向缓慢加入搅拌机中,并搅拌均匀。再次,称取 112.5 g 过筛面粉,加入搅拌机中,快速搅打形成蛋糕面糊。最后,在蛋糕模具表面刷一层油脂,将打发的蛋糕面糊倒入模具中,蛋糕面糊高度为模具高度的 60%,立即放入烤箱(上、下层温度均为 165℃)烘烤 40~45 min,得到蛋糕。

### 1.2.5 蛋糕品质的测定

#### 1.2.5.1 蛋糕面糊流变学特性

参考 Meeus 等<sup>[11]</sup>的方法并略作修改,测定蛋糕面糊的流变学特性。将样品置于室温下静置 15 min,然后采用流变仪进行测定。测试前,将样品置于平板(直径为 40 mm)表面静置 3 min,测试时探头与平板间的间距为 1 mm,温度为 25℃。线性黏弹区的测定在其应变小于或等于 0.10% 的范围内进行。

#### 1.2.5.2 蛋糕理化特性

水分含量参考 GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》中的直接干燥法进行测定;膨胀体积为烘焙前后蛋糕的体积差;比容为蛋糕体积与其质量的比值;质量损失为烘焙前的面团与烘焙后的蛋糕质量差值。

#### 1.2.5.3 蛋糕质构特性

参考 Lai 等<sup>[12]</sup>的方法并略作修改,测定蛋糕的质构特性。取冷却至室温的蛋糕并切割成厚度约 25 mm 的薄片,采用质构仪在 TPA 模式下测定其硬度、咀嚼性、弹性、黏性和恢复力。

#### 1.2.5.4 蛋糕微观结构的观察

将蛋糕在 -80℃ 冰箱中预冻 24 h,真空冷冻干燥 24 h,研磨成粉。将冻干粉末进行镀金处理,使用

扫描电子显微镜对其微观结构进行观察并拍照<sup>[13]</sup>。

### 1.2.6 数据处理

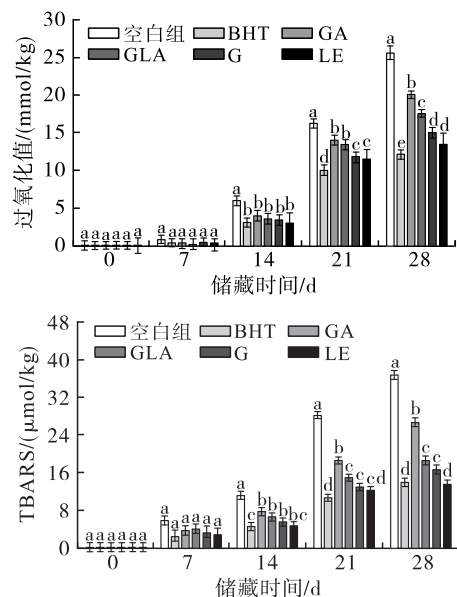
所有试验均重复 3 次,结果表示为“平均值 ± 标准偏差”,使用 SPSS 19.0 软件进行显著性差异分析( $p < 0.05$ ),用 Origin 软件作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 甘草提取物及其组分对乳化猪油氧化稳定性的影响

#### 2.1.1 对氧化指标的影响

随着储藏时间的延长,暴露在光、氧气中的油脂发生氧化,甘油三酯分子氧化生成初级氧化产物和次级氧化产物。其中,过氧化值是反映初级氧化产物过氧化物含量的指标,硫代巴比妥酸值是反映油脂氧化产生的小分子醛类化合物含量的指标,而酸值是反映油脂中羧酸根离子浓度的指标<sup>[14]</sup>。甘草提取物及其组分对乳化猪油储藏过程中过氧化值、硫代巴比妥酸值的影响见图 1。甘草提取物及其组分对乳化猪油储藏过程中酸值的影响见表 1。



注:不同字母表示相同储藏时间下具有显著差异( $p < 0.05$ )

图 1 甘草提取物及其组分对乳化猪油储藏过程中过氧化值、硫代巴比妥酸值的影响

表 1 甘草提取物及其组分对乳化猪油储藏过程中酸值的影响

抗氧化剂	酸值(KOH)/(mg/g)	
	0 d	28 d
空白组	0.57 ± 0.11 <sup>a</sup>	5.06 ± 0.06 <sup>f</sup>
GA	0.57 ± 0.11 <sup>a</sup>	2.90 ± 0.09 <sup>e</sup>
GLA	0.57 ± 0.09 <sup>a</sup>	2.10 ± 0.07 <sup>d</sup>
G	0.57 ± 0.09 <sup>a</sup>	1.62 ± 0.11 <sup>c</sup>
LE	0.56 ± 0.06 <sup>a</sup>	1.39 ± 0.11 <sup>b</sup>
BHT	0.57 ± 0.11 <sup>a</sup>	1.18 ± 0.06 <sup>a</sup>

注:同列肩标不同字母表示差异显著( $p < 0.05$ )

由图1可知,乳化猪油的过氧化值、硫代巴比妥酸值均随着储藏时间的延长而增加。与空白组相比,添加抗氧化剂的乳化猪油氧化速率显著降低,但不同种类的抗氧化剂对乳化猪油的抗氧化作用存在差异。合成抗氧化剂BHT的抗氧化能力最强,其次是LE,之后依次为G、GLA、GA。储藏28 d时,添加LE乳化猪油的过氧化值为13.40 mmol/kg。由表1可知,储藏28 d时,添加BHT和LE乳化猪油的酸值(KOH)分别为1.18、1.39 mg/g,显著低于空白组(5.06 mg/g)、GA组(2.90 mg/g)、GLA组(2.10 mg/g)、G组(1.62 mg/g)。含有0.02% LE的乳化猪油在(40.0 ± 0.5)℃条件下储藏28 d,其酸值、过氧化值、硫代巴比妥酸值与空白组相比分别下降了72.53%、47.45%、62.98%。以上结果表明,LE对延缓储藏过程中乳化猪油的氧化作用效果显著,与BHT效果较为接近。

### 2.1.2 对货架期的影响

甘草提取物及其组分对乳化猪油0℃下货架期的影响见图2。

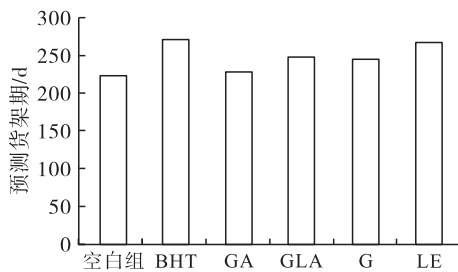


图2 甘草提取物及其组分对乳化猪油货架期的影响

由图2可知,0℃时,不添加抗氧化剂的乳化猪油预测货架期为224.0 d,当添加不同的抗氧化剂后,乳化猪油货架期得到不同程度的延长,甘草提取物将乳化猪油货架期延长至267.2 d,极大提高了其氧化稳定性,在4种天然提取物中效果最佳,货架期接近添加BHT乳化猪油的。研究表明甘草提取物具有亲水亲油的特性,可以分布于乳液的水相、油相和界面处,因而比其单一组分具有更强的油脂氧化抑制能力<sup>[1]</sup>。

## 2.2 乳化猪油在蛋糕中的应用

### 2.2.1 蛋糕面糊的流变学特性

面糊烘烤过程发生蠕变,体积逐渐增加,面糊的流变学特性可作为预测蛋糕品质的方法之一。乳化猪油对蛋糕面糊表观黏度的影响如图3所示。乳化猪油对蛋糕面糊黏弹性的影响如图4所示。

由图3可知,蛋糕面糊的表观黏度均随着剪切速率的增加逐渐降低,为假塑性流体<sup>[15]</sup>。随着乳化

猪油中含油量的降低,面糊表观黏度逐渐降低。储能模量( $G'$ )反映了面糊储存变形的能力,而耗能模量( $G''$ )反映了物质抵抗流动所消耗的变形能力<sup>[16]</sup>。由图4可知,猪油制备的面糊的储能模量和耗能模量均显著高于乳化猪油的,含油量50%的乳化猪油制备的面糊的储能模量和耗能模量最低。

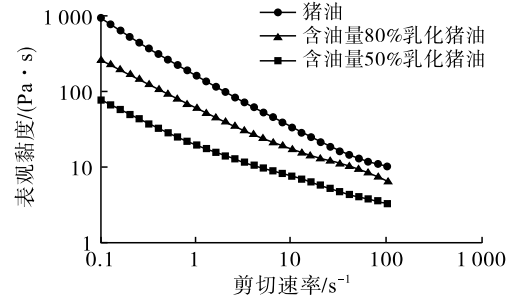


图3 乳化猪油对蛋糕面糊表观黏度的影响

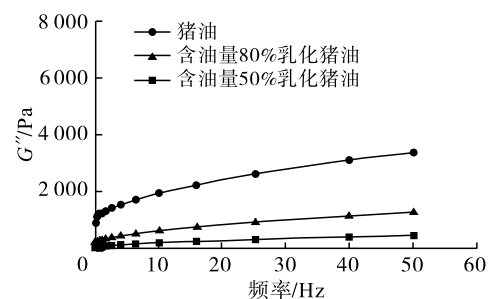
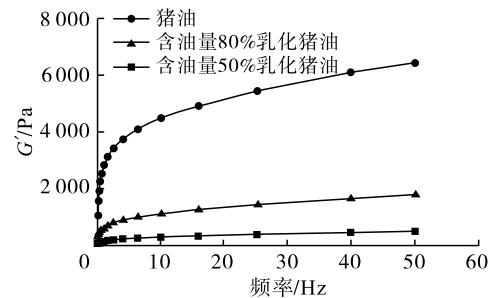


图4 乳化猪油对蛋糕面糊黏弹性的影响

### 2.2.2 蛋糕理化特性

乳化猪油对蛋糕理化特性的影响见图5。

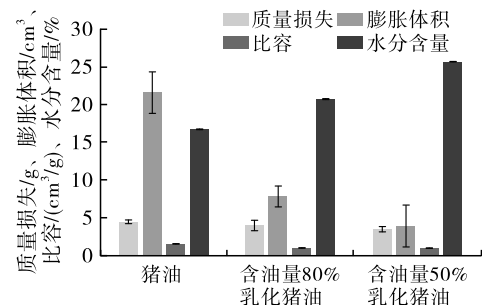


图5 乳化猪油对蛋糕理化特性的影响

蛋糕比容是通过客观量化的方法反映面糊烘烤过程中体积膨胀度和保持稳定能力的指标<sup>[17]</sup>。由图5可知,猪油制备的蛋糕的比容为1.53 cm<sup>3</sup>/g,高

于含油量 80% 和含油量 50% 乳化猪油制备的蛋糕的比容。水分随着烘烤温度的升高受热蒸发,形成水蒸气聚集区并逐渐膨胀,蛋糕体积增大,蛋糕内部形成数量众多的气孔结构。猪油制备的蛋糕气孔分布均匀,品质均一。含油量 80% 的乳化猪油制备的蛋糕气孔分布均匀,其膨胀体积比含油量 50% 的乳

化猪油制备的蛋糕增加了 99.75%。烘烤前后,猪油和乳化猪油制备的蛋糕的质量损失相差不多。

### 2.2.3 蛋糕的质构特性

不同含油量的蛋糕面糊在热处理过程中发生复杂的化学反应,形成了蛋糕独特的质构。乳化猪油对蛋糕质构特性的影响见图 6。

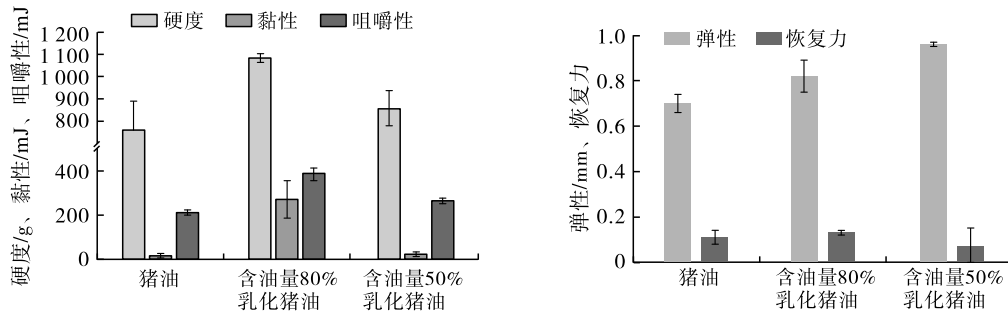


图 6 乳化猪油对蛋糕质构特性的影响

由图 6 可知,含油量 80% 的乳化猪油制备的蛋糕的硬度、弹性、咀嚼性比猪油制备的蛋糕分别增加了 7.56%、17.14%、24.44%,比含油量 50% 的乳化猪油制备的蛋糕分别降低了 21.37%、14.58%、31.74%。含油量 50% 的乳化猪油制备的蛋糕的黏性显著大于含油量 80% 的乳化猪油和猪油制备的蛋糕,可能是由于蛋糕中的水分含量较大所致。猪油和乳化猪油制备的蛋糕的恢复力没有显著差

异。研究表明,硬度、黏性以及咀嚼性与蛋糕品质呈负相关,即硬度、黏性或咀嚼性越大,蛋糕的松软度越差,口感越差<sup>[18]</sup>。含油量 80% 的乳化猪油制备的蛋糕品质高于含油量 50% 的乳化猪油制备的蛋糕。

### 2.2.4 蛋糕的微观结构

图 7 是不同含油量乳化猪油制备的蛋糕的电镜图。

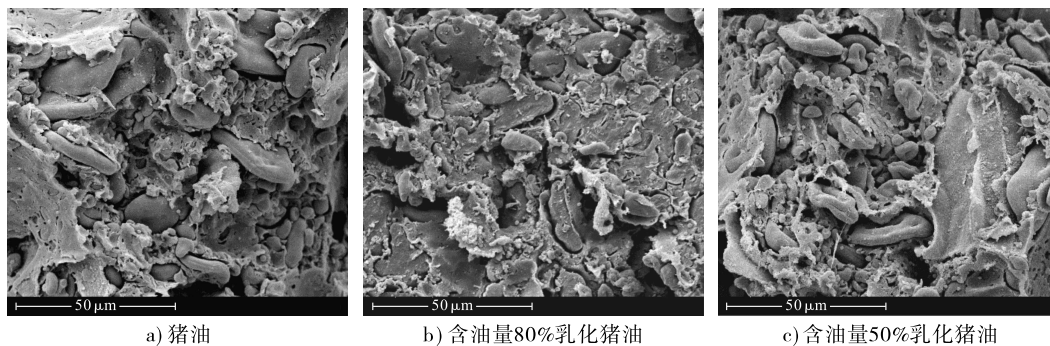


图 7 乳化猪油制备的蛋糕的电镜图(1 200 倍)

由图 7 可知,含油量 80% 的乳化猪油制备的蛋糕具有完整而紧密的网络结构,这与其较小的硬度、弹性和咀嚼性有关。和面时,麦谷蛋白水合形成面团网络的骨架结构,麦醇溶蛋白黏附在其表面,淀粉颗粒填充在网络结构中。随着含油量降低,面团中水分含量增加,进而形成了致密的网络结构,但水分含量过高时,面筋蛋白的连续性在机械力的作用下被破坏,被包裹的淀粉颗粒逐渐暴露于表面,导致致密的网络结构被破坏。

## 3 结论

甘草提取物及其组分对乳化猪油氧化稳定性的影响不同。40℃下储藏 28 d 时,添加甘草提取物的

乳化猪油的酸值(KOH)、过氧化值分别为 1.39 mg/g、13.40 mmol/kg,显著低于添加光甘草定、甘草酸、没食子酸的。甘草提取物可将含油量 80% 的乳化猪油 0℃下的货架期从 224.0 d 延长至 267.2 d。乳化猪油中含油量的降低使面团的储能模量、耗能模量和表观黏度降低。含油量 80% 的乳化猪油制备的蛋糕比含油量 50% 的乳化猪油制备的蛋糕具有更低的硬度、弹性、黏性、咀嚼性,更大的膨胀体积和更加均一的气孔分布。乳化猪油中的油脂会显著影响蛋糕中的蛋白质的热聚集和淀粉颗粒的分布。不同含油量的乳化猪油制备的蛋糕品质与猪油制备的蛋糕品质有差异,其中含油量 80% 的乳化猪油制

备的蛋糕品质与猪油制备的蛋糕品质较为接近。后续仍需进一步探究乳化猪油组分与蛋糕中其他组分间的相互作用规律,进而提高蛋糕品质。

#### 参考文献:

- [1] 许笑男. 不同水分含量的乳清蛋白乳化猪油性质及应用的研究[D]. 江苏 无锡: 江南大学, 2017.
- [2] BERNÁ G, ROMERO - GOMEZ M. The role of nutrition in non - alcoholic fatty liver disease: Pathophysiology and management[J]. *Liver Int*, 2020, 40(Suppl 1): 102 - 108.
- [3] CHEN J, LI D, TANG G, et al. Thermal - oxidation stability of soybean germ phytosterols in different lipid matrixes[J/OL]. *Molecules*, 2020, 25(18): 4079[2023 - 04 - 21]. <https://doi.org/10.3390/molecules25184079>.
- [4] LI J, BI Y, YANG H, et al. Antioxidative properties and interconversion of *tert* - butylhydroquinone and *tert* - butylquinone in soybean oils [J]. *J Agric Food Chem*, 2017, 65(48): 10598 - 10603.
- [5] THANARUENIN P, SUTTHASUPA S, KANHA N, et al. Antioxidation effect of alginate beads containing thyme, rosemary or geranium essential oils in lard and coconut oil [J]. *Int J Food Sci Tech*, 2023, 58(2): 898 - 906.
- [6] 潘东升. 甘草提取物对精炼植物油抗氧化作用研究[J]. *粮食与油脂*, 2022, 35(11): 65 - 68.
- [7] ALI SHABKHIZ M, KHALIL PIROUZIFARD M, PIRSA S, et al. Alginate hydrogel beads containing *Thymus daenensis* essential oils/glycyrrhizic acid loaded in  $\beta$  - cyclodextrin. Investigation of structural, antioxidant/antimicrobial properties and release assessment[J/OL]. *J Mol Liq*, 2021, 344: 117738[2023 - 04 - 21]. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2021.117738>.
- [8] CULETU A, STOICA - GUZUN A, DUTA D E. Impact of fat types on the rheological and textural properties of gluten - free oat dough and cookie[J]. *Int J Food Sci Tech*, 2021, 56(1): 126 - 137.
- [9] 张丽. 核桃油脂提取及其稳定性的研究[D]. 新疆 石河子: 石河子大学, 2012.
- [10] 毕艳兰. 油脂化学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [11] MEEUS Y, JANSSEN F, WOUTERS A G B, et al. The role of arabinoxylan in determining the non - linear and linear rheology of bread doughs made from blends of wheat (*Triticum aestivum* L.) and rye (*Secale cereale* L.) flour [J/OL]. *Food Hydrocolloid*, 2021, 120: 106990[2023 - 04 - 21]. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106990>.
- [12] LAI K C, TSAI F J, WANG J H, et al. Texturing of the back reflector for light trapping enhancement in micromorph thin film solar cells[J]. *Thin Solid Films*, 2011, 519(11): 3946 - 3949.
- [13] SAKUDA Y, ASAHINA S, TOGASHI T, et al. Investigation of the image contrast in an ultra - low voltage scanning electron microscope using an auger electron spectrometer[J]. *Microsc Microanal*, 2020, 26(4): 758 - 767.
- [14] SUN X, ZHANG B, HAN J, et al. Effect of roasting temperature and time on volatile compounds, total tocopherols, and fatty acids of flaxseed oil[J]. *J Food Sci*, 2022, 87(4): 1624 - 1638.
- [15] WANG Y, SELOMULYA C. Food rheology applications of large amplitude oscillation shear (LAOS) [J]. *Trends Food Sci Tech*, 2022, 127: 221 - 244.
- [16] DILER G, LE - BAIL A, CHEVALLIER S. Salt reduction in sheeted dough: A successful technological approach[J]. *Food Res Int*, 2016, 88(Pt A): 10 - 15.
- [17] ENCINA - ZELADA C R, CADAVEZ V, MONTEIRO F, et al. Combined effect of xanthan gum and water content on physicochemical and textural properties of gluten - free batter and bread[J]. *Food Res Int*, 2018, 111: 544 - 555.
- [18] PEH J X, LIM W, THA GOH K K, et al. Correlation between instrumental and sensory properties of texture - modified carrot puree[J]. *J Texture Stud*, 2022, 53(1): 72 - 80.