

油脂添加量对面团及其发酵特性的影响

梁永霞¹ 罗文芸¹ 黄泽宇¹ 曾子聪^{1,2} 黎冬明^{1,2}

(1. 江西农业大学食品科学与工程学院, 江西 南昌 330045;

2. 江西省发改委农产品加工与安全控制工程实验室, 江西 南昌 330045)

摘要: [目的] 研究油脂添加量对不同品质面粉面团特性的影响。[方法] 以山茶油、黄油为原料, 按不同比例 (山茶油、黄油质量分数分别为 0%, 1%, 2%, 3%, 4%) 加入面粉中, 以未添加油脂的为对照组, 利用粉质仪、黏度分析仪、流变仪等分析面团特性。[结果] 与对照组相比, 当油脂添加量为 4% 时, 面团的吸水率和湿面筋含量显著降低 ($P < 0.05$), 面团的糊化特性和拉伸特性显著改变 ($P < 0.05$); 当油脂添加量为 3% 时, 面团的形成时间、稳定时间无明显变化, 而面团的发酵效果改善明显。[结论] 添加油脂有利于面筋网络形成及稳定, 增强了面团稳定性, 延缓了面团老化, 明显改善了面团特性, 且效果优于黄油组。

关键词: 山茶油; 黄油; 面团; 面团特性

Effects of oil content on dough and fermentation characteristics

LIANG Yongxia¹ LUO Wenyun¹ HUANG Zeyu¹ ZENG Zicong^{1,2} LI Dongming^{1,2}

(1. College of Food Science and Engineering, Jiangxi Agricultural University, Nanchang, Jiangxi 330045, China;

2. Engineering Laboratory for Agroprocessing and Safety Control of Jiangxi, Development and Reform Commission, Nanchang, Jiangxi 330045, China)

Abstract: [Objective] To investigate the influence of oil content on the characteristics of dough made of flour with different qualities. [Methods] Camellia oil and butter are used as raw materials, and incorporated into flour at different proportions (mass fractions of 0%, 1%, 2%, 3%, and 4%, respectively). The control group consists of flour without oil added. The properties of the dough are analyzed using the farinograph, viscosity analyzer, rheometer, and other instruments. [Results] Compared with the control group, the water absorption capacity and wet gluten content of the dough significantly decrease ($P < 0.05$), and the pasting and tensile properties of the dough are markedly altered ($P < 0.05$) when the oil content reaches 4%. When the oil content is 3%, there is no significant change in the formation time or stabilization time of the dough, while the fermentation performance of the dough is notably enhanced. [Conclusion] The addition of oil facilitates the formation and stabilization of the gluten network, enhances the stability of the dough, delays its aging process, and significantly improves its properties. These effects are more pronounced compared to those observed in the butter-supplemented group.

Keywords: camellia oil; butter; dough; dough characteristics

油脂常常被作为烘焙面制品的原料之一, 对烘焙面制品的结构、质地及风味有较大影响^[1]。油脂不仅能为人提供能量及营养物质, 还能赋予食品特殊的香气^[2]。

山茶油是一种优质的植物油, 含有丰富的不饱和脂肪酸^[3], 以及角鲨烯^[4]、维生素^[5]、植物甾醇^[6]等活性物质,

具有抗炎抑菌、抗氧化、预防及调节心血管疾病等功效, 常被用于食品、护肤品及保健品等领域^[7]。黄油中富含多种脂肪酸, 主要有豆蔻酸、棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸等不同链长程度的脂肪酸^[8], 还含有蛋白质、核黄素、胆固醇等多种营养物质^[9], 带有浓郁的乳脂香, 给人体提供能

基金项目: 江西省教育厅科技技术研究项目 (编号: 190195)

通信作者: 黎冬明 (1978—), 男, 江西农业大学副教授, 博士。E-mail: lidongming@jxau.edu.cn

收稿日期: 2024-10-30 改回日期: 2025-03-30

引用格式: 梁永霞, 罗文芸, 黄泽宇, 等. 油脂添加量对面团及其发酵特性的影响[J]. 食品与机械, 2025, 41(5): 50-57.

Citation: LIANG Yongxia, LUO Wenyun, HUANG Zeyu, et al. Effects of oil content on dough and fermentation characteristics[J]. Food & Machinery, 2025, 41(5): 50-57.

量的同时还能满足人体对营养物质的需求,常被用于面包、饼干、蛋糕等烘焙领域。

面粉中含有占比约为1%的脂类,其存在对面粉品质及面制品品质起到不可或缺的作用^[10]。油脂种类较多,其组成及特性也不一,不同种类的油脂对面粉品质及面团特性的作用存在差异。

目前,有关山茶油的研究主要集中于对山茶油组成成分、功效及贮藏品质特性的研究,而有关将山茶油加入到面粉中并分析其对面团特性的影响研究较少。研究拟通过粉质仪、质构仪、黏度仪、流变仪等测定山茶油添加量对面团特性的影响,并与黄油组进行对比,以期对山茶油在面条、饼干、速冻面食及面团制品加工领域中的应用提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

1.1.1 材料

五得利三星级面粉、五得利六星级面粉:市售;
牧恩黄油:内蒙古伊利实业集团股份有限公司;
高活性干酵母:安琪酵母股份有限公司;
山茶油:江西省金峰生态农林发展有限公司。

1.1.2 主要仪器设备

粉质仪:Farinograph-E型,德国Brabender公司;
快速黏度分析仪:RVA-4型,澳大利亚Mewport公司;
小型多功能和面机:KM-912A型,深圳市康佳智能电器科技有限公司;

质构仪:TA-XT Plus型,英国SMC公司;

流变仪:DHR型,美国TA公司;

pH计:FE-28型,上海锐析仪器设备有限公司;

拉伸仪:TA-XT Plus型,英国SMC公司;

电子分析天平:FA224型,上海舜宇恒平科学仪器有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 样品制备 在不同品质的五得利面粉(三星级、六星级)中分别添加面粉质量分数为0%,1%,2%,3%,4%的山茶油和黄油,加入适量水搅拌成不粘手的面团,备用。

1.2.2 面粉粉质特性测定 根据GB/T 14614—2019。

1.2.3 面团湿面筋含量测定 根据GB/T 5506.1—2008,按式(1)、式(2)计算湿面筋含量。

$$W = \frac{W_1 + W_2 + W_3}{3}, \quad (1)$$

$$G = \frac{W}{30} \times 100\%, \quad (2)$$

式中:

W ——湿面筋的平均质量,g;

W_1 ——第1次测量湿面筋的质量,g;

W_2 ——第2次测量湿面筋的质量,g;

W_3 ——第3次测量湿面筋的质量,g;

G ——湿面筋含量,%。

1.2.4 面团发酵体积及pH值测定 参照马启昱等^[11]的方法并稍作修改。称取40 g面粉(六星级、三星级),加入0.85%(以小麦粉总质量为100%计)酵母和35%水,分别添加0.4,0.8,1.2,1.6 g的山茶油和黄油,混匀,揉至面团表面光滑且不粘手,以空白组为对照组。精确称取20 g制好的面团样品于50 mL量筒中,使用玻璃棒将面团铺平至量筒17 mL处,记录此时的面团体积,将铺好面团的量筒放入35℃、75%相对湿度的醒发箱中醒发30 min,记录面团体积;同时,称取90 g面团,每份15 g,6份同种发酵环境下进行醒发,每隔30 min取出一份溶于80 mL蒸馏水中,待面团完全溶解后使用pH计测量发酵面团溶解液的pH值,每组测定3次取平均值。

1.2.5 面粉糊化特性测定 根据GB/T 24853—2010。

1.2.6 面团拉伸特性测定 参照王静^[12]的方法并稍加修改。精确称取80 g制好的面团并用保鲜膜覆盖,25℃静置15 min,将面团放入专用面团条压制凹槽中缓慢压制条形即可,于拉伸仪夹具上进行拉伸测试。测试探头选A/KIE探头,测试前、中、后速度分别为4.0,2.0,2.0 mm/s,测试距离为30 mm,触发力为0.05 N,每组样品测试4~7次取平均值。

1.2.7 面团流变学特性测定 参照王兴悦等^[13]的方法并稍加修改。将制好的面团置于流变仪4 mm平板上,使用刮板刮掉多余的面团,于面团修整后的边缘涂上少许硅油防止测定过程中面团干燥,松弛1 min。首先通过0.01%~10.00%的应变扫描确定面团的线性黏弹区域,再进行频率扫描。频率扫描参数:间隙2 mm,应变值0.02%,温度25℃,扫描范围0.01~10.00 Hz。

1.2.8 数据处理及分析 采用SPSS 27、Origin 2021软件进行数据分析及作图。

2 结果与分析

2.1 油脂种类及其添加量对面团吸水率的影响

由图1可知,面团吸水率随着油脂添加量的增加呈下降趋势,且六星级面粉的吸水率低于三星级面粉。添加山茶油的面团的吸水率均高于添加黄油面团的,这与油脂的组成成分有关。当黄油添加量为1%时,六星级面粉的吸水率与未添加油脂的六星级面粉无显著差异,其余油脂添加组的面粉吸水率差异显著($P < 0.05$)。当油脂添加量为2%,4%时,面团的吸水率显著下降($P < 0.05$)。两种油脂的添加均对面团的吸水率有影响,尤其是在高油脂添加量时,吸水率下降显著。添加油脂后,油脂吸附在蛋白质分子表面并形成一层薄且具有不透性的油脂膜,由于脂膜的阻隔作用,阻止了水分向蛋白质胶粒分子内

部渗透;油脂将面粉中的淀粉颗粒包裹,水分不易被淀粉颗粒吸收,从而限制了面团的吸水能力,使得面团吸水率下降。这与豆康宁等^[14]的研究结果一致。

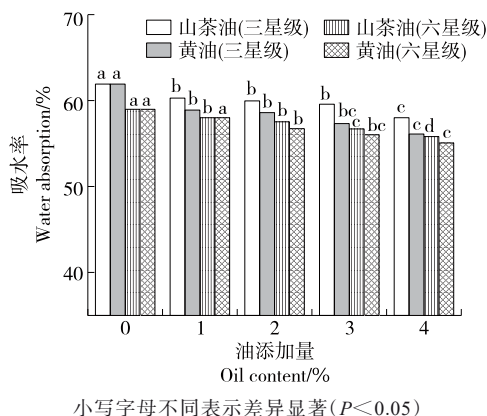


图 1 油脂添加量对面团吸水率的影响

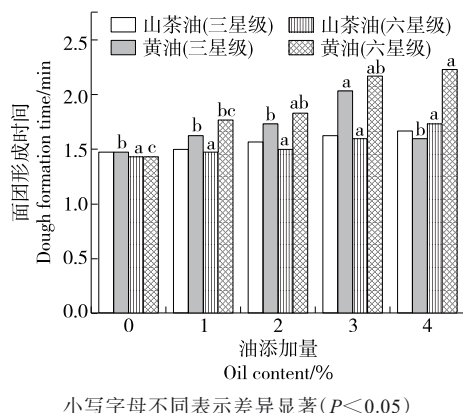
Figure 1 Effect of oil content on water absorption of dough

2.2 油脂种类及其添加量对面团形成时间的影响

由图 2 可知,面团形成时间随油脂添加量的增加而延长。山茶油添加量对六星级面粉和三星级面粉的面团形成时间无显著影响;黄油对三星级面粉面团形成时间影响不显著;在面团形成过程中,一部分油脂将淀粉颗粒包裹住,阻碍了淀粉颗粒的吸水,另一部分油脂颗粒则会吸附于淀粉颗粒表面,添加油脂后,面团吸水能力下降,延缓了面筋网络结构的形成,进而延长了面团形成时间。李瑞珂等^[15]研究表明,面筋含量高的面粉的面团形成时间和稳定时间越长,面团拉伸所需的拉断力越大。添加山茶油后,面团表面形成了一层薄脂膜,阻碍了面粉的吸水,而黄油的添加不仅与黄油的油脂特性有关,还与其存在状态和物质组成成分有关。

2.3 油脂种类及其添加量对面团稳定时间的影响

由图 3 可知,面团稳定时间随油脂添加量的增加呈先

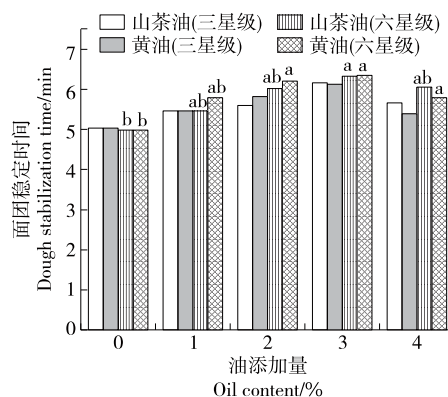


小写字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$)

图 2 油脂添加量对面团形成时间的影响

Figure 2 Effect of oil content on dough formation time

增后降趋势,其中山茶油添加组的形成时间更短。当油脂添加量为 3% 时,面团的稳定时间最长;当油脂添加量为 4% 时,面团的稳定时间开始下降。混合过程中,油脂与面粉中的蛋白质形成“脂—蛋白质”稳定的复合物,可增强并稳固面团内部面筋的网络结构,延长面团的稳定时间。



小写字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$)

图 3 油脂添加量对面团稳定时间的影响

Figure 3 Effect of oil content on dough stabilization time

当油脂添加量 $> 3\%$ 时,面团的稳定时间下降,多余的油脂与面筋蛋白过度结合,不利于正常面筋网络结构的形成,使得面团稳定时间减少^[16],与王富刚等^[17]的研究结果一致。

2.4 油脂种类及其添加量对面团湿面筋含量的影响

由图 4 可知,添加油脂后,面团中湿面筋含量减少。当油脂添加量为 1% 时,湿面筋含量与未添加油脂的面团差异不显著。当油脂添加量为 3% 时,湿面筋含量下降较明显。这主要是由于淀粉颗粒及蛋白质周围分布着油脂,具有疏水性的油膜阻碍了面筋蛋白吸水,使蛋白质分子得不到充分润胀;由于油膜的阻隔作用,阻碍了水分渗入淀粉颗粒及蛋白质内部,使得已形成的面筋不能再相互粘连形成更大的网状结构,进而降低了湿面筋的生成。王富刚^[18]研究表明,添加油脂能够降低面团的湿面筋含量。这与张守志等^[19]的研究结果一致,表明油脂的添加会影响面筋网络结构的形成。

2.5 油脂种类及其添加量对面粉黏度值的影响

由图 5 可知,添加油脂后,面粉的峰值黏度呈下降趋势,且油脂添加量越高,面粉的黏度值下降越多。油脂的添加对六星级面粉的影响效果比三星级的更明显。当油脂添加量为 4% 时,对面粉的糊化峰值黏度影响最显著。当油脂添加量为 1% 时,对六星级面粉峰值黏度的影响比三星级面粉的更明显;当山茶油添加量为 1% 时,对三星级面粉峰值黏度影响不显著,当山茶油添加量 $> 2\%$ 时,对三星级面粉峰值黏度影响较显著。这主要源于油脂的

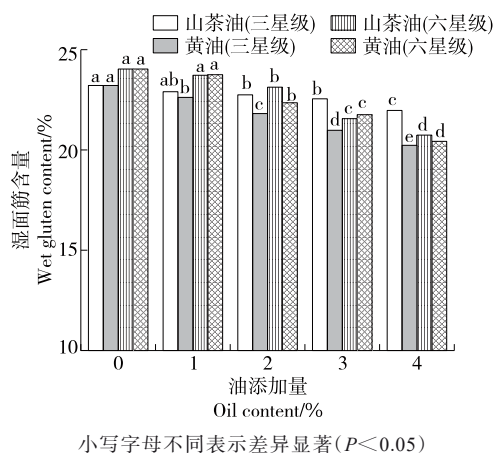


图4 油脂添加量对面团湿面筋含量的影响

Figure 4 Effect of oil content on wet gluten content of dough

润滑性,以及油脂与淀粉颗粒之间的相互缔合作用。油脂在加热过程中融化,增大了面糊的流动性,使面糊黏度下降,与Devi等^[20]的研究结果一致。

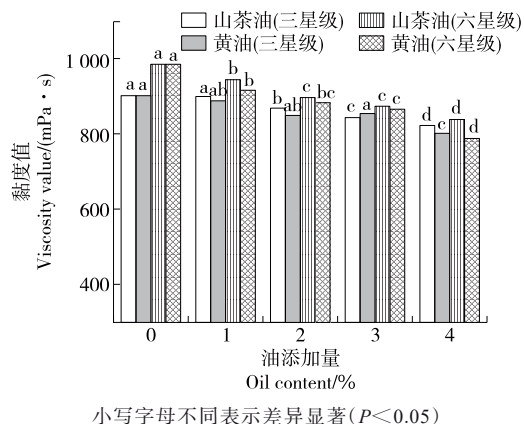


图5 油脂添加量对面粉黏度值的影响

Figure 5 Effect of oil content on flour viscosity

2.6 油脂种类及其添加量对面粉衰减值的影响

由图6可知,添加油脂后,面粉的衰减值呈下降趋势,且油脂添加量越多,衰减值降低越明显。添加山茶油对面粉衰减值的下降程度较黄油的小;当油脂添加量为4%时,面粉衰减值下降最显著;当黄油添加量为1%~3%时,对三星级面粉衰减值的的影响不明显,直至添加量为3%时影响明显,黄油添加量对六星级面粉衰减值的影响较明显;当山茶油添加量为1%时,对三星级面粉衰减值的影响无显著性,当添加量>1%时,对三星级面粉衰减值的影响显著,而山茶油添加量为1%~4%均对六星级面粉的衰减值影响显著,尤其是添加量为4%时最明显。Devi等^[20]研究表明,油脂的添加显著降低了小麦粉的衰减值

及回生值。综上,山茶油和黄油的添加均减小了面粉的衰减值,添加油脂可增强面筋强度,改善面粉的抗老化性,这也表明了添加油脂能够提高面粉的耐剪切能力。

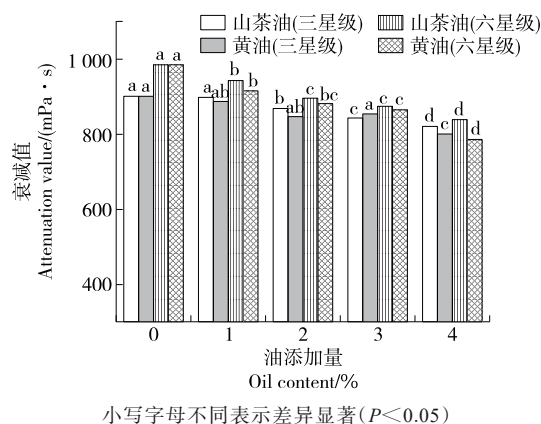


图6 油脂添加量对面粉衰减值的影响

Figure 6 Effect of oil content on the breakdown value of flour

2.7 油脂种类及其添加量对面粉回生值的影响

由图7可知,添加油脂后,面粉的回生值降低。当油脂添加量为1%时,对面粉回生值影响不显著;当油脂添加量>2%时,对三星级面粉回生值影响显著,山茶油对三星级面粉回生值的影响比六星级面粉的显著。孙桐^[21]研究表明,面粉回生值越小,冷糊稳定性越好(不易老化);面粉糊化特性的回生值越小,淀粉糊化后重新结晶的程度越低。添加油脂后,面粉回生值有所下降,说明添加油脂能够较好地改善面粉的抗老化能力,有利于延缓面团老化。

2.8 油脂种类及其添加量对面团拉伸特性的影响

由图8可知,随着油脂添加量的增加,面团拉伸所需要的力越小;油脂添加量对面团的拉伸力影响显著,添加

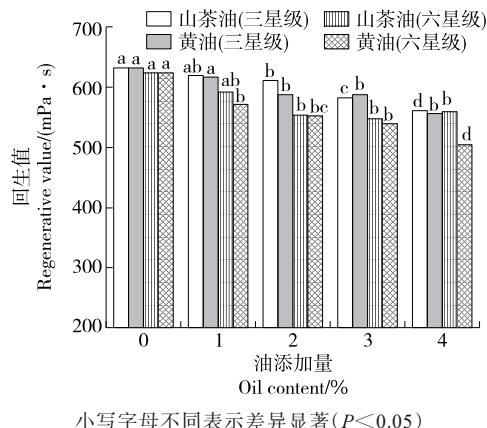
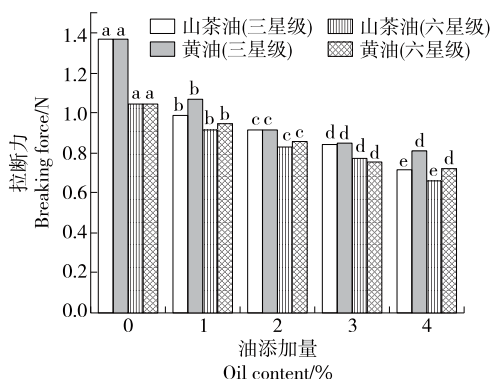


图7 油脂添加量对面粉回生值的影响

Figure 7 Effect of oil content on setback value of flour

山茶油面团所需要的拉断力小于添加黄油面团的。这可能是动物性油脂可提高面筋强度,因此拉断面团所需的拉断力大于植物性油脂面团的。这与陆启玉等^[22]的研究结果一致。

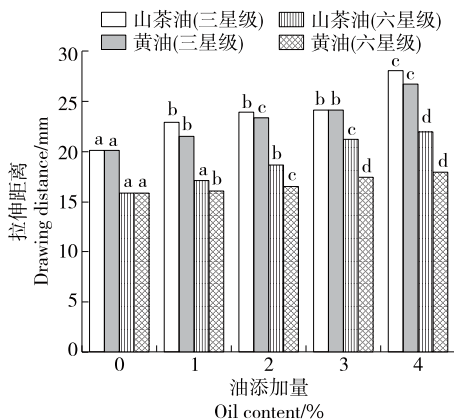


小写字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$)

图 8 油脂添加量对面团拉断力的影响

Figure 8 Effect of oil content on the breaking force of dough

由图 9 可知,面团的拉伸距离随着油脂添加量的增加呈上升趋势,三星级面粉的面团拉伸距离大于六星级面粉的,添加山茶油的面团拉伸距离大于添加黄油的。当油脂添加量为 4% 时,面团的拉伸距离最大,可能是由于油脂与淀粉之间相互粘连形成了具有润滑性的油膜,使得面团内部的面筋与面筋之间的网络结构因相互摩擦而变小,改善了面团的延展性,增大了面团的拉伸距离,与 Watanabe 等^[23]的研究结果一致。



小写字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$)

图 9 油脂添加量对面团拉伸距离的影响

Figure 9 Effect of oil content on dough stretching distance

2.9 油脂种类及其添加量对面团流变特性的影响

由图 10 可知,面团的储能模量 (G') 及损耗模量 (G'') 随着频率的增大而呈现出平滑且缓慢的上升趋势,表现

出频率依赖性。同一频率下,随着油脂添加量的增加,面团的 G' 始终高于 G'' 。与对照组相比,油脂添加组面团的 G' 和 G'' 均低于对照组。油面混合过程中,由于淀粉粒子表面及淀粉粒子之间均匀地分布着油脂,增强了淀粉粒子表面的润滑程度,减弱了面团中淀粉粒子与粒子之间的摩擦,降低了面团的 G' 。面团的 G' 及 G'' 下降,表明面团的抗延展能力减弱,流动性增强。综上,添加油脂可赋予面团更好的可塑性和柔软性,有利于面团的延伸。

2.10 油脂种类及其添加量对面团 pH 值的影响

由图 11 可知,面团 pH 值随着发酵时间的延长呈下降趋势,三星级面粉的面团 pH 值下降速率比六星级面粉的快。发酵前期,面团中营养物质充足,微生物生长及代谢速度快,产酸量大,故 pH 值较低;发酵中后期,适用于微生物生长的营养物质减少,生长代谢速度慢,产酸量较少且趋于稳定状态,导致 pH 值变化相对缓慢地趋于稳定。发酵良好的面团内部具有坚固且稳定的网状结构,进而改善了面团的质地^[24]。油脂作为微生物生长所需的营养物质之一,适量添加可促使微生物代谢加快,进而提高面团的发酵效率。

2.11 油脂种类及其添加量对面团发酵体积的影响

由图 12 可知,发酵前 60 min,面团发酵体积变化较明显,均随着发酵时间的延长而增大;发酵 60 min 后,面团体积增长速度较前 60 min 的慢,但面团体积仍持续增长。发酵前 30 min,六星级面粉的发酵体积增长速度较三星级面粉的略慢;六星级面粉于发酵 30~60 min 时的发酵速率最大。两种面粉中添加 3% 的山茶油对面团的发酵体积影响最大。

油面混合过程中,混合前期油脂的自身黏性使面团中蛋白质内聚性增强,从而呈现出体积偏小的面团,面团揉混过程中随着空气的不断融和进入面团内部,油膜将空气包裹住,产生大量均匀的气泡,使得面团体积增大;同时油脂所具有的润滑作用可以减少发酵过程中面团结构内部颗粒与颗粒之间的摩擦,起维持和稳固面团内部面筋网状结构的作用,增强面团保持气体的能力,呈现出更好的面团品质。这与王凤成等^[25]的研究结果相一致。综上,添加适量的油脂可改善面团的发酵体积,增大面团体积,根据面团的发酵情况及体积大小来调控面包体积,有利于呈现面制品柔软且多孔的品质,进而控制面包的最终品质。

3 结论

研究了山茶油和黄油添加量对六星级面粉和三星级面粉的面团特性的影响。结果表明,对面团的粉质特性而言,油脂添加量对面团的形成时间和稳定效果的影响不明显,面团中湿面筋含量和吸水率明显降低,且山茶油添加组的湿面筋含量和吸水率降低程度均高于黄油添加

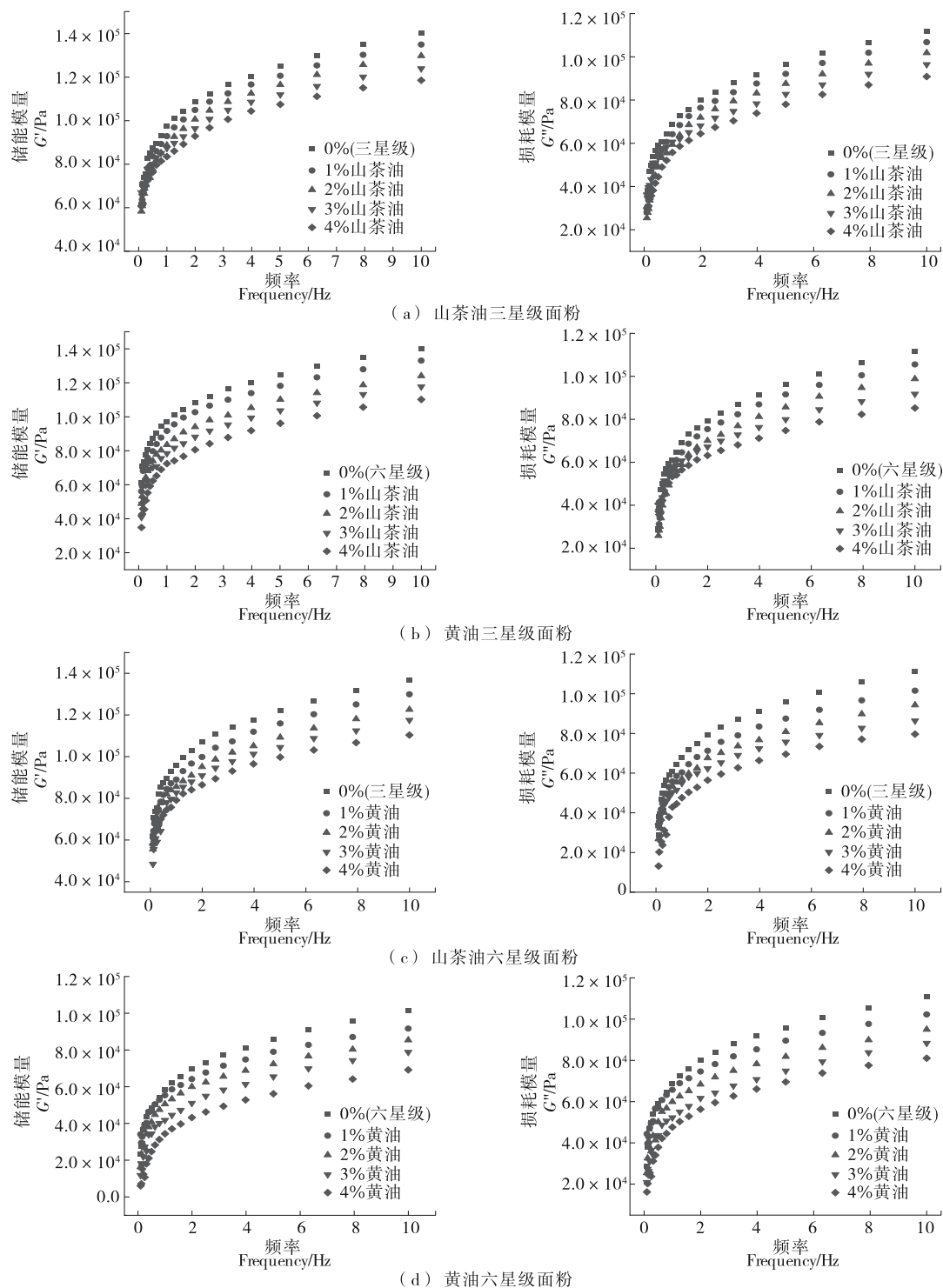


图10 油脂添加量对面团流变学特性的影响

Figure 10 Effect of oil content on rheological properties of dough

组;对面团的拉伸特性而言,添加油脂可显著增加面团的体积、拉伸距离及弹性,降低面团的pH值及拉断力,增强面团的延展性,显著改变面团的糊化特性,表明油脂的添加有利于增强面团的抗老化能力,延缓面团老化。综上,

添加山茶油和黄油均可改善面团特性及发酵效果,稳固面团的内部网络结构。但综合比较而言,山茶油的添加效果比黄油的更佳,更有利于改善面团及其制品品质。后续可进一步探究添加少量山茶油对发酵面团、冷冻面

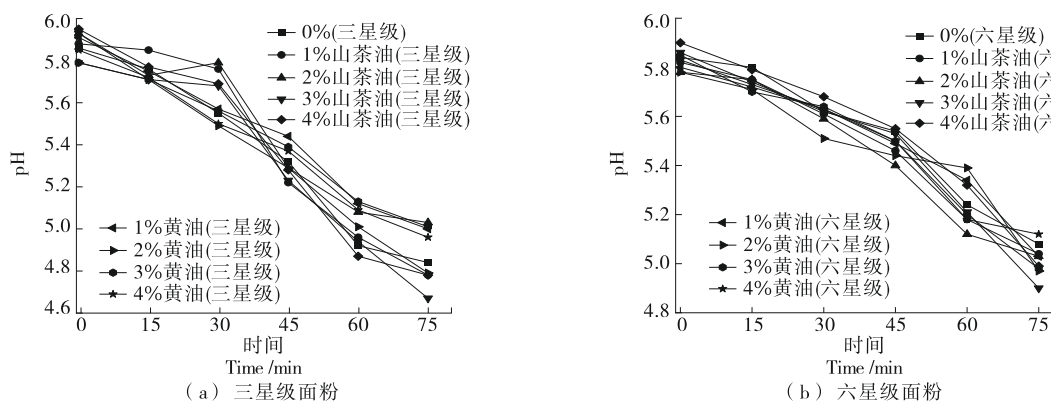


图 11 油脂添加量对面团 pH 的影响

Figure 11 Effect of oil content on dough pH

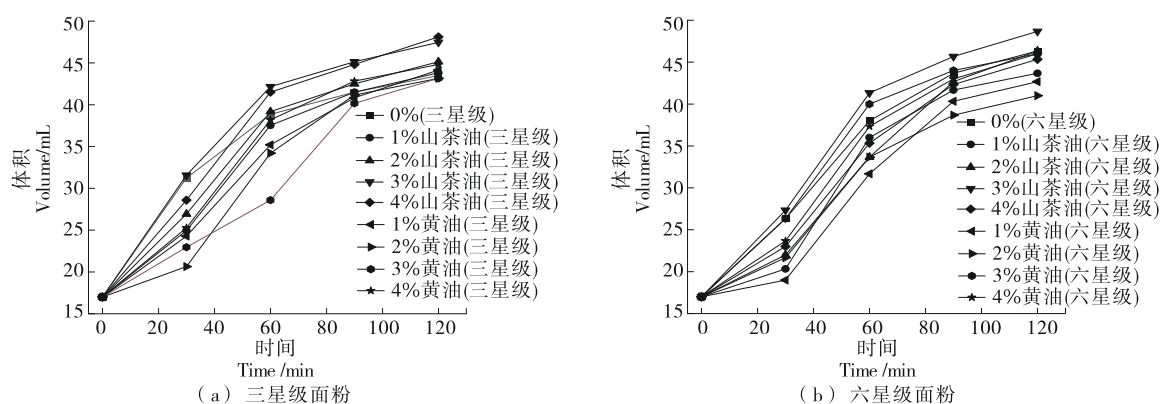


图 12 油脂添加量对面团体积的影响

Figure 12 Effect of oil content on dough volume

团及面条等面制品品质的影响,还可深入研究山茶油添加量对面团及其制品的抑菌效果。

参考文献

- [1] 沈忱, 蒋予箭, 林家莲. 油脂对面团物理特性的影响[J]. 食品与机械, 2007, 23(3): 45-47.
SHEN C, JIANG Y J, LIN J L. The influence of fat and oil on physical property of dough[J]. Food & Machinery, 2007, 23(3): 45-47.
- [2] 刘心如. 酶促酯交换塑性脂肪对冷冻面团的抗冻作用机制研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2024: 17-18.
LIU X R. Study on the antifreeze mechanism of enzymatic interesterified rapeseed oil-based plastic fats on frozen dough [D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2024: 17-18.
- [3] 冯小刚, 骆文进, 王丽英. 山茶油脂肪酸组成及微量活性物质测定[J]. 粮食与油脂, 2021, 34(12): 61-65.
FENG X G, LUO W J, WANG L Y. Determination of fatty acid composition and trace active substance in camellia oil[J]. Cereals & Oils, 2021, 34(12): 61-65.
- [4] 叶虔臻, 王微, 董柳青, 等. 山茶油脱臭馏出物中角鲨烯的分离纯化及对猪油抗氧化作用的研究[J]. 中国粮油学报, 2019, 34(7): 62-67.
YE Q Z, WANG W, DONG L Q, et al. Isolation and purification of squalene from camellia oil deodorized distillate and its antioxidant activity in lard[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2019, 34(7): 62-67.
- [5] CHEN G F, QIAO Y X, ZHANG X B, et al. Identification and characterization of herbicide penoxsulam transformation products in aqueous media by UPLC-QTOF-MS[J]. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 2019, 102(6): 854-860.
- [6] ZHANG L X, WANG S J, YANG R N, et al. Simultaneous determination of tocopherols, carotenoids and phytosterols in edible vegetable oil by ultrasound-assisted saponification, LLE and LC-MS/MS[J]. Food Chemistry, 2019, 289: 313-319.
- [7] 李文昭, 蒋晴, 唐礼荣. 含山茶油保湿乳抗湿疹、抗炎症的体外研究[J]. 香料香精化妆品, 2022(5): 113-117, 129.
LI W Z, JIANG Q, TANG L R. *In vitro* research on moisturizer containing camellia oil against eczema and anti-inflammatory [J]. Flavour Fragrance Cosmetics, 2022(5): 113-117, 129.
- [8] LIU C H, ZHENG Z J, ZAABOUL F, et al. Effects of wax concentration and carbon chain length on the structural

- modification of fat crystals[J]. Food & Function, 2019, 10(9): 5 413-5 425.
- [9] 孙剑锋, 王颀. 黄油的加工方法及其物理性质和营养成分[J]. 中国食物与营养, 2011, 17(11): 33-35.
- SUN J F, WANG J. Processing methods and physical properties of butter and its nutrient analysis[J]. Food and Nutrition in China, 2011, 17(11): 33-35.
- [10] 郝育忠, 王文周. 小麦粉中的脂肪对食品烘焙特性的影响[J]. 粮食加工, 2008, 33(3): 80-81.
- HAO Y Z, WANG W Z. Influence of fat in wheat flour on food baking characteristic[J]. Grain Processing, 2008, 33(3): 80-81.
- [11] 马启昱, 刘忠义, 付满, 等. 棕榈油添加量对面团质量的影响[J]. 食品与机械, 2022, 38(5): 179-183.
- MA Q Y, LIU Z Y, FU M, et al. Effect of the amount of palm oil on dough quality[J]. Food & Machinery, 2022, 38(5): 179-183.
- [12] 王静. 不同系统粉对油条加工适应性和含油量的影响研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2023: 52.
- WANG J. Study on the effect of different system flours on the processing adaptability and oil content of fried dough sticks[D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2023: 52.
- [13] 王兴悦, 安迪, 鲁玉杰, 等. 小麦A淀粉对面团流变学特性及馒头品质影响的研究[J]. 粮油科学与工程, 2024, 38(2): 6-11, 35.
- WANG X Y, AN D, LU Y J, et al. Study on the effect of wheat A starch on the rheological properties of dough and the quality of steamed bun[J]. Grain Oil Science and Engineering, 2024, 38(2): 6-11, 35.
- [14] 豆康宁, 张臻, 董彬, 等. 人造奶油、起酥油对面粉品质的影响[J]. 食品工业, 2021, 42(7): 139-142.
- DOU K N, ZHANG Z, DONG B, et al. The effect of margarine and shortening on the quality of flour[J]. The Food Industry, 2021, 42(7): 139-142.
- [15] 李瑞珂, 豆康宁. 甘草油脂对面粉流变学特性的影响研究[J]. 现代面粉工业, 2020, 34(5): 16-17.
- LI R K, DOU K N. Study on the effects of liquorice oil on the rheological property of flour[J]. Modern Flour Milling Industry, 2020, 34(5): 16-17.
- [16] 周验因, 豆康宁. 起酥油对面粉流变学特性的影响[J]. 现代面粉工业, 2020, 34(4): 16-17.
- ZHOU Y N, DOU K N. Effect of shortening on the rheological property of flour[J]. Modern Flour Milling Industry, 2020, 34(4): 16-17.
- [17] 王富刚, 魏永义. 油脂对小麦粉面团流变学特性影响的研究[J]. 现代面粉工业, 2023, 37(2): 16-19.
- WANG F G, WEI Y Y. Study on the effect of oil and grease on the rheological properties of wheat flour dough[J]. Modern Flour Milling Industry, 2023, 37(2): 16-19.
- [18] 王富刚. 杏仁油对面粉理化指标的影响研究[J]. 粮食与油脂, 2022, 35(5): 80-82.
- WANG F G. Study on the effect of almond oil on the physical and chemical indexes of flour[J]. Cereals & Oils, 2022, 35(5): 80-82.
- [19] 张守志, 豆康宁. 丁香油脂对面粉品质的影响研究[J]. 粮食加工, 2020, 45(6): 31-33.
- ZHANG S Z, DOU K N. Study on the effect of clove oil on flour quality[J]. Grain Processing, 2020, 45(6): 31-33.
- [20] DEVI A, SINDHU R, KHATKAR B S. Effect of fats and oils on pasting and textural properties of wheat flour[J]. Journal of Food Science and Technology, 2020, 57(10): 3 836-3 842.
- [21] 孙桐. 黑木耳及其多糖对面条品质影响的研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2018: 53.
- SUN G. Effects of the fruiting-bodies of *Auricularia auricular-judae* and its polysaccharide on the properties of noodles[D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2018: 53.
- [22] 陆启玉, 章绍兵. 蛋白质及其组分对面条品质的影响研究[J]. 中国粮油学报, 2005, 20(3): 13-17.
- LU Q Y, ZHANG S B. Study on the effect of protein content and glutenin-to-gliadin ratio to noodle quality[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2005, 20(3): 13-17.
- [23] WATANABE A, LARSSON H, ELIASSON A C. Effect of physical state of nonpolar lipids on rheology and microstructure of gluten-starch and wheat flour doughs[J]. Cereal Chemistry, 2002, 79(2): 203-209.
- [24] LI Z J, SONG K D, LI H F, et al. Effect of mixed *Saccharomyces cerevisiae* Y10 and *Torulaspora delbrueckii* Y22 on dough fermentation for steamed bread making[J]. International Journal of Food Microbiology, 2019, 303: 58-64.
- [25] 王凤成, 李鹏, 王显伦. 油脂对馒头品质的影响[J]. 中国粮油学报, 2006, 21(3): 238-240.
- WANG F C, LI P, WANG X L. The effect of oil and fat on the quality of steamed bread[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2006, 21(3): 238-240.