

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2023.06.007

黄笑宇, 刘玉红, 李建科, 等. 橄榄高纤维面包的制作工艺研究[J]. 粮油食品科技, 2023, 31(6): 51-59.

HUANG X Y, LIU Y H, LI J K, et al. Study on the production technology of olive high fiber bread[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2023, 31(6): 51-59.

橄榄高纤维面包的制作工艺研究

黄笑宇¹, 刘玉红², 李建科², 金凤², 吴港城¹✉, 张晖¹, 金青哲¹, 王兴国¹

(1. 江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214122;

2. 陇南市祥宇油橄榄开发责任有限公司, 甘肃 陇南 742500)

摘要: 为提高油橄榄果渣加工利用率, 考察了加水量和油橄榄果渣添加量对面包品质的影响。测定橄榄果渣的基本成分及 50%、52%、54% 和 56% 的加水量对面包品质的影响, 并在传统面包配方的基础上, 分析橄榄果渣以 5%、10%、15% 和 20% 的质量比例加入后制得的面包品质。从口感、风味、色泽等方面进行面包感官品质评价, 从质构和比容方面进行物性指标分析。结果表明, 在本研究条件下制作面包, 加水量以 52% 为宜, 橄榄果渣添加量在 10% 时最为适宜。随着橄榄果渣量的增加, 面包比容下降, 面包内聚性与橄榄果渣添加量呈负相关关系, 而硬度、咀嚼性与橄榄果渣添加量呈现正相关。综合考虑面包的外观、品质、香味及纤维含量, 以 10% 的橄榄果渣添加量最适宜。

关键词: 面包; 高纤维; 面包质构; 工艺研究

中图分类号: TS210.4 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2023)06-0051-09

Study on the Production Technology of Olive High Fiber Bread

HUANG Xiao-yu¹, LIU Yu-hong², LI Jian-ke², JIN Feng², WU Gang-cheng¹✉,
ZHANG Hui¹, JIN Qing-zhe¹, WANG Xing-guo¹

(1. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China;

2. Longnan Xiangyu Oil Olive Development Co., Ltd., Longnan, Gansu 742500, China)

Abstract: In order to improve the utilization of olive pomace, single-factor experiments were set up to investigate the effects of the amount of water and olive pomace addition on the quality of bread. Firstly, the basic components of olive pomace were determined. Secondly, the effects of water addition (50%, 52%, 54%, and 56%) on bread quality were investigated. After that, the influence of added olive pomace (5%, 10%, 15% and 20%) was also studied. The quality of bread was evaluated by taste, aroma and surface color, while physical properties were analyzed by the texture and the specific volume of bread. Results showed that the quality of bread was the best under the condition of adding 52% of moisture and 10% of olive pomace. With the addition of olive pomace, the specific volume of bread decreased, and the cohesion of bread decreased while the values of hardness, chewiness and adhesiveness increased. considered the appearance, quality,

收稿日期: 2023-06-23

基金项目: 国家重点研发计划资助 (2021YFD2100303)

Supported by: National Key Research and Development Project of China (No. 2021YFD2100303)

作者简介: 黄笑宇, 1997 年出生, 男, 在读博士生, 研究方向为油脂加工及应用。E-mail: 2598438935@qq.com

通讯作者: 吴港城, 1987 年出生, 男, 博士, 副教授, 研究方向为油脂加工及应用。E-mail: gangcheng.wu@jiangnan.edu.cn

aroma and fiber content of bread, it was thought as the best to add 10% of olive pomace to the bread.

Key words: bread; high fiber; bread texture; process research

面包是以小麦粉、酵母、鸡蛋、油脂、糖、盐等为基本原料,加水揉制成面团,再通过分割、成形、醒发、焙烤、冷却等工艺加工而成的组织松软的焙烤食品^[1]。面包中的营养物质主要有蛋白质、脂肪、维生素、糖类以及其他微量元素。

根据人们饮食习惯和营养需要,通常需要采用一定方法来改善面包的营养价值。最近,研究者发现食物中的膳食纤维可促进肠道运动和消化,降低肥胖率,减少血液中胆固醇、糖类物质水平,削弱饥饿感,预防有关的肠道疾病。因此,为满足人体膳食纤维的摄入,高纤维面包的种类越来越多。

近年来,我国橄榄油的消费量持续增加,而橄榄果渣作为生产橄榄油之后的废弃物,其产生量也将升高。因此,怎样增加油橄榄果渣的附加值并提高其利用率,是目前亟需克服的一个难点。橄榄果实榨油后能产生果实质量 35%~40%的橄榄果渣^[2]。目前,国外已有较多关于利用橄榄果渣的相关研究,例如改善土壤质量^[3]、制备燃料^[4],或经过加工作为吸附剂使用^[5]等。橄榄果渣中还含有大量的纤维素、半纤维素、果渣油、酚类及萜类等营养成分和生物活性成分^[6],因此橄榄果渣也成为人们摄入膳食纤维的良好对象。虽然目前已有相关研究报道了富含橄榄膳食纤维的饼干、面条制品,以及橄榄果渣米酒等^[7-9],但是关于橄榄高纤维面包的有关研究却很少。向面包中添加橄榄果渣,既能丰富面包种类和营养价值,又能解决橄榄加工后的果渣利用率和附加值低的问题。

本实验的主要内容是研究不同橄榄果渣添加量对面包质构的影响。首先测定橄榄果渣的基本成分。随后采用单因素实验考察橄榄果渣的添加量对产品的最优工艺进行探究,主要对面包的色泽、风味、质构和口感等进行品质评价,通过指标的评测确定橄榄果渣最适合的添加量,确定生产橄榄高纤维面包的最佳生产工艺条件。为橄榄

高纤维面包的生产提供一定的理论基础和技术支持,同时为橄榄果渣高附加值综合利用开辟一条可行的新途径。

1 材料与方法

1.1 实验原料

高筋面包粉:新乡良润谷物食品有限公司;白砂糖、鲜鸡蛋、食盐、水、小米:江苏省无锡市超市;活性干酵母(耐高糖):安琪酵母股份有限公司产品;低盐黄油:内蒙古蒙牛乳业股份有限公司、橄榄果渣:陇南市祥宇油橄榄开发责任有限公司。

1.2 实验设备

SM-32s 型醒发箱、SM25 型和面机、MB622 型烤箱:新麦机械(中国)有限公司;切片器:阳江市江城区泓丰五金制品厂;TA-XT Plus 型物性分析仪:英国 SMS 公司;BJ-500A 型高速多功能粉碎机:上海拜杰有限公司;水分活度仪、Alpha-1500 UV-Vis 分光光度计:中国普元公司;电子称、感量 0.1 g 电子天平:广州博勒泰科技有限公司;ST310 索氏抽提系统:福斯赛诺分析仪器有限公司;UltraScan Pro 1166 高精度分光测色仪:美国 Hunterlab 有限公司。

1.3 面包准备

1.3.1 面包烘焙基础配方

高筋面包粉 500 g、食用盐 6 g、清水 260 g、鸡蛋液 40 g、黄油 50 g、活性干酵母 5 g、蔗糖 80 g。

1.3.2 面包制作工艺

(1) 原辅料选择与处理

新鲜橄榄果渣烘干,冷却后粉碎,过 50 目筛,除去颗粒大的果核;酵母放入 26~30 °C 的少量温水中,用木棒将酵母搅拌均匀;水选用洁净的中等硬度、微酸性的水,再向酵母中加入水和鸡蛋。

(2) 计量比例

油橄榄果渣粉分别按基础配方中面粉质量的

5%、10%、15%、20% 加入到高筋面包粉中，混合得到 4 种混合粉，替代基本配方中的面粉。

(3) 面团调制

将高筋面包粉、橄榄果渣粉、80 g 糖、盐 6 g 放入和面机内，慢速搅拌 3 min，加入配好的酵母水和鸡蛋先慢速搅拌 3 min 再快速搅拌 2 min，放入 50 g 黄油，慢速搅拌 3 min 再快速搅拌 4~5 min 至有弹性半透明网状结构，拉丝时圈边光滑，和好的面团温度为 26~28 ℃，且光滑不黏手。

(4) 松弛

调整面团形状大致为圆形，置于整洁的工作台上用塑料膜盖住，静置 25 min。

(5) 切分面团、搓圆并静置

面团拉长一点后用刀将其切割为质量 150 g 左右的小面团，搓圆，盖上塑料膜静置 15 min。

(6) 整形

面团压扁、擀成长片赶走气泡，再卷成长条面包坯。

(7) 醒发

调节醒发箱温度为 35 ℃，湿度为 85%，醒发时间为 80 min。醒发后的面团高度应是模具高度的三分之二左右，醒发好后立刻烤制。

(8) 烘烤

调节上火温度 180 ℃，下火温度 200 ℃，烤 25 min 后取出。

1.4 实验方法

1.4.1 橄榄果渣粉的成分测定

1.4.1.1 水分含量 油橄榄果渣中的水分含量采用 GB5009.3—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。

1.4.1.2 粗脂肪 采用索氏抽提法，利用消解仪，按照国家标准 GB5009.6—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》测定橄榄果渣中的脂肪含量。

1.4.1.3 蛋白质含量 采用半自动凯氏定氮仪，测定橄榄果渣中的蛋白质含量，实验参照 GB5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》。

1.4.1.4 灰分 采用马弗炉进行测定。实验按照国标 GB5009.4—2016《食品安全国家标准 食品

中灰分的测定》进行，依据结果计算橄榄果渣中的灰分含量。

1.4.1.5 膳食纤维 测定橄榄果渣中的膳食纤维含量参照国标 GB/T5009.88—2014《食品安全国家标准 食品中膳食纤维的测定》中的酶重量法进行测定。

1.4.2 面包的指标检测

1.4.2.1 面包比容测定 先用量筒和天平测定小米的体积和质量，计算得出小米的密度。称量需要测定的面包的重量并记录，将面包放入大烧杯中，倒入小米至面包被完全浸没（大烧杯装满），钢尺划平表面，将面包拿出，测定小米质量，再将大烧杯倒满小米测定小米质量，两次小米质量之差除以小米密度即得到面包的体积。根据面包比容公式计算面包比容。

面包比容计算如公式（1）所示：

$$P=V/m \quad (1)$$

式中：

P —比容，mL/g； V —测试的面包体积，mL； M —测试的面包质量，g。

1.4.2.2 面包感官品质评价 将橄榄高纤维面包在室温下冷却后，装入密封袋，封口，3 h 后对面包外部与内部特征进行感官鉴定。面包感官品质评定要综合面包风味、外观、组织结构、口感等指标进行评分。品评小组成员为 10 位江南大学风味分析研究方向的学生（5 男 5 女，年龄为 22~28 之间）。去除可能干扰评定结果的因素后，依据表 1 为标准，结果展示为 10 位同学评分的平均值。

1.4.2.3 面包色泽 采用高精度分光测色仪对面包表皮和面包芯的 L^* 、 a^* 、 b^* 值进行测定。每个样品重复测定 3 次，取平均值。

1.4.2.4 面包全质构测定 面包出炉后立即将其从模具中取出，冷却 1 h 左右，用切片刀将面包切成厚度为 2 cm 的面包片。

物性参数：探头：P/36R；测试模式：TPA；测试前速度：1 mm/s；测试速度：1 mm/s；测试后速度：1 mm/s；触发力 5 g；每个面包切成 5 个

表 1 感官评分标准
 Table 1 Sensory evaluation scoring standards

指标	评分标准	分值/分
风味	拥有面包的焙烤香味、橄榄果渣的香气、甜味适中	20~25
	拥有面包焙烤香味、橄榄香味较淡、无异味、偏甜或偏淡	15~20
	拥有面包和果渣香气, 较淡焦味、偏甜或偏淡、有细微苦味	10~15
	没有面包香味、有焦味, 面包发酸或有苦味	0~10
口感	面包软硬适中、无颗粒感	20~25
	面包偏硬或偏软、没有颗粒感	15~20
	面包偏硬或偏软、细微颗粒	10~15
	面包结实偏硬、颗粒感明显	0~10
外观	体积适中、形状规则、表皮质地正常	15~20
	体积适中、形状规则、表皮略粗糙	10~15
	体积偏大或偏小、形状略微不规则、表皮略粗糙	5~10
	体积明显偏大或偏小、形状明显不规则、表皮粗糙	0~5
组织	气孔细腻、大小均匀、无明显气泡、有弹性	15~20
	气孔细腻、大小略不均匀、没有明显气泡、弹性较好	10~15
	气孔略微粗糙、大小略不均, 有少许气泡、弹性一般	5~10
	气孔粗糙、大小不均、有明显气泡、弹性不好	0~5
色泽	外表颜色黄棕色且均匀, 没有烤焦现象	8~10
	外表颜色棕褐色且均匀, 没有烤焦现象	6~8
	颜色略深较均匀, 细微烤焦	4~6
	颜色很深较均匀, 部分有烤焦现象	0~4

切片, 测定每个切片质构数据。计算平均值即为该面包样品质构数据。每种橄榄果渣添加量测定 3 批平行。硬度、黏性、弹性、咀嚼性、回复性和内聚性 6 个指标进行分析, 综合感官评定情况进行讨论。

1.4.2.5 面包水分活度测定 面包出炉冷却后取中部面包芯, 剪刀将面包芯剪成细小的碎屑, 剪碎的面包屑置于干燥的塑料皿中, 放入水分活度仪测量舱中测定。

1.5 单因素实验设计

保持基本面包配比不变, 分别以橄榄果渣粉添加量 (0%、5%、10%、15%、20%)、水分添加量 (50%、52%、54%、56%) 为单因素进行实验, 依据感官评分以及面包制作过程中的加工性能, 考察两种原料添加量对面包品质的影响。

1.6 数据处理

实验中, 蛋白质、灰分和膳食纤维含量测定 3 次平行, 水分和脂肪含量、色泽及质构分析进行 5 次平行测定, 数据以平均值±标准方差的形式表示, 采用 origin2019 作图, 采用 Statistix 9 进行显著性分析 (图表中不同字母代表差异显著, $P < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 橄榄果渣成分测定结果

橄榄果渣基础成分测定结果表 2 所示。

表 2 橄榄果渣成分
 Table 2 Contents of essential nutrients in olive dreg

成分	含量/%
水分	1.62±0.04
蛋白质	16.33±1.46
粗脂肪	11.11±0.99
灰分	8.57±0.07
膳食纤维	45.95±1.06

本次实验的橄榄果渣是由鲜橄榄果渣在恒温 60 °C 的条件下烘干 23~24 h 所得。本测定结果与洛桑卓玛^[10]等的结果有所不同, 可能是油橄榄的种类、生长环境、压榨工艺等所产生的影响。目前, 高纤维面包主要包括: 青稞膳食纤维面包 (纤维含量 16%)、绿豆纤维面包 (纤维含量 65.85%)、金针菇面包 (纤维含量 4.47%)、柚皮粉面包 (纤维含量 3.27%) 等, 而本文橄榄果渣膳食纤维含量测定结果高达 45.95%, 高于目前大多数高纤维面包添加物的膳食纤维含量。因此将橄榄果渣添加到面包中能够提高面包的膳食纤维含量, 改善

面包的营养价值，同时也能提高橄榄果渣的利用率和附加值。

2.2 加水量对面包品质的影响

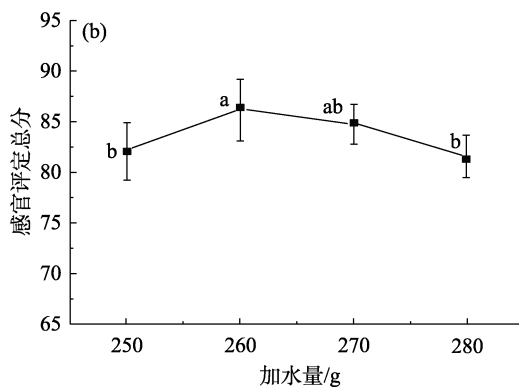
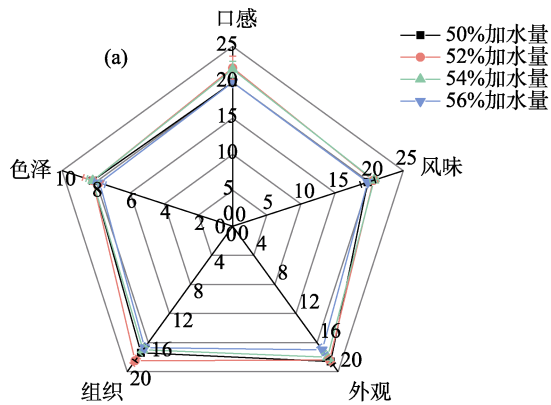
加水量与面包感官品质的关系如图 1 所示。

面筋网络结构的形成、酵母菌的发酵都离不开水的作用。本实验主要从面包的感官品质评价和面团加工性能两个方面分析不同加水量对面包品质的影响。设计加水量为 50%、52%、54% 和 56% (以面粉 500 g 为基准) 四个加水量梯度, 在排除其他影响因素干扰的情况下, 进行感官评定。由图 2-1 可知, 加水量为 52% 时, 成品面包的总体感官品质最好, 面包表面光滑, 表皮呈现适宜的金黄色, 内部组织和气孔分布均匀, 口感松软, 且制作过程中面团整形容易; 加水量低时,

面包表面光滑, 但表皮颜色较浅, 口感偏干, 面团黏度也相对偏低; 加水量多时, 成品面包的总体感官品质开始下降, 表现为面包表皮出现不同程度的下陷, 内部出现不均匀的大气孔, 且面团黏度过大, 整形困难, 这主要是因为加水量增多后面包不易形成骨架。因此, 本实验加水量为 52% 时较为合适。在面包配方中水量仅次于面粉量, 是面包品质控制的关键。加水量除了与配方中各原料的配比有关, 也与面粉本身的成分性质有关。

2.3 橄榄果渣粉添加量对面包感官品质的影响

橄榄果渣粉添加量对面包品质的影响主要从面包感官品质评价和面团加工性能分析, 结果如图 2 所示。

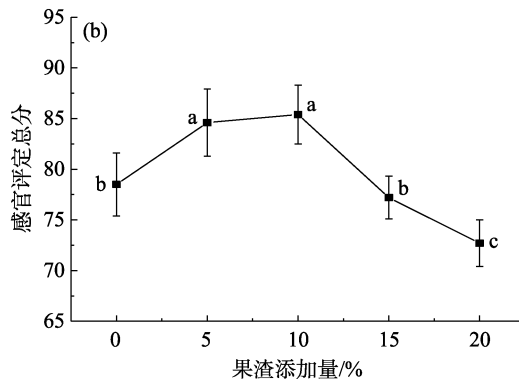
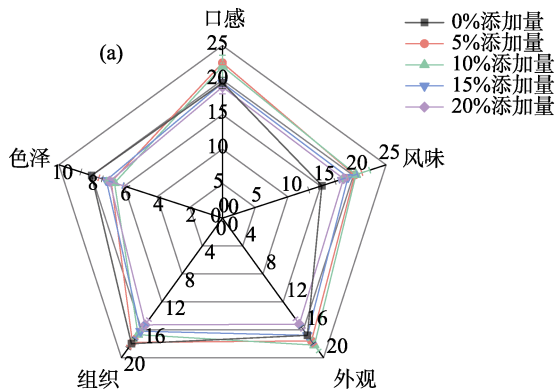


注: 不同加水量对面包感官品质的影响 (a), 不同加水量对面包感官品质总分的影响 (b)。

Note: The impact of different water levels on the sensory quality of bread (a), and the impact of different water levels on the total score of bread sensory quality (b).

图 1 加水量与感官品质的关系

Fig.1 Relationship between water addition and sensory quality of bread



注: 不同橄榄果渣添加量对面包感官品质的影响 (a), 不同橄榄果渣添加量对面包感官品质总分的影响 (b)。

Note: The effect of different amounts of olive fruit added on the sensory quality of bread (a), and the effect of different amounts of olive fruit residue added on the total score of bread sensory quality (b).

图 2 橄榄果渣添加量与感官评定结果

Fig.2 Addition amount of olive pomace and sensory evaluation results of bread

由图可知,随着橄榄果渣添加量的增加,口感和风味的得分都呈现出先增大后减小的趋势。当添加量为 5% 时,面包比对照组更为湿润,口感不偏干且较为松软,但随着果渣添加量增多后,口感越来越结实。在风味方面,面包在添加量为 10% 时最甜香味更浓,因此得分最高。在外观方面,5%、10% 添加量的面包优于 15%、20% 添加量的面包,主要是因为前者体积大且具有蓬松感。在色泽方面,添加果渣之后,面包颜色明显加深,与传统面包颜色差距大,因此得分均较低。

另外,图 3 显示了不同橄榄果渣粉添加量面包产品的外观。



注:从左到右依次是橄榄果渣添加量为 0%、5%、10%、15%、20% 的面包。

Note: Bread added with 0%, 5%, 10%, 15% and 20% olive pomace from left to right.

图 3 橄榄果渣添加量与面包外观

Fig. 3 Addition amount of olive pomace and appearance of bread

当橄榄果渣粉的添加量为 5%~10% 时,面包具有较高的感官品质,而橄榄果渣添加量超过 10% 后,感官品质下降较快。与对照组相比,添加橄榄果渣粉之后,随着果渣粉添加量的增多,面包颜色加深。添加量为 5% 时,面包表皮颜色适宜且均匀,内部组织结构均匀,口感较为松软,有一定果香味;橄榄果渣添加量为 10% 时,面包颜色加深,颜色偏棕色且分布均匀,内部组织结构较为均匀,气孔分布较为均匀,与 5% 时相比面包体积减小但是口味更加甜且具有独特的香气;当橄榄果渣添加量达到 15% 及更高时,面包内部组织明显粗糙,有少量不均匀气泡,颜色也更深。此外,随着橄榄果渣的添加量增多,除颜色变化以外,最明显的特征是面包体积的减小。同时随着橄榄果渣添加量的增加,面包气孔由细腻均匀逐渐转变为粗糙不均匀,这是由于随着不溶性纤维量的增加,面团的持气能力减弱,气孔变大^[11]。

2.4 橄榄果渣添加量对面包比容的影响

面包比容影响其大小和组织状态,表 3 显示

了橄榄果渣添加量对面包比容的影响。

表 3 面包比容结果
Table 3 Bread specific volume results

橄榄果渣添加含量/%	比容/(mL/g)
0	3.25±0.08 ^a
5	3.15±0.06 ^b
10	2.91±0.05 ^c
15	2.29±0.02 ^d
20	1.94±0.01 ^e

注:不同字母表示纵列之间存在显著差异 ($P<0.05$)。

Values in the same column with different lowercase letters were significantly different ($P<0.05$).

由表 3 可知,随着橄榄果渣添加量增大,面包比容显著减小。这与刘婷婷^[12]等研究玉米膳食纤维添加量对面包比容的影响的结果一致。橄榄果渣添加量在 5% 内,面包比容变化相对较小,为 3.15 mL/g,与空白样相比下降了 0.1 mL/g;当添加量达到 10% 时,面包比容开始大幅度减小,为 2.91 mL/g,与 5% 相比下降了 0.24 mL/g;当添加量达到 20% 时,面包比容小于 2,面包在烘烤过程中几乎不膨胀,可能是由于随着橄榄果渣添加量的增加,混合面粉中的蛋白质含量降低,能够留存发酵气体的面筋网络形成过程受到限制,面包膨胀能力减弱;而橄榄果渣在经过粉碎过滤后也可能残存一些硬度较大的颗粒,这些颗粒可能破坏面筋网络结构,导致比容减小^[13]。此外,橄榄果渣本身也可能会影响酵母发酵的环境,从而影响产气情况,进而影响到面包比容大小^[14]。结合感官评定结果,认为橄榄果渣添加量在 5%~10% 范围内,面包比容情况较好。

2.5 橄榄果渣添加量对面包质构的影响

橄榄果渣添加量对面包质构的影响结果如表 4 所示。

用质构仪评价硬度、黏性、弹性、咀嚼性、内聚性和回复性这 6 个指标。硬度反映牙齿咬合所需要的力。黏性反映食物是否粘牙。弹性反映食物形变后恢复原状的快慢。内聚性反映面包抵抗拉扯的情况,即内部粘连聚合情况。回复性反映二次形变恢复的情况,能够体现面包网孔结构的变化情况。

表 4 面包质构分析结果

Table 4 Results of bread texture analysis

橄榄果渣添加量/%	硬度/g	黏性/(g.sec)	弹性	咀嚼性	内聚性	回复性
0	272.37±20.82 ^d	0.86±0.03 ^a	0.86±0.03 ^c	170.00±21.30 ^c	0.73±0.01 ^a	0.37±0.01 ^{ab}
5	310.02±15.24 ^{cd}	-2.05±0.17 ^a	0.88±0.01 ^{abc}	198.58±20.40 ^{bc}	0.72±0.02 ^a	0.39±0.02 ^a
10	382.83±38.83 ^c	-1.80±0.25 ^a	0.87±0.02 ^{bc}	222.84±19.85 ^b	0.68±0.01 ^b	0.35±0.03 ^{bc}
15	464.45±26.60 ^b	-1.53±0.16 ^a	0.90±0.04 ^a	268.90±23.47 ^a	0.65±0.03 ^c	0.34±0.02 ^c
20	526.47±37.34 ^a	-1.15±0.08 ^a	0.89±0.01 ^{ab}	276.69±26.40 ^a	0.59±0.02 ^d	0.30±0.02 ^d

注：不同字母表示纵列之间存在显著差异 ($P<0.05$)。

Note: Values in the same column with different lowercase letters were significantly different ($P<0.05$).

如表 4 所示，随着橄榄果渣添加量的增加，面包硬度数值增大，当橄榄果渣添加量为 5% 时，硬度值为 310.02 g，与空白样相比增幅较小；添加量达到 10% 时，面包硬度值为 382.83 g，面包硬度显著增大，口感更结实；当橄榄果渣添加量为 20% 时，面包的硬度值升高至 526.47 g，近乎为空白样的两倍，这主要是由于面团中加入橄榄果渣后，水不可溶性纤维含量较多，使面团的气孔变大且不均匀，导致制得的面包硬度增加，纹理结构发生变化。面包黏性随橄榄果渣添加量的变化不明显，加入橄榄果渣后，面包黏性值减小，当橄榄果渣添加量在 5%~10% 范围内时，面包黏性相对较低，表现为面包不黏牙。此外，根据表中数据，当橄榄果渣添加量为 5%~10% 时，面包弹性随添加量变化的幅度较小，当添加量达 15% 面包弹性才显著增强。咀嚼性反映面包在被食用过程中人体口腔舒适度的变化，数值不宜过小或过大，而咀嚼性数值与橄榄果渣添加量呈现正相关，在橄榄果渣添加量为 5% 时，咀嚼性数值变化幅度较小，添加量达到 10% 时，面包的咀嚼性开始显著增强，在感官品质上体现为不适宜咀嚼，因此 5%~10% 的橄榄果渣添加量可作为较为合适的添加范围。内聚性则与橄榄果渣添加量数值呈负相关。添加 5% 橄榄果渣面包回复性变化不明显，添加量达到 10% 面包回复性显著减小。

2.6 橄榄果渣添加量对面包色泽的影响

面包中的还原糖经过美拉德反应从而使面包产生非常诱人的金黄色至深褐色。且本实验中橄榄果渣的颜色也是影响面包色泽的主要因素。不同橄榄果渣添加量面包表皮和面包芯颜色的测试结果如表 5 所示。

表 5 面包色泽结果

Table 5 Bread color results

橄榄果渣添加量/%	L^*	a^*	b^*
面包芯			
0	98.90±0.42 ^a	0.24±0.07 ^d	17.14±0.24 ^a
5	62.13±1.08 ^b	5.97±0.10 ^c	14.29±0.21 ^b
10	55.80±4.66 ^c	7.31±0.31 ^a	12.10±0.50 ^c
15	51.26±0.37 ^d	6.87±0.04 ^b	9.80±0.11 ^d
20	48.67±0.42 ^d	6.84±0.19 ^b	8.32±0.42 ^e
面包表皮			
0	58.92±1.36 ^a	14.62±0.63 ^a	24.36±0.37 ^a
5	53.71±0.01 ^b	11.65±0.18 ^b	15.37±0.36 ^b
10	49.10±0.88 ^c	10.35±0.30 ^c	13.47±0.47 ^c
15	45.93±0.29 ^d	8.85±0.18 ^d	8.98±0.27 ^d
20	42.60±1.48 ^e	7.70±0.42 ^e	7.09±0.47 ^e

注：不同字母表示纵列之间存在显著差异 ($P<0.05$)。

Note: Values in the same column with different lowercase letters were significantly different ($P<0.05$).

测量了面包芯和面包表皮的 L^* 值, a^* 值和 b^* 值。 L^* 表示面包的亮度，数值越高，面包颜色越浅。根据表中数据可知，添加橄榄果渣后面包芯 L^* 大幅度下降，面包芯颜色随着橄榄果渣添加量升高而逐渐加深，这与感官评定过程中面包内部颜色变化一致。此外，加入橄榄果渣后的面包颜色都偏向于红色，其中在果渣添加量为 10% 时 a^* 值最高，红色最深；而随着橄榄果渣粉加得越多，面包芯和面包表皮的 b^* 值越低，即面包黄色减弱。综上所述，橄榄果渣粉添加量越大，表皮越趋向于呈现棕褐色，结合 2.3 中面包感官品质和外观的结论，认为橄榄果渣添加量在 10% 以上时会导致较低的消费者接受度。

2.7 橄榄果渣添加量对面包水分活度的影响

表 6 显示了橄榄果渣添加量对面包水分活度的影响。

表 6 橄榄果渣粉添加量与水分活度关系
 Table 6 Relationship between the amount of olive pomace powder added and water activity

橄榄果渣粉添加含量/%	水分活度
0	0.86±0.01 ^b
5	0.93±0.01 ^a
10	0.93±0.02 ^a
15	0.93±0.02 ^a
20	0.92±0.01 ^a

注：不同字母表示纵列之间存在显著差异 ($P<0.05$)。

Note: Values in the same column with different lowercase letters were significantly different ($P<0.05$).

面包的稳定性与水分状态有关，结合水的结合程度越高，面包稳定性越强。根据表 6 中数据可知，橄榄果渣添加量对面包水分活度的影响不显著，但添加油橄榄果渣后面包的水分活度显著变大，由 0.86 升高至 0.93 左右。橄榄果渣中含有一定量的纤维素，而水不溶性膳食纤维含量与持水率呈负相关关系^[15]，加入橄榄果渣后面包中纤维素含量升高，持水力减弱，面包水分活度增加；随着橄榄果渣添加量的增多，面包水分活度变化不大，可能是因为随着添加量的增大，混合粉中面筋蛋白和淀粉含量减少，而两者均具有较好的亲水性^[16]。

综上，结合感官品评分结果，认为面包中橄榄果渣添加量的适宜范围在 5%~10%，进一步分析认为，相比于 5% 的橄榄果渣添加量，10% 橄榄果渣添加量的面包比容稍小，表皮色泽略深，但面包具有更浓郁的橄榄果香味，且更高的膳食纤维添加量符合消费者的购买意愿，因此认为橄榄果渣添加量在 10% 最为适宜。

3 结论

通过对面包中加水量进行单因素实验，结果显示在面包配方中加水量为 52% 时，面包具有较好的感官品质；通过对面包中橄榄果渣添加量进行单因素实验，发现在添加橄榄果渣后，面包粗纤维含量升高，面包比容下降，面包硬度增加，添加量与咀嚼性呈正相关，与内聚性则呈负相关，分析结果后认为橄榄果渣添加量为 10% 时，面包具有良好的感官品质和风味，以及较高的粗纤维含量，可作为面包中最为适宜的橄榄果渣添加量。

参考文献：

- [1] GU M, HONG T, MA Y, et al. Effects of a commercial peptidase on rheology, microstructure, gluten properties of wheat dough and bread quality[J]. LWT--Food Science & Technology, 2022, 160: 113266.
- [2] 张华玲, 吴琴, 迟原龙, 等. 鲜油橄榄果渣的主要化学成分分析[J]. 中国油脂, 2016, 41(9): 103-106.
ZHANG H, WU Q, CHI Y, et al. Main chemical components in fresh olive pomace[J]. China Oils and Fats, 2016, 41(9): 103-106.
- [3] ISLER N, LAY R, KAVIDIR Y. Tempora variations in soil aggregation following olive pomace and vineyard pruning waste compost applications on clay, loam, and sandy loam soils[J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2022, 194(6): 1-17.
- [4] MESSINEO A, MANISCALCO M P, VOLPE R. Biomethane recovery from olive mill residues through anaerobic digestion: a review of the state of the art technology[J]. Science of the Total Environment, 2020, 703: 135508.
- [5] DUNNE G. Transforming olive waste into animal feed[J]. International Journal of Clinical Nutrition & Dietetics, 2019, 5(142): 10-12.
- [6] 丁莎莎, 黄立新, 张彩虹, 等. 油橄榄果渣膳食纤维碱法提取工艺优化及其理化性质研究[J]. 林产化学与工业, 2017, 37(1): 116-122.
DING S, HUANG L, ZHANG C, et al. Optimization of extraction technology of dietary fiber from olive pomace and its physicochemical characteristics[J]. Chemistry and Industry of Forest Products, 2017, 37(1): 116-122.
- [7] 张华玲, 贾冬英, 周正. 改良剂对油橄榄果渣面条品质的改善作用研究[J]. 中国食品添加剂, 2022, 33(7): 173-181.
ZHANG H, JIA Z, ZHOU Z. Study on the improvement effect of improver on the quality of olive pomace noodles[J]. China Food Additives, 2022, 33(7): 173-181.
- [8] 古小露, 阮梅兰, 王锴, 等. 油橄榄果渣酥性饼干的研制[J]. 食品研究与开发, 2022, 43(3): 110-116.
GU X, RUAN M, WANG K, et al. Development of oil olive pomace crispy biscuits[J]. Food Research and Development, 2022, 43(3): 110-116.
- [9] 苏瑶, 于倩, 刘宜睿, 等. 不同酒曲酿制的 3 种油橄榄果渣米酒的特性比较[J]. 食品科技, 2022, 47(2): 130-134.
SU Y, YU Q, LIU Y, et al. Comparison of the characteristics of three types of oil olive pomace rice wine made from different koji[J]. Food Science and Technology, 2022, 47(2): 130-134.
- [10] 洛桑卓玛, 张华玲, 黄俊僮, 等. 油橄榄果渣对面条品质的影响[J]. 现代食品科技, 2020, 36(6): 204-210.
LUOSANG Z, ZHANG H, HUANG K, et al. Effects of olive pomace on the quality of Chinese dried noodles[J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(6): 204-210.
- [11] LU X, BRENNAN M A, SERVENTI L, et al. Incorporation of mushroom powder into bread dough-effects on dough rheology

- and bread properties[J]. *Cereal Chemistry*, 2018, 95(3): 418-427.
- [12] 刘婷婷, 徐玉娟, 王大为. 米糠高品质膳食纤维在面包生产中的应用[J]. *食品研究与开发*, 2014, 35(10): 1-5.
- LIU T, XU Y, WANG D. The application of rice bran high quality dietary fiber in bread production[J]. *Food Research and Development*, 2014, 35(10): 1-5
- [13] 胡晓会. 淀粉对马铃薯面包体系中面筋蛋白网络形成及聚集状态影响的研究[D]. 江南大学, 2022.
- HU X H. Study on the effect of starch on the formation and aggregation of gluten protein network in potato bread system[D]. Jiangnan University, 2022.
- [14] SANGNARK A, NOOMHORM A. Effect of dietary fiber from sugarcane bagasse and sucrose ester on dough and bread properties[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2004, 37(7): 697-704.
- [15] 张丰, 李远, 韦琴, 等. 香蕉皮不溶性膳食纤维提取工艺优化及其在面包中的应用研究[J]. *安徽农学通报*, 2016, 22(6): 136-138.
- ZHANG F, LI Y, WEI Q, et al. Optimization of extraction process of insoluble dietary fiber from banana peels and its application in bread[J]. *Anhui Agricultural Science Bulletin*, 2016, 22(6): 136-138.
- [16] CORREA M J, FERRER E, ANON M C, et al. Interaction of modified celluloses and pectins with gluten proteins[J]. *Food Hydrocolloids*, 2014, 35: 91-99. 完

备注: 本文的彩色图表可从本刊官网 (<http://ljspxj.ijournal.cn>)、中国知网、万方、维普、超星等数据库下载获取。