

不同花生油对月饼饼皮面团特性及月饼品质的影响

龙钰婷¹, 柴秀航¹, 徐勇将^{1,2}, 刘元法¹

(1. 江南大学食品学院, 江苏无锡214122; 2. 南京福喆未来食品研究院有限公司, 南京210000)

摘要:旨在通过改变油脂来提升广式月饼的品质,以市售压榨一级花生油(PO,高温压榨)、市售压榨精制高油酸花生油(HO,高温压榨)、低温压榨高油酸花生油(RO,经脱胶处理)、低温压榨高油酸花生油(CO,未脱胶处理)为油脂原料来制作月饼,探究了4种花生油的品质差异,及其对月饼饼皮面团动态流变学特性、水分分布、质构特性的影响,以及对广式月饼理化特性和感官评分的影响。同时,对月饼饼皮面团特性与月饼品质进行了Pearson相关性分析。结果表明:低温压榨花生油在酸值、过氧化值和氧化稳定性方面均优于高温压榨花生油;相比于普通花生油,高油酸花生油的油酸含量较高,而亚油酸含量大幅减少;RO制作的面团与PO制作的面团相比弹性模量和黏性模量均显著降低,损耗因子显著增加,且PO制作的面团最大曲率时间最长,CO制作的面团最大曲率时间最短,不同花生油制作的面团质构特性不存在显著差异;RO制作的月饼感官得分最高,品质最好;面团黏性模量、最大曲率时间与月饼硬度呈显著正相关,面团最大曲率时间与月饼感官得分呈显著负相关。综上,低温压榨高油酸花生油可以改变月饼饼皮面团的流变学特性和水分分布,并对最终产品的感官品质具有一定的改善作用。

关键词:高油酸花生油;月饼;面团;流变学特性;水分分布;质构特性;感官评分

中图分类号:TS225.1;TS972 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2024)02-0075-08

Effect of different peanut oils on dough characteristics of mooncake crust and quality of mooncake

LONG Yuting¹, CHAI Xiuhang¹, XU Yongjiang^{1,2}, LIU Yuanfa¹

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

2. Nanjing Fuzhe Future Food Research Institute Co., Ltd., Nanjing 210000, China)

Abstract: In order to improve the quality of Cantonese mooncakes by changing the oils, four types of peanut oil of commercial pressed first-grade peanut oil (PO, high-temperature pressing), commercial pressed and refined high-oleic acid peanut oil (HO, high-temperature pressing), low-temperature pressed high-oleic acid peanut oil (RO, degumming treatment), and low-temperature pressed high-oleic acid peanut oil (CO, not degummed) were used as materials to make mooncake, the quality differences of the four peanut oils, and its effects on the dynamic rheological properties, water distribution, texture characteristics of mooncake crust dough, as well as the effects on the physicochemical properties and sensory scores of Cantonese mooncakes were studied. Meanwhile, the

收稿日期:2022-10-12;修回日期:2023-09-27

基金项目:“十四五”国家重点研发计划“大宗油料绿色加工及高值化利用关键技术研发与应用示范”(2021YFD2100300);江苏省食品安全与质量控制协同创新中心资助项目;江苏省重点科技项目(BE2021306)

作者简介:龙钰婷(1998),女,硕士研究生,研究方向为油脂营养安全与绿色制造(E-mail)LYT727498@163.com。

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

Pearson correlation analysis was conducted on the dough characteristics and mooncake quality. The results showed that low-temperature pressed peanut oil exhibited superior acid value, peroxide value, and oxidative stability compared with high-temperature pressed peanut oil. In contrast to common peanut oil, high-oleic acid peanut oil had a higher oleic acid content, while the linoleic acid content decreased significantly. The dough

made with RO exhibited significantly lower elastic modulus and viscous modulus, and significantly increased loss factor compared with the dough made with PO. Additionally, the dough made with PO had the longest maximum curvature time, while the dough made with CO had the shortest maximum curvature time. There was no significant difference in texture properties between doughs made with different peanut oils. Mooncakes made with RO achieved the highest sensory scores and demonstrated the best quality. The dough's viscous modulus and maximum curvature time showed a significant positive correlation with hardness of mooncakes, while the maximum curvature time exhibited a significant negative correlation with the sensory scores of mooncakes. In conclusion, low-temperature pressed high-oleic acid peanut oil can alter the rheological properties and water distribution properties in mooncake crust dough, contributing to the improvement of the final product's sensory quality.

Key words: high-oleic acid peanut oil; mooncake; dough; rheology property; water distribution; texture characteristics; sensory scores

广式月饼作为一类典型的中式糕点,通常是将面粉、油脂、转化糖浆、视水混合均匀后制成饼皮,再经过包馅、压模、烘烤等工序制作而成^[1],具有皮薄馅大,口感松软,风味多样,外观精美等特点^[2]。油脂作为月饼饼皮的主要原料之一,其添加量达到20%左右,对月饼的品质有重要影响。刘冬青等^[3]研究了月饼品质指标的变化与储藏时间的关系,发现油脂氧化是影响月饼品质的主要因素。白卫东等^[4]研究发现,储存时间的延长和储存温度的升高都会引起月饼酸值和过氧化值升高,导致其感官品质发生不同程度的恶化。月饼中油脂的品质不仅影响月饼的储存稳定性,还赋予了月饼松软口感、油亮外表和独特的香味^[5]。面团是由面粉到饼皮的过渡态物质,其流变学特性决定着面粉的加工特性和月饼的品质^[6],但油脂与面粉之间相互作用对月饼饼皮面团特性影响的研究还未涉及。

广式月饼饼皮中主要原料之一为花生油,其品质与花生品种和加工工艺有关^[7]。郑畅等^[8]研究发现,高油酸花生油氧化诱导时间及货架期较普通花生油提高了27.3 h和4.1年,并指出这与花生油的脂肪酸组成、维生素E和植物甾醇含量密切相关。郑斌等^[9]比较了花生预处理方式对花生油品质的影响,发现微波烘烤预处理不仅对花生油中锌元素保留效果较好,且其挥发性风味物质也更丰富。黄克霞等^[7]研究发现,微波预处理有利于提高花生油的氧化稳定性和微量活性成分的含量。然而,不同品质的花生油与月饼饼皮面团以及产品之间的关系尚不明确。

本研究以不同加工工艺得到的花生油为原料,研究其对广式月饼饼皮面团流变学特性以及月饼品质的影响规律和作用机制,以期通过改变油脂的性

质提升广式月饼的品质。

1 材料与方法

1.1 实验材料

1.1.1 原料与试剂

高油酸花生仁,购自天猫超市;市售压榨一级花生油(PO)、压榨精制高油酸花生油(HO),山东鲁花集团有限公司提供,均为脱皮花生仁于180℃烘烤40~50 min后采用螺旋压榨方式制取,再经过脱胶处理得到的商品花生油;王后小麦粉,广东金禾面粉有限公司;转化糖浆,上海枫未实业有限公司;红豆馅料,广州酒家利口福有限公司;硫代硫酸钠标准溶液(0.1 mol/L)、乙醚、异丙醇、氢氧化钠、三氯甲烷、冰乙酸、碘化钾、甲醇、三氟化硼、氢氧化钾均为分析纯;正己烷(色谱级)。

1.1.2 仪器与设备

中短波红外烘箱,圣泰科红外科技有限公司;液压榨油机,河南省巩义市绿源机械有限公司;Agilent7820A气相色谱仪,美国安捷伦公司;Metrohm Ranchman743型油脂氧化稳定性测定仪,瑞士万通公司;烤炉,无锡市双麦机械有限公司;TA.XTPlus质构仪,英国SMS公司;X500R QTOF高分辨质谱仪、ExionLC AD超高效液相色谱仪,美国爱博才思公司;DHR-3型流变仪,美国沃特斯公司;低场核磁共振成像分析仪(LF-NMR),上海纽迈电子科技有限公司;台式分光测色仪,杭州彩谱科技有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 低温压榨高油酸花生油的制备

称取一定量的高油酸花生仁平铺于托盘中,于120℃红外烘箱中加热60 min后,取出并冷却至室温,手工脱除花生红衣。将脱红衣花生仁利用液压榨油机压榨(压力40~50 MPa,时间30 min)制取花

生原油,再经离心(5 000 r/min,10 min)即得低温压榨高油酸花生油(CO)。将低温压榨高油酸花生油进行水化脱胶处理^[10],得到脱胶低温压榨高油酸花生油(RO)。将油样于4℃冰箱保存备用。

1.2.2 月饼饼皮面团的制备

准确称取10 g转化糖浆,加入4.3 g花生油,充分搅拌至呈乳状液,再加入16 g小麦粉混合至没有干粉即可,制备好的面团覆盖保鲜膜松弛1.5~2.0 h备用。

1.2.3 月饼的制作

月饼的制作参考叶韬等^[11]的方法,并稍作修改。将月饼饼皮面团分割成质量为12 g的小剂子,再包入33 g馅料,经压模成型,制成45 g的月饼坯,于上火150℃、下火215℃烘烤15~18 min,冷却后密封包装。

1.2.4 理化特性分析

1.2.4.1 花生油

酸值和过氧化值分别参照GB 5009.229—2016《食品安全国家标准 食品中酸价的测定》和GB 5009.227—2016《食品安全国家标准 食品中过氧化值的测定》测定,磷脂含量参照GB/T 5537—2008《粮油检验 磷脂含量的测定》测定,加热试验参照GB/T 5531—2018《粮油检验 植物油脂加热试验》测定。

氧化诱导时间采用Rancimat方法测定(参照GB/T 21121—2007):称取3.00 g样品于测试管中,在空气流量10 L/min、氧化温度110℃条件下测定。

脂肪酸组成采用气相色谱法测定。取2~3滴油样于具塞试管中,加入2 mL 0.5 mol/L KOH-CH₃OH溶液,在65℃恒温水浴中振荡30 min进行皂化;然后加入2 mL BF₃-CH₃OH(体积比1:3)溶液,再在70℃恒温水浴中加热10 min,冷却至室温后再加入2 mL正己烷并剧烈振荡3~4 min,静置分层后取上层液体于小离心管中,加入无水Na₂SO₄除水,过膜后进气相色谱仪检测,气相色谱条件参照文献[12]。

1.2.4.2 月饼饼皮面团

参考Zhang等^[13]的方法并稍作修改分析流变学特性。将面团压成2 mm厚,在平板间放置5 min开始测试。平板直径为20 mm,先进行应力扫描确定面团线性黏弹区,选择测试应变为0.01%。之后进行频率扫描,频率范围为0.1~10 Hz,弹性模量(*G'*)和黏性模量(*G''*)被记录为频率的函数。

参考李娟^[14]的方法并稍作修改测定水分分布。取5 g面团,用保鲜膜包裹以防止水分散失,置于核磁管中进行测定。LF-NMR测定条件:CPMG序列接收机带宽(SW)100 kHz,重复采样等待时间(TW)3 000 ms,90°脉冲时间(P1)7.00 μs,180°脉

冲时间(P2)14.48 μs,90°射频至采集时间间隔(RFD)0.08 ms,增益(RG1)20,数字增益(DRG1)3,重复采样次数(NS)4,回波时间(TE)0.40 ms,回波个数(NECH)4 000。

采用质构仪测定质构特性。取35 g面团制成长、宽、高均为3 cm的正方体后进行测定,测定条件为测前速度2 mm/s、测试速度1 mm/s、测后速度1 mm/s、形变50%、停留时间0.5 s、触发力5 g、探头类型P/25,每个样品重复测定5次。

1.2.4.3 月饼

饼皮色泽采用台式分光测色仪分别选择3个点进行测定,结果用*L**、*a**、*b**表示。月饼硬度采用质构仪测定,在室温下对回软后的月饼进行测定,测定条件为测前速度1 mm/s、测试速度1 mm/s、测后速度1 mm/s、形变50%,探头类型P/36R。饼皮水分含量参照GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》采用直接干燥法测定。饼皮油脂含量参照GB 5009.6—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》采用索氏抽提法测定(将饼皮尽可能切碎混匀,取3 g测定)。月饼的酸值参照GB 5009.229—2016《食品安全国家标准 食品中酸价的测定》采用冷溶剂指示滴定法测定。月饼的过氧化值参考GB 5009.227—2016《食品安全国家标准 食品中过氧化值的测定》采用滴定法测定。

月饼的感官评价根据GB/T 19855—2015《月饼》中的感官要求,参考陈弦等^[15]的方法并稍作修改进行测定。选取10名具有食品专业背景的同学组成感官评定小组,将4种花生油制作的广式月饼随机编号后发放给感官评价员,参照表1评价标准对不同花生油制作的月饼进行感官评分。

表1 广式月饼感官评价标准

项目	描述	分值设定
色泽	色泽均匀,表面棕黄或棕红,腰部呈乳黄色	7~10
	色泽均匀,整体呈黄色或浅黄色	4~7
	色泽不均匀,表皮泛白,底部焦黑	1~4
形态	外形饱满,腰部微凸,轮廓分明,花纹清晰	7~10
	表面平整,腰无鼓,但不收缩,轮廓分明,花纹清晰	4~7
	表面凹陷,饼身塌斜,饼皮爆裂,露馅	1~4
油润度	表面油亮,有光泽感	7~10
	表面略有油光	4~7
	无油光	1~4
滋味	有月饼特有滋味,口感丰厚	7~10
	有月饼特有滋味,口感平淡	4~7
	无明显的月饼滋味	1~4

续表 1

项目	描述	分值设定
组织	饼皮厚薄均匀,皮馅无脱壳现象,馅料细腻,无杂质	7~10
	饼皮厚薄比较均匀,皮馅无脱壳现象,馅料有颗粒感	4~7
	饼皮厚薄不一,皮馅分离,馅料有明显的颗粒感	1~4
香味	有月饼特有的烘烤香味	7~10
	香味不明显或过重	4~7
咀嚼性与黏性	有异味	1~4
	口感细腻均一,不黏牙	7~10
	口感较为均一,稍有黏牙感	4~7
	口感粗糙,有明显的黏牙感	1~4
弹性	无弹性	7~10
	稍有弹性	4~7
	有明显的弹性	1~4
硬度	口感柔软	7~10
	介于柔软和坚硬之间,口感偏硬	4~7
	口感坚硬	1~4
残留颗粒	吞咽结束后,口腔中基本无颗粒残留	7~10
	吞咽结束后,口腔中有适中颗粒残留	4~7
	吞咽结束后,口腔中有较多颗粒残留	1~4

1.2.5 数据统计与分析

采用 SPSS 22 软件的单因素方差分析方法进行统计分析,采用 Duncan 检验分析样本间的显著性差异, $p < 0.05$ 具有统计学意义。

2 结果与讨论

2.1 不同花生油的基本理化指标

表 2 为不同花生油的基本理化指标。

表 2 不同花生油的基本理化指标

花生油	酸值(KOH)/ (mg/g)	过氧化值/ (mmol/kg)	氧化诱导 时间/h	磷脂含量/ (mg/g)
PO	1.01 ± 0.08 ^a	3.94 ± 0.18 ^a	4.50 ± 0.07 ^d	0.060 ± 0.004 ^d
HO	0.72 ± 0.00 ^b	3.55 ± 0.16 ^b	9.43 ± 0.27 ^c	0.221 ± 0.016 ^b
RO	0.64 ± 0.03 ^b	1.18 ± 0.04 ^c	20.66 ± 0.29 ^b	0.109 ± 0.001 ^c
CO	0.61 ± 0.01 ^b	0.79 ± 0.08 ^d	30.61 ± 2.27 ^a	8.481 ± 0.028 ^a

注:同列不同字母表示具有显著差异($p < 0.05$)

由表 2 可知,PO 的酸值和过氧化值高于 HO、RO 和 CO,但是 4 种花生油均符合 GB/T 1534—2017《花生油》中压榨一级成品花生油的规定(酸值(KOH) ≤ 1.5 mg/g,过氧化值 ≤ 6 mmol/kg),整体而言,红外预处理结合液压压榨制备的花生油具有更低的酸值和过氧化值,具有较好的品质。花生油中的磷脂经过脱胶工艺后均能得到较好的脱除。除了 CO 外,PO、HO 和 RO 的 280 °C 加热试验均无析出物,而且油色不变。

由表 2 可知,HO 的氧化诱导时间显著长于 PO 的,说明高油酸花生油具有更好的氧化稳定性。相比 HO 和 PO,RO 和 CO 的氧化诱导时间更长,分别达到了 20.66 h 和 30.61 h,说明花生油的制备过程中,原料种类、预处理方式以及榨油方式等均与花生油的氧化稳定性有关。花生油中富含不饱和脂肪酸(油酸、亚油酸约占总脂肪酸的 80%),油酸的氧化稳定性远高于亚油酸,而 RO、CO、HO 均为高油酸花生油,故其氧化稳定性远高于普通花生油 PO。PO 和 HO 采用高温烘烤预处理,破坏了油中热敏性物质,如维生素 E、多酚等^[16],而 RO 和 CO 采用红外预处理,保留了更多的酚类等有益成分^[17],导致 RO 和 CO 的氧化稳定性优于 PO 和 HO 的。此外,RO 氧化诱导时间短于 CO,可能是由于水化脱胶过程中一些微量活性成分,如植物甾醇、维生素 E、多酚等被破坏,从而影响了花生油的氧化稳定性。

2.2 不同花生油的脂肪酸组成

脂肪酸组成和含量在很大程度上决定了食用油的物理和化学性质。不同花生油的脂肪酸组成及含量如表 3 所示。

表 3 不同花生油的脂肪酸组成及含量 %

脂肪酸	RO	PO	CO	HO
C _{14:0}	0.05 ± 0.03 ^a	0.10 ± 0.07 ^a	0.13 ± 0.00 ^a	0.10 ± 0.02 ^a
C _{16:0}	5.67 ± 0.07 ^a	9.80 ± 0.05 ^c	5.72 ± 0.00 ^a	5.96 ± 0.07 ^b
C _{16:1}	0.07 ± 0.03 ^a	0.09 ± 0.01 ^{ab}	0.14 ± 0.08 ^b	0.11 ± 0.01 ^{ab}
C _{17:0}	0.11 ± 0.01 ^a	0.15 ± 0.03 ^b	0.23 ± 0.13 ^d	0.20 ± 0.00 ^c
C _{17:1}	0.09 ± 0.03 ^a	0.08 ± 0.00 ^a	0.15 ± 0.08 ^b	0.12 ± 0.01 ^{ab}
C _{18:0}	2.67 ± 0.10 ^a	3.44 ± 0.01 ^b	2.64 ± 1.87 ^a	2.65 ± 0.00 ^a
C _{18:1}	80.78 ± 0.17 ^d	50.79 ± 0.06 ^a	79.67 ± 52.7 ^c	74.54 ± 0.32 ^b
C _{18:2}	3.95 ± 0.22 ^a	27.93 ± 0.05 ^c	4.11 ± 5.15 ^a	7.29 ± 0.01 ^b
C _{20:0}	0.06 ± 0.03 ^a	0.05 ± 0.00 ^a	0.12 ± 0.05 ^b	0.08 ± 0.01 ^{ab}
C _{20:1}	1.21 ± 0.09 ^a	1.42 ± 0.02 ^b	1.20 ± 0.90 ^a	1.29 ± 0.00 ^a
C _{18:3}	1.39 ± 0.04 ^b	1.19 ± 0.01 ^a	1.47 ± 1.30 ^b	1.95 ± 0.00 ^c
C _{21:0}	0.07 ± 0.00 ^a	0.13 ± 0.00 ^b	0.21 ± 0.13 ^d	0.19 ± 0.00 ^c
C _{22:0}	0.03 ± 0.04 ^a	0.03 ± 0.04 ^a	0.06 ± 0.08 ^a	0.06 ± 0.00 ^a
C _{20:3}	2.23 ± 0.36 ^a	2.91 ± 0.00 ^b	2.08 ± 0.14 ^a	2.93 ± 0.00 ^b
C _{20:4}	0.08 ± 0.06 ^a	0.10 ± 0.00 ^a	0.16 ± 0.06 ^{ab}	0.21 ± 0.01 ^b
C _{22:2}	0.03 ± 0.03 ^a	0.05 ± 0.00 ^{ab}	0.10 ± 0.12 ^b	0.09 ± 0.01 ^{ab}
C _{24:0}	0.05 ± 0.00 ^a	0.10 ± 0.00 ^b	0.20 ± 1.26 ^c	0.18 ± 0.00 ^c
C _{20:5}	1.40 ± 0.24 ^a	1.39 ± 0.00 ^a	1.28 ± 0.00 ^a	1.79 ± 0.02 ^b
C _{22:6}	0.03 ± 0.03 ^a	0.11 ± 0.00 ^b	0.22 ± 0.00 ^c	0.19 ± 0.00 ^c
SFA	8.70 ± 0.08 ^a	13.79 ± 0.24 ^c	9.30 ± 0.18 ^b	9.41 ± 0.03 ^b
MUFA	82.15 ± 0.14 ^d	52.39 ± 0.10 ^a	81.15 ± 0.30 ^c	76.00 ± 0.02 ^b
PUFA	9.13 ± 0.22 ^a	33.67 ± 0.10 ^d	9.41 ± 0.07 ^b	14.43 ± 0.03 ^c
O/L	20.46 ± 1.07 ^c	1.82 ± 0.01 ^a	19.40 ± 0.14 ^c	10.23 ± 0.00 ^b

注:同行不同字母表示具有显著差异($p < 0.05$)

由表 3 可知,PO 以棕榈酸(C_{16:0})、油酸(C_{18:1})、亚油酸(C_{18:2})为主,不饱和脂肪含量高达

86%以上。相比普通花生油,高油酸花生油中油酸含量较高,超过74%,而亚油酸含量减少很多,使得油酸与亚油酸的比值(O/L)差异较大,如PO的O/L值为1.82,而RO的O/L高达20.46,这解释了高油酸花生油比普通花生油具有更好的氧化稳定性,而这种差异势必对月饼饼皮面团和月饼的品质产生不同的影响^[5]。

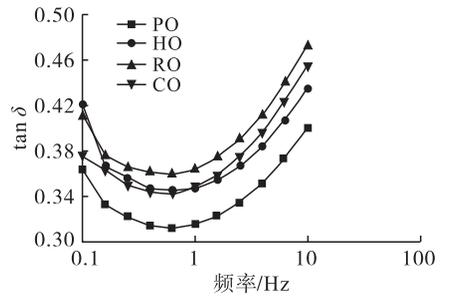
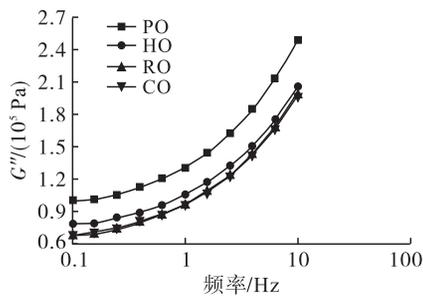
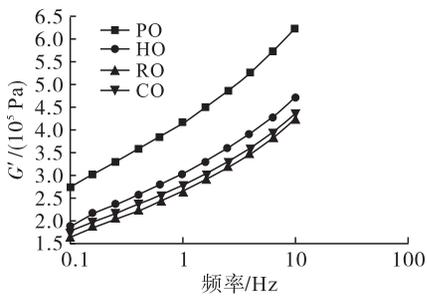


图1 不同花生油对月饼饼皮面团流变学特性的影响

由图1可知,在任何扫描频率下面团的 G' 均大于 G'' ,即表现出典型的固体黏弹行为。PO制作的面团 G' 显著高于高油酸花生油制作的面团,且HO制作的面团 G' 显著高于RO和CO制作的面团。这可能是因为PO相较于高油酸花生油含有较多的饱和脂肪酸,与不饱和脂肪酸相比,饱和脂肪酸被氢完全饱和,具有相对较强的刚性结构,在面团体系中更加紧凑且更像固体^[20],因此表现为 G' 更大。同样的,PO制作的面团 G'' 也显著高于高油酸花生油制作的面团,这可能是因为面团黏度的变化与花生油的流变行为有关,而花生油的流变行为与其脂肪酸组成有关,随着油酸的减少($r = -9.844$)和亚油酸的增加($r = 0.980$) G'' 明显增加,同样 G'' 与PUFA比例高度相关($r = 0.986$),表明花生油中含有更多双键的脂肪酸对面团黏度影响更大。

2.3.2 对水分分布的影响

水分分布在面团的流变行为和可加工性中起着关键作用,因此决定了面团的特性。不同花生油制作的月饼饼皮面团横向弛豫特性如图2所示。

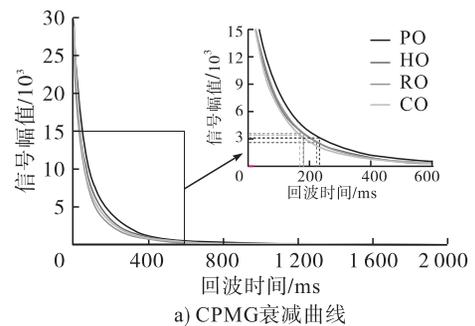
由图2a可知,4种面团表现出相似的衰减趋势,但衰减曲率具有明显的差异,其中PO制作的面团最大曲率时间(最大曲率时间表示衰减曲线达到最大曲率值所需要的时间,最大曲率时间越长,曲率越小,说明回波衰减过程越长^[21])最长,为231.3 ms,而CO制作的面团最大曲率时间最短,为168.5 ms,表明CO面团的CPMG衰减曲线信号强度较弱,衰减速度快^[22]。不同花生油黏度不同,是引起其所制面团衰减过程存在差异的原因。花生油黏度受脂肪酸组成及甘三酯分子构象的影响^[23],油脂的不饱

2.3 不同花生油对月饼饼皮面团理化指标的影响

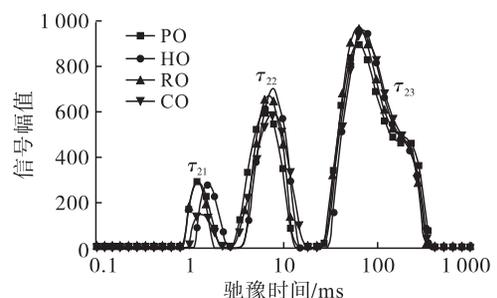
2.3.1 对流变学特性的影响

面团的黏弹性是评价面团品质的重要指标之一^[18],损耗因子($\tan \delta = G''/G'$)通常用来表示黏性与弹性之间的响应比值,可反映面团弹性特征或黏性特征的变化情况^[19]。不同花生油对月饼饼皮面团流变学特性的影响如图1所示。

和脂肪酸含量与黏度呈负相关,且双键数量越多,脂肪酸分子堆叠越松散,油脂黏度越低^[24]。PO中PUFA含量最高,油脂黏度相对较低,从而使氢质子迁移率增加,衰减速度变慢。这与彭丹等^[25]利用低场核磁共振鉴别花生油真伪的结果一致,即油脂的不饱和度和碳链长度会影响回波曲线的衰减速率。



a) CPMG衰减曲线



b) 横向弛豫图谱

图2 不同花生油制作的月饼饼皮面团横向弛豫特性

τ_2 通常用以描述样品中的水分存在状态,其值越小,表明水分流动性越弱^[13]。面团中的水要么与蛋白质/淀粉结合,直接有助于面团结构的超分子组织,要么自由地分布在面团中以赋予流动性^[26]。而月饼饼皮面团中还添加了较多的油脂,因此月饼饼皮面团弛豫峰是水分和油脂共同作用的结果。由图

2b可知,月饼饼皮面团共有3个弛豫峰,即 τ_{21} (0.85~2.77 ms)、 τ_{22} (3.19~16.83 ms)和 τ_{23} (27.36~382.75 ms)。PO制作的月饼饼皮面团 τ_{22} 峰明显向左偏移,这可能是由于不同花生油黏度以及脂肪酸组成差异造成的。此外,PO制作的月饼饼皮面团 τ_{22} 峰面积与 τ_{23} 峰面积的比值显著小于其他3

组面团。这是因为面团中自由水和结合水的平衡会直接影响面团的弹性和延伸性,因此这也是造成不同花生油制作的月饼饼皮面团流变学特性差异的原因。

2.3.3 对质构特性的影响

不同花生油制作的月饼饼皮面团质构特性如表4所示。

表4 不同花生油对月饼饼皮面团质构特性的影响

面团	硬度/g	胶黏性/(g/s)	内聚性	回复性
PO面团	1 752.37 ± 26.20 ^a	158.46 ± 11.58 ^a	0.05 ± 0.00 ^a	0.09 ± 0.00 ^a
HO面团	1 897.22 ± 10.21 ^a	188.52 ± 20.64 ^a	0.06 ± 0.01 ^a	0.10 ± 0.00 ^a
RO面团	1 944.30 ± 37.99 ^a	183.64 ± 10.83 ^a	0.05 ± 0.01 ^a	0.09 ± 0.00 ^a
CO面团	1 762.86 ± 33.82 ^a	164.16 ± 6.30 ^a	0.05 ± 0.00 ^a	0.09 ± 0.00 ^a

注:同列不同字母表示具有显著差异($p < 0.05$)

由表4可知:RO面团硬度最大,达到了1 944.30 g,其次是HO面团,为1 897.22 g,PO面团的硬度最小,为1 752.37 g;对于胶黏性,HO和RO面团较大,PO面团最小;HO面团的内聚性和回复性均较其他面团更大;但不同花生油制作的月饼饼皮面团质构特性均不存在显著差异,这可能是因为面团质

构特性主要受面筋蛋白及淀粉颗粒的影响,不同花生油虽对面筋网络结构及淀粉溶胀具有一定的作用^[27],但在宏观质构上无法呈现出明显差异。

2.4 不同花生油对月饼品质特性的影响

表5为不同花生油制作的月饼的理化指标。

表5 不同花生油制作的月饼理化指标

项目	PO月饼	HO月饼	RO月饼	CO月饼
L^*	57.51 ± 1.20 ^a	56.56 ± 0.64 ^a	58.12 ± 1.42 ^a	58.23 ± 0.37 ^a
a^*	12.86 ± 0.37 ^a	12.97 ± 0.12 ^a	12.90 ± 0.13 ^a	11.88 ± 0.52 ^b
b^*	25.05 ± 1.41 ^a	24.28 ± 0.70 ^a	24.94 ± 1.22 ^a	24.27 ± 0.16 ^a
硬度/g	235.80 ± 6.70 ^a	191.28 ± 0.68 ^b	134.32 ± 1.51 ^c	136.09 ± 0.07 ^c
饼皮水分含量/%	11.59 ± 0.24 ^a	12.18 ± 0.18 ^a	11.74 ± 0.08 ^a	12.15 ± 0.32 ^a
饼皮油脂含量/%	18.11 ± 0.78 ^a	17.71 ± 0.12 ^a	18.26 ± 0.06 ^a	17.45 ± 0.06 ^a
酸值(KOH)/(mg/g)	1.21 ± 0.03 ^a	0.84 ± 0.00 ^b	0.71 ± 0.03 ^c	0.69 ± 0.01 ^c
过氧化值/(mmol/kg)	4.32 ± 0.12 ^a	3.85 ± 0.13 ^b	1.22 ± 0.11 ^c	1.17 ± 0.08 ^d
感官得分	71.25 ± 1.88 ^d	71.89 ± 2.35 ^c	74.79 ± 1.23 ^a	74.50 ± 1.57 ^b

注:同行不同字母表示具有显著差异($p < 0.05$)

由表5可知,不同花生油制作的月饼色泽的 L^* 、 b^* 值以及饼皮水分含量和饼皮油脂含量不存在显著差异,而CO和RO月饼的酸值、过氧化值均小于PO和HO月饼,这主要是由于CO和RO的氧化稳定性高(表2),从而可以减缓月饼中油脂的氧化酸败。CO和RO月饼的硬度也小于PO和HO月饼,说明低温压榨高油酸花生油的使用可以降低月饼饼皮的硬度,使月饼饼皮质地更柔软,这可能是由于花生油的加工工艺不同,造成花生油品质差异,进而影响月饼硬度。此外,PO月饼硬度最大,为235.80 g,与RO月饼相比硬度增加了75.6%。这可能是由于PO中SFA含量较高,在面团体系中排列紧凑,更像固体^[19],表现出月饼饼皮

硬度更大。

不同花生油制作的月饼感官评价雷达图如图3所示。

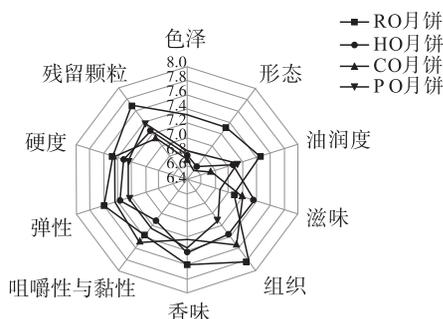


图3 不同花生油制作的月饼感官评价雷达图

由图3可知,RO月饼在形态、油润度、组织、香

味、弹性、残留颗粒等感官指标的得分高于其他组。不同花生油制作的月饼感官得分排名为 RO > CO > HO > PO(表5)。由于不同面团水分分布存在差异,导致面团的弹性和延伸性不同。PO 面团 τ_{22} 峰面积与 τ_{23} 峰面积比值最小,面团中自由水和结合水的平衡被破坏,从而使面筋蛋白网络结构的形成及淀粉颗粒的溶胀行为受到影响,表现出最终月饼品质较低。因此,RO 的应用可以改善月饼品质。

2.5 饼皮面团与月饼品质的相关性分析

为确定不同花生油制作的月饼饼皮面团与月饼品质之间的关系,将面团流变学参数、最大曲率时间、月饼硬度和月饼感官得分进行 Pearson 相关性分析,结果如图4所示。

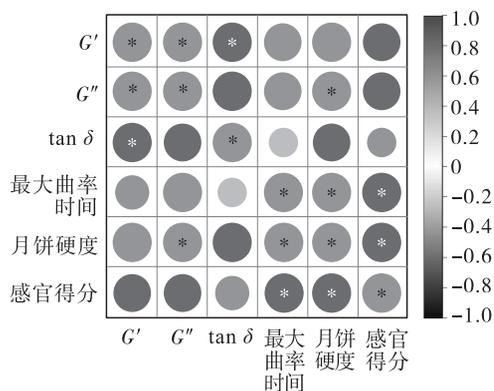


图4 饼皮面团与月饼品质的 Pearson 相关性分析

由图4可知:面团 G'' 、最大曲率时间与月饼硬度呈显著正相关;面团最大曲率时间与月饼感官得分呈显著负相关。这可能是由于不同花生油脂肪酸组成及甘三酯构象不同,导致面团流变学特性及水分分布的差异,从而表现出月饼饼皮质构与感官的区别。在面团特性中,面团的 G' 与 G'' 呈显著正相关,与 $\tan \delta$ 呈显著负相关,说明不同花生油的添加会改变面团的 G' 和 G'' 之间的响应值,而面团弹性和黏性之间的平衡对于获得理想的饼皮品质至关重要。

3 结论

由于原料及制油工艺的不同,不同花生油理化指标之间存在显著差异,低温压榨高油酸花生油在酸值、过氧化值、氧化稳定性方面均优于高温压榨花生油。利用不同花生油制作月饼饼皮面团,面团的流变学特性及水分分布均存在显著差异,而质构特性没有明显差异。用不同花生油制作广式月饼,通过理化指标的测定及感官评价,得出 RO 制作的广式月饼品质显著优于其他组别。此外,相关性分析表明,面团黏性模量、最大曲率时间与月饼硬度呈显

著正相关;面团最大曲率时间与月饼感官得分呈显著负相关。但需要指出的是,花生油是一个复杂的多组分体系,其对月饼饼皮面团及月饼的影响还涉及各组分之间的相互作用。因此,为了深入了解花生油对月饼饼皮面团及月饼品质的影响,在未来还需对作用机制进行系统研究。

参考文献:

- [1] 陈志航,杨德望. 广式月饼生产关键技术及设备进展[J]. 现代食品科技, 2011, 27(7): 835-838.
- [2] 龙钰婷,柴秀航,李生花,等. 广式月饼加工工艺及品质评价研究进展[J]. 食品工业科技, 2023, 44(3): 452-460.
- [3] 刘冬青,陈朴,臧鹏,等. 月饼品质指标变化规律研究和保质期预测模型的建立[J]. 食品科学, 2022, 43(17): 221-230.
- [4] 白卫东,肖燕清,钱敏,等. 广式月饼储存过程中氧化问题的研究[J]. 食品工业科技, 2010, 31(8): 67-69.
- [5] 黄训端,罗银倩,江明星,等. 专用油脂对月饼品质的影响研究[J]. 中国油脂, 2014, 39(11): 65-68.
- [6] 孙慧娟,朱玲,刘通通,等. 亚麻籽饼粕对面团流变学特性以及饼干品质的影响[J]. 中国粮油学报, 2022, 37(8): 80-85.
- [7] 黄克霞,李进伟,曹培让,等. 微波处理对花生油品质及风味的影响[J]. 中国油脂, 2017, 42(7): 30-34.
- [8] 郑畅,杨湄,周琦,等. 高油酸花生油与普通油酸花生油的脂肪酸、微量成分含量和氧化稳定性[J]. 中国油脂, 2014, 39(11): 40-43.
- [9] 郑斌,张曼曼,张珂萌,等. 微波烘烤与传统蒸炒工艺对黑花生油品质和风味的影响[J]. 中国粮油学报, 2022, 37(12): 192-197.
- [10] 吴克刚,张文,柴向华. 花生油水化脱胶工艺条件的研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(7): 257-259.
- [11] 叶韬,陈志娜,尹琳琳,等. 超微豆渣部分替代面粉对广式月饼品质的影响[J]. 食品工业科技, 2017, 38(6): 256-260.
- [12] 张妍. 不同哺乳期山羊乳脂质组成及其消化吸收特性的比较研究[D]. 江苏 无锡: 江南大学, 2021.
- [13] ZHANG T, GUAN E, YANG Y, et al. Fatty acid profiles of vegetable oils from four different plant sources and their effects on dough rheology and Chinese steamed bread quality[J]. Int J Food Sci Tech, 2020, 56(5): 2407-2414.
- [14] 李娟. 全麦苏打饼干烘焙品质改良以及水分迁移机制的研究[D]. 江苏 无锡: 江南大学, 2013.
- [15] 陈弦,张凌泓,张雁,等. 回软对紫薯类月饼 TPA 参数及感官品质的影响[J]. 食品科学, 2017, 38(13): 138-142.

(下转第113页)

