

油莎豆油基低饱和人造奶油的制备 及其在面包中的应用

董帅豪,周燕霞,孙尚德

(河南工业大学 粮油食品学院,郑州 450001)

摘要:为充分利用油莎豆油及改善人造奶油的营养品质,以油莎豆油和棕榈硬脂为原料制备人造奶油,与5种市售人造奶油的理化性质进行对比分析,并将其应用到面包制作中。结果表明:自制人造奶油的熔点(33.51℃)在5种市售人造奶油的熔点范围内(32.33~45.43℃),且满足LS/T 3217—1987标准要求;自制人造奶油具有较好的延展性、抗渗油能力以及良好的口融性,同时拥有较低的饱和脂肪酸含量(<40%)、动脉粥样硬化指数(0.56)和血栓形成指数(1.15);与市售人造奶油相比,自制人造奶油具有较多的 β' 晶型以及较好的热性质;添加自制人造奶油的面包,具有较低的烘焙损失率、较大的比容和较好的感官评分。综上,自制人造奶油具有良好的发展潜力,有望代替市售人造奶油应用到面包、饼干、甜点等焙烤领域。

关键词:油莎豆油;固体脂肪含量;晶型;熔点;人造奶油;面包

中图分类号:TS225.6;R154 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2024)05-0100-07

Preparation of tiger nut oil based low saturated margarine and its application in breads

DONG Shuaihao, ZHOU Yanxia, SUN Shangde

(College of Food Science and Engineering, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: In order to fully utilize tiger nut oil and improve the nutritional quality of margarine, margarine was prepared from tiger nut oil and palm stearin, and its physicochemical properties were compared with five commercial margarines, and it was applied to bread making. The results showed that the melting point of homemade margarine (33.51℃) was within the melting point range of five commercial margarines (32.33–45.43℃) and met the requirements of LS/T 3217–1987. Homemade margarine had good ductility, resistance to oil seepage, and good oral thawing properties, while it had a low saturated fatty acid content (<40%), atherogenicity index (0.56) and thrombogenicity index (1.15). Compared with commercial margarine, homemade margarine had more β' crystals, as well as better thermal properties. Breads with the addition of homemade margarine had lower baking loss as well as larger specific volume and better sensory scores. In conclusion, homemade margarine has good development potential and is expected to replace commercial margarine in baking fields such as breads, cookies and desserts.

Key words: tiger nut oil; solid fat content; crystalline; melting point; margarine; bread

收稿日期:2023-03-08;修回日期:2024-01-04

基金项目:广东省重点领域研发计划项目(2022B0202010003);
小麦和玉米深加工国家工程研究中心开放课题(NL2022007)

作者简介:董帅豪(1994),男,硕士研究生,研究方向为脂质化学(E-mail)15649858727@163.com。

通信作者:孙尚德,教授,博士生导师(E-mail)shangdesun@haut.edu.cn。

油莎豆属莎草科一年生草本植物,又称虎坚果、地下板栗、人参果、地下核桃等,是一种优质、高产、耐瘠,集粮、油、牧、饲于一体,开发潜力大,综合利用价值较高的新兴经济作物^[1]。同时,油莎豆也是目前唯一已知在块茎营养器官中积累大量油脂的作物,含油量远高于传统的地下块茎类植物,如木薯

(0.30%)、山药(0.20%)、马铃薯(0.16%)等^[2]。每公顷油莎豆可产1 200~1 800 kg油脂,其单位面积油脂产量是大豆的4倍、油菜的2倍、花生的1.5倍,被誉为“油料作物之王”^[3]。油莎豆油为不干性油,色泽清亮,味道醇香,具有坚果油的香味,其不饱和脂肪酸含量达85%以上^[3](其中油酸含量为67%~74%,亚油酸含量为9%~12%^[4]),其品质可与橄榄油和榛子油相媲美^[3]。油莎豆油对降低血脂、防治心血管疾病和机体代谢紊乱等病症具有一定的作用,是一种优质的食用植物油^[5]。

人造奶油又称人造黄油,是一种油包水型的可塑性乳化食品。我国人造奶油品种单一,质量参差不齐,基料油多是氢化动植物油脂或其混合物,存在反式脂肪酸和饱和脂肪酸含量高,口感较差,营养价值低等问题,不能满足人们对食品营养健康性的需求^[6]。尽管目前众多研究利用酯交换技术制备人造奶油,一定程度上改善了人造奶油中反式脂肪酸含量较高的问题,但人造奶油中饱和脂肪酸含量高、营养价值低的问题,一直未得到重视,此外,油莎豆油在人造奶油等塑性脂肪行业的应用尚未见报道。基于此,本文以油莎豆油和棕榈硬脂为原料,采用化学酯交换法制备人造奶油,并与市售人造奶油的理化性质进行对比,并将其应用到面包烘焙中,以期拓宽油莎豆油的应用范围及为改善人造奶油的质量提供参考。

1 材料与方法

1.1 实验材料

1.1.1 原料与试剂

油莎豆油,北京鑫科创油莎豆科技发展有限公司;棕榈硬脂(53.1℃),益海(广州)粮油有限公司;正己烷(色谱纯),美国VBS生物公司;无水硫酸钠,天津市科密欧化学试剂有限公司;高筋面粉、干酵母、糖、盐、脱脂奶粉、面包改良剂和市售人造奶油,购于当地超市(郑州)。

1.1.2 仪器与设备

Minispec20/100RTS脉冲核磁共振仪,德国Bruker公司;7890B/5975气相色谱仪,美国Agilent公司;DSC2001F差式扫描量热仪,德国耐驰公司;D8 Advance X射线衍射仪,英国马尔文仪器有限公司;DL-K33B多功能烤箱,广东东菱电器有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 油莎豆油基人造奶油的制备

参照文献^[7]的方法采用化学酯交换法制备油莎豆油基人造奶油,并稍加修改。

将油莎豆油和棕榈硬脂按质量比6:4加入

100 mL圆底烧瓶中,在105℃下抽真空30 min。在80℃下,加入0.36%(按油质量)甲醇钠作催化剂,真空状态下500 r/min搅拌反应32 min。然后加入5%的柠檬酸水溶液终止反应,水洗至中性,经真空干燥处理后得到油莎豆油基人造奶油基料油。

取84 g基料油与1 g乳化剂(乳酸甘油酯39.6%、分子蒸馏单甘酯26.1%、蔗糖酯34.3%)混合,在80℃、200 r/min下搅拌5 min,使其充分混合。然后将油相温度降至65℃,向油相中缓慢加入15 g蒸馏水,在2 000 r/min下搅拌20 min。随后将乳化油脂在45℃下预冷10 min,将预冷后的乳化油脂浸入冷却液在-10℃、500 r/min下急冷捏合5 min。捏合完全后,在25℃环境中熟化48 h,得到油莎豆油基人造奶油。

1.2.2 人造奶油理化性质分析

1.2.2.1 基本理化指标测定

熔点(SMP)参照GB/T 12766—2008测定;固体脂肪含量参照Kowalski等^[8]的方法测定;脂肪酸组成参照Da Cruz Rodrigues等^[9]的方法测定;动脉粥样硬化指数(AI)和血栓形成指数(TI)参照Ulbricht等^[10]的方法测定,分别按公式(1)和公式(2)计算。

$$I_A = \frac{a + 4b + c}{x_1 + x_2 + x_3} \quad (1)$$

$$I_T = \frac{b + c + d}{0.5x_1 + 0.5x_2 + 3x_3} \quad (2)$$

式中: I_A 为动脉粥样硬化指数; I_T 为血栓形成指数; a 为月桂酸的含量; b 为肉豆蔻酸的含量; c 为棕榈酸的含量; d 为硬脂酸的含量; x_1 为单不饱和脂肪酸的含量; x_2 为 $\omega-6$ 脂肪酸的含量; x_3 为 $\omega-3$ 脂肪酸的含量。

1.2.2.2 晶型测定

采用X射线衍射法进行人造奶油晶型测定。测定前先将人造奶油置于25℃环境中保存24 h,然后取适量人造奶油均匀涂抹于检测片上的圆孔内,在25℃环境下测定,工作电压40 kV,电流40 mA,扫描范围5°~40°,扫描步长0.02°,扫描速度0.1 s/步。按公式(3)和公式(4)计算 β 晶型和 β' 晶型相对含量。

$$C_\beta = \frac{A_\beta}{A_\beta + A_{\beta'}} \times 100\% \quad (3)$$

$$C_{\beta'} = \frac{A_{\beta'}}{A_\beta + A_{\beta'}} \times 100\% \quad (4)$$

式中: C_β 、 $C_{\beta'}$ 分别为 β 、 β' 晶型相对含量; A_β 为 β 晶型特征衍射峰面积; $A_{\beta'}$ 为 β' 晶型特征衍射峰面积。

1.2.2.3 热性质分析

热性质参照 Ahmadi 等^[11]的方法进行测定。采用差示扫描量热法表征人造奶油的熔融和结晶特性。

1.2.3 面包烘焙实验

通过烘焙实验验证 4 种人造奶油(1 种自制、3 种市售)对面包品质的影响,采用一次发酵法制备面包。步骤如下:将面包粉(100 g)、干酵母(1.2 g)、脱脂奶粉(8 g)、面包改良剂(0.5 g)倒入搅拌机中,慢速搅拌 1.5 min 使其混合均匀;加入制备好的糖-盐溶液(糖 8 g,盐 1.2 g,水 56 g),慢速搅拌 3 min 后快速搅拌 6 min;加入软化后的人造奶油(8 g),慢速搅拌 2 min 后再快速搅拌 7 min;分割至每个面团 150 g,静置 5 min 后成型,放入模具;在 38℃、湿度 85% 的条件下醒发 2 h;醒发好的面团放入烤箱中,在上火温度 195℃,下火温度 215℃ 下烘烤 15 min,取出面包,脱模冷却至室温,待测。

1.2.4 面包评价指标分析

1.2.4.1 面包烘焙损失率及比容的测定

面包烘焙损失率(L)按照公式(5)进行计算。

$$L = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100\% \quad (5)$$

式中: m_0 为烘焙前的面团质量,g; m_1 为烘焙后并冷却 2 h 的面包质量,g。

面包比容参照徐小娟^[12]的方法进行测定。

1.2.4.2 面包质构的测定

将面包切成 20 mm 厚的薄片,取中间 3 片进行测定,质构仪(TPA)测试参数为 P/25 探头、测前速度 3.0 mm/s、测中速度 1.0 mm/s、测后速度 1.0 mm/s、形变程度 50%、感应力 5.0 g、两次压缩间隔时间 5 s。

1.2.4.3 面包感官评价

将按照 1.2.3 方法制得的面包密封 24 h,选取 20 名专业人士对面包的外形、表皮质地、芯色泽、纹理结构、弹柔性、口感进行评价并打分,评分细则参照贺国亚^[13]以及 GB/T 14611—2008 的方法并稍作修改。面包感官评价标准如表 1 所示。

表 1 面包感官评价标准

项目	满分	评分细则
外形	20	冠丰满,颈明显,面包对称性好(10~20分);冠中,冠小,颈短,面包对称性不好(0~10分)
表皮质地	15	表皮呈正常烘焙色泽,表面光滑平整(8~15分);表面含杂不光滑,有褶皱,有斑点(0~8分)

续表 1

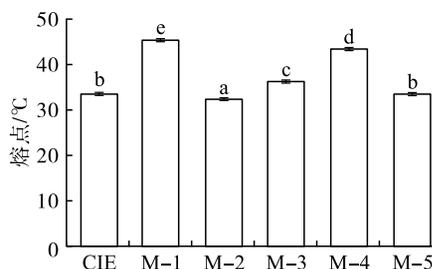
项目	满分	评分细则
芯色泽	10	色泽均匀乳白,光滑(5~10分);色泽不均,发暗(0~5分)
纹理结构	15	面包芯细腻,气孔均匀,无明显空洞(10~15分);面包芯质地粗糙,气孔大小不均(0~10分)
弹柔性	15	柔软,弹性较强(10~15分);发硬,弹性较差(0~10分)
口感	25	咸甜味合适,咀嚼时不粘牙(15~25分);有其他不良异味,咀嚼时粘牙(0~15分)

2 结果与讨论

2.1 人造奶油理化性质

2.1.1 熔点

熔点是衡量人造奶油性质的重要指标。自制人造奶油和市售人造奶油的熔点如图 1 所示。



注:CIE为自制人造奶油;M-1、M-2、M-3、M-4、M-5为5种市售人造奶油;不同小写字母表示组间具有显著差异($p < 0.05$)。下同

图 1 自制人造奶油和市售人造奶油的熔点

由图 1 可知,不同人造奶油的熔点差异较大,熔点范围在 32.33 ~ 45.43℃。人造奶油的熔点主要受高熔点油相的影响,高熔点的甘油酯组分越多,人造奶油基料油的熔点越高。CIE 的熔点为(33.51 ± 0.20)℃,满足 LS/T 3217—1987 标准要求(28℃ ~ 38℃),且与市售人造奶油 M-2、M-3、M-5 的接近[(32.33 ± 0.15)℃、(36.23 ± 0.21)℃、(33.45 ± 0.37)℃]。Karabulut 等^[14]对市面上常见的 15 种人造奶油性能进行分析发现,其熔点范围在 31.2 ~ 34.9℃。马传国^[15]、刘元法^[16]等研究表明,高质量的餐用人造奶油的熔点应在 32 ~ 36℃。可见,CIE、M-2、M-3 和 M-5 在人体温度下能基本完全熔化,并且这 4 种人造奶油的蜡质口感远低于 M-1 和 M-4^[17]。

2.1.2 固体脂肪含量

固体脂肪含量是评价人造奶油等塑性脂肪的一项重要指标,可判别产品多种物理特性。自制人造奶油和市售人造奶油的固体脂肪含量如图 2 所示。

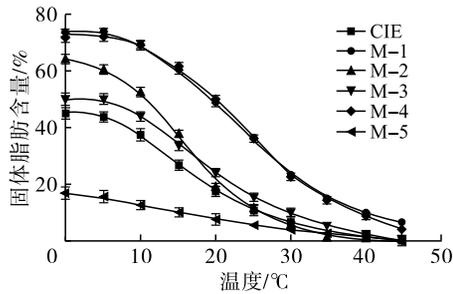


图2 自制人造奶油和市售人造奶油的固体脂肪含量

由图2可知,自制人造奶油与市售人造奶油的固体脂肪含量存在明显差异。据 Da Silva 等^[18]的报道,在10℃时固体脂肪含量不高于32%,表明人造奶油具有较好的延展性。因此,在低温时人造奶油的延展性从高到低依次为M-5、CIE、M-3、M-2、M-1、M-4。在20~22℃范围内固体脂肪含量大于10%,表明人造奶油具有较好的稳定性与抗渗油能力^[18],M-5在此温度范围内固体脂肪含量为7.41%,表明其在室温下稳定性和抗渗油能力较差,

表2 自制人造奶油与市售人造奶油脂肪酸组成、AI和TI

项目	CIE	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5
脂肪酸相对含量/%						
C14:0	0.54 ± 0.03 ^a	0.99 ± 0.01 ^c	15.02 ± 0.07 ^f	1.09 ± 0.00 ^d	1.24 ± 0.01 ^e	0.82 ± 0.02 ^b
C16:0	32.27 ± 0.04 ^b	50.01 ± 0.04 ^f	33.65 ± 0.11 ^e	37.20 ± 0.18 ^d	39.22 ± 0.05 ^e	14.42 ± 0.01 ^a
C18:0	4.83 ± 0.03 ^b	5.65 ± 0.01 ^c	16.49 ± 0.08 ^f	6.14 ± 0.13 ^d	12.22 ± 0.01 ^e	4.03 ± 0.05 ^a
C18:1	52.23 ± 0.02 ^e	35.31 ± 0.01 ^c	28.72 ± 0.08 ^a	40.41 ± 0.15 ^d	33.98 ± 0.09 ^b	69.98 ± 0.03 ^f
C18:2	9.15 ± 0.06 ^d	7.94 ± 0.05 ^b	3.20 ± 0.21 ^a	13.74 ± 0.46 ^f	11.60 ± 0.02 ^e	8.94 ± 0.05 ^c
C18:3	0.65 ± 0.02 ^c	ND	1.76 ± 0.04 ^d	0.61 ± 0.00 ^c	0.50 ± 0.01 ^b	0.21 ± 0.06 ^a
其他	0.34 ± 0.09 ^b	0.11 ± 0.00 ^a	1.15 ± 0.15 ^d	0.81 ± 0.00 ^c	1.24 ± 0.00 ^d	1.60 ± 0.03 ^e
SFA	37.64 ± 0.02 ^b	56.65 ± 0.04 ^c	65.16 ± 0.69 ^f	44.43 ± 0.31 ^e	52.68 ± 0.06 ^d	19.27 ± 0.04 ^a
UFA	62.03 ± 0.06 ^e	43.25 ± 0.04 ^b	33.68 ± 0.03 ^a	54.76 ± 0.21 ^d	46.08 ± 0.06 ^c	79.13 ± 0.01 ^f
AI	0.56 ± 0.03 ^b	1.25 ± 0.01 ^e	2.78 ± 0.03 ^f	0.76 ± 0.01 ^c	0.96 ± 0.01 ^d	0.22 ± 0.00 ^a
TI	1.15 ± 0.04 ^b	2.62 ± 0.00 ^e	3.07 ± 0.02 ^f	1.54 ± 0.02 ^c	2.17 ± 0.01 ^d	0.48 ± 0.01 ^a

注:SFA为饱和脂肪酸;UFA为不饱和脂肪酸;ND为未检出;同一行中不同小写字母表示具有显著差异($p < 0.05$)

由表2可知,CIE和M-5中含有较多的油酸,大量研究表明,油酸对健康有一定积极的影响,包括降低低密度脂蛋白胆固醇水平以及提高免疫力等^[20],而M-1、M-2、M-3和M-4中含有较多的饱和脂肪酸(>40%),经常食用饱和脂肪酸会增加患肥胖、高血压和动脉粥样硬化的风险。AI和TI是评价油脂营养质量的一个重要指标。根据Turan等^[21]的研究,较低的AI和TI代表着较高含量的抗动脉粥样硬化脂肪酸,对人体健康更有益。由表2可知,CIE和M-5的AI和TI值较低,而M-1、M-2、M-3和M-4的AI和TI值较高。因此,自制人造奶油具有较高的营养价值。

2.1.4 晶型

油脂的晶型是影响人造奶油功能特性的重要因

而其他5种人造奶油在室温下均具有较好的稳定性和抗渗油能力。35℃接近人体温度,此温度下的固体脂肪含量对人造奶油的品质很重要,与产品的口感有关,因此要求在此温度下的固体脂肪含量不宜过高。CIE、M-1、M-2、M-3、M-4和M-5在35℃下的固体脂肪含量分别为3.71%、14.71%、0.55%、4.34%、14.34%和2.41%。油脂在毛细管中开始融化时固体脂肪含量为4%^[19],因此CIE、M-2、M-3和M-5在口腔中能够基本完全融化,这与其熔点相对应,其能提供良好的口感。综上,自制人造奶油具有较好的延展性和抗渗油能力以及口融性等,在食品专用油脂中具有潜在的发展前景。

2.1.3 脂肪酸组成、AI和TI

脂肪酸组成是决定油脂营养价值以及性质的重要因素。自制人造奶油与市售人造奶油脂肪酸组成、AI和TI如表2所示。

素,如产品的塑性、口感和涂抹性等。对于人造奶油等塑性脂肪来说,需要结构比较细腻的 β' 晶型。 β' 晶型表面积大,与产品的顺滑质构、塑性能力息息相关,可以牢固地包裹水相液滴,使得人造奶油在存放过程中不会出现起砂、浸水等现象。自制人造奶油与市售人造奶油晶型分析结果如图3和表3所示。

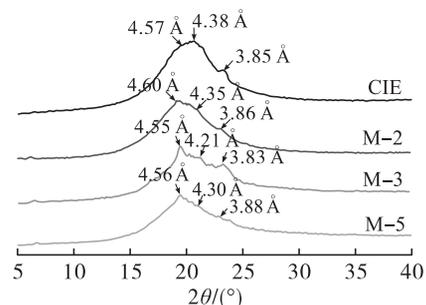


图3 自制人造奶油与市售人造奶油X射线衍射图

表3 自制人造奶油与市售人造奶油晶型分析结果

人造奶油	短间距/Å	β 晶型 相对含量/%	β' 晶型 相对含量/%
CIE	4.57, 4.38, 3.85	41.65	58.35
M-2	4.60, 4.35, 3.86	59.66	40.34
M-3	4.55, 4.21, 3.83	66.12	33.88
M-5	4.56, 4.30, 3.88	65.85	34.15

由图3可知,样品分别在短间距4.60、4.35、4.30、4.20 Å和3.85 Å附近出现衍射峰,其中 β 晶型在短间距4.60 Å附近出现衍射峰,而 β' 晶型在短

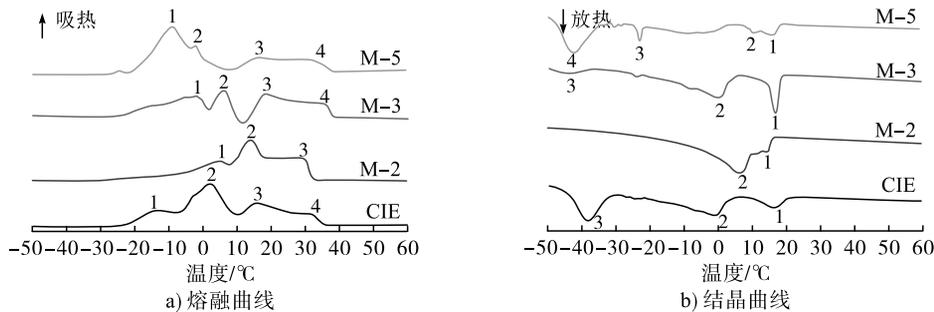


图4 自制人造奶油与市售人造奶油的熔融和结晶曲线

自制人造奶油和市售人造奶油的甘油酯组成不同,而油脂的甘油酯组成会影响塑性脂肪的熔融和结晶特性。由图4可以看出,自制人造奶油与市售人造奶油的熔融和结晶曲线存在差异。由图4a可知,4种人造奶油在低温区和高温区都有熔融峰,说明其甘油酯组成差异较大,并且终止温度大小为M-3(38.3℃) > M-5(38.0℃) > CIE(35.0℃) > M-2(33.5℃),表明自制人造奶油与市售人造奶油具有相似的熔融特性。由图4b可知,自制人造奶油主要有3个放热峰,放热峰1、2、3峰值温度分别为16.8、-0.9、-38.2℃,对应的焓值为-5.36、-12.98、-17.19 J/g, M-2主要有2个放热峰,放热峰1、2峰值温度分别为14.2、6.4℃,对应的焓值为-0.77、-14.61 J/g, M-3主要有3个放热峰,放热峰1、2、3峰值温度分别为16.9、0.3、-43.8℃,对应的焓值为-8.60、-16.41、-4.03 J/g, M-5主要有4个放热峰,放热峰1、2、3、4峰值温度分别为15.9、10.7、-23.1、-42.8℃,对应的焓值为-2.02、-0.45、-1.63、-18.42 J/g。此外,4种人造奶油的结晶起始温度大小为CIE(20.8℃) > M-3(18.4℃) > M-5(18.2℃) > M-2(15.2℃),表明自制人造奶油的结晶起始点比市售人造奶油提前,说明自制人造奶油更容易结晶。通过热力学性质分析,证明了自制人造奶油和市售人造奶油具有相似的熔融和结晶特性,具有较好的工业应用前景。

间距4.43、4.27、4.20、3.80 Å附近出现衍射峰^[22]。

由表3可知,CIE、M-2、M-3和M-5中 β' 晶型相对含量分别为58.35%、40.34%、33.88%和34.15%。可见,自制人造奶油含有较多的 β' 晶型,具有良好的涂抹性和细腻的口感,而市售人造奶油中含有较多的 β 晶型,导致其产品无光泽、口感不佳。

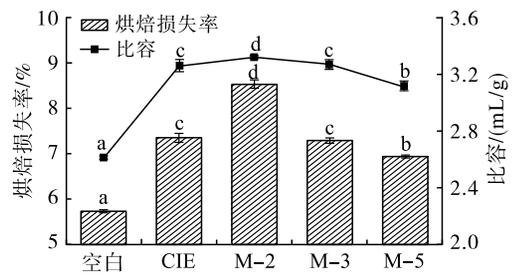
2.1.5 热性质

自制人造奶油与市售人造奶油的熔融和结晶曲线如图4所示。

2.2 面包评价指标

2.2.1 面包烘焙损失率及比容

自制人造奶油与市售人造奶油对面包烘焙损失率和比容的影响如图5所示。



注:空白表示不添加人造奶油。下同

图5 自制人造奶油与市售人造奶油对面包烘焙损失率和比容的影响

由图5可知,同空白相比,人造奶油的添加增大了面包烘焙损失率,这可能是由于在面团调制中油脂会形成薄膜,包围面筋及淀粉颗粒,油脂的疏水作用会削弱淀粉和面筋的水化作用,使得面团中的自由水增加,更易在烘烤过程中散失^[23]。添加M-2的面包烘焙损失率最大(8.53%),其次是CIE(7.35%)、M-3(7.29%)、M-5(6.94%)、空白(5.73%)。面包比容是评价面包烘烤质量最综合、最客观、最有说服力的指标,它影响着面包的质地、外观等,一般面包的比容越大,表明面包的质量越好。与空白(2.61 mL/g)相比,人造奶油的添加可显著增大面包的比容,添加不同人造奶油的面包比

容由大到小依次为 M-2(3.32 mL/g)、M-3(3.27 mL/g)、CIE(3.26 mL/g)、M-5(3.11 mL/g)。在和面过程中,人造奶油的添加能够延缓面粉颗粒之间的黏结,减小油脂与面团之间的界面张力,在烘焙过程中面粉颗粒不易聚集,从而增大了面包的体积。另外,由于人造奶油具有一定的融合性,能够与面团中的面筋结合,形成具有弹性而柔软的面筋膜,面筋膜能够包裹住面团发酵过程中产生的二氧化碳,从而增大面团在发酵过程中的体积,进而增大面包比容^[23]。

2.2.2 面包质构

面包的质构参数是衡量面包受大众喜爱程度的重要指标。通常用硬度、咀嚼性、弹性、内聚性和回

复性等质构参数来评价面包品质。硬度可以在一定程度上反映面包的坚实度,在评价面包的品质及可接受性上具有重要作用。一般来说面包硬度越大,柔软度越低,就越缺乏弹性,品质越差。咀嚼性反映食物入口后的舒适度,咀嚼性越大,韧性就越强。弹性是指样品去除外力后能够再恢复原状的程度,它与面包品质呈正相关,弹性越大,面包越柔软,纹理结构也越均匀。内聚性和回复性分别表示面包经过第一次压缩变形后所表现出来的对第二次压缩的相对抵抗力与面包在第一次压缩过程中回弹的能力,内聚性越大,回复性越好,面包口感越好^[24]。自制人造奶油与市售人造奶油对面包质构特性的影响如表4所示。

表4 自制人造奶油与市售人造奶油对面包质构特性的影响

人造奶油	硬度/g	咀嚼性/g	弹性	内聚性	回复性
空白	1 278.76 ± 30.98 ^d	544.60 ± 6.26 ^d	0.76 ± 0.01 ^a	0.56 ± 0.01 ^a	0.20 ± 0.01 ^a
CIE	483.53 ± 12.65 ^b	260.56 ± 21.79 ^b	0.84 ± 0.02 ^c	0.62 ± 0.01 ^b	0.27 ± 0.01 ^c
M-2	543.96 ± 19.31 ^c	290.62 ± 13.37 ^c	0.83 ± 0.00 ^b	0.65 ± 0.00 ^c	0.24 ± 0.01 ^b
M-3	430.91 ± 24.93 ^a	205.14 ± 11.36 ^a	0.84 ± 0.02 ^c	0.61 ± 0.02 ^b	0.25 ± 0.01 ^b
M-5	437.98 ± 11.84 ^a	196.22 ± 32.67 ^a	0.83 ± 0.03 ^b	0.66 ± 0.02 ^c	0.28 ± 0.01 ^c

注:同一列中不同字母表示具有显著差异($p < 0.05$)

由表4可知,人造奶油的添加能明显改善面包的质构参数,添加人造奶油的面包的硬度和咀嚼性明显低于空白的。面包的硬度由大到小的顺序为空白、M-2、CIE、M-5、M-3。面包的咀嚼性由大到小的顺序为空白、M-2、CIE、M-3、M-5。人造奶油的添加可以降低面团的韧性,增大柔软性,面包食用起来柔软可口。通过分析可知,自制人造奶油与3种市售人造奶油对面包硬度影响差异较大,添加M-5的面包,其咀嚼性最小,面包易吞咽。同时,添加人造奶油的面包的弹性、内聚性和回复性明显高于空白的,这是由于油脂分散在面团中具有较好的持气性,经烘焙后的面包比较柔软,弹性较好。添加不同人造奶油的面包的弹性差异相对较小,其中添加CIE和M-3的面包弹性最大,表明其品质较好,食用起来柔软爽口。同时,添加CIE的面包其内聚性和回复性也较高,与添加市售人造奶油的面包相比差异相对不大。由以上分析可知,自制人造奶油与市售人造奶油对面包质构参数的影响相似,能代替市售人造奶油应用到面包等领域。

2.2.3 面包感官评价

自制人造奶油与市售人造奶油对面包感官评分的影响如图6所示。

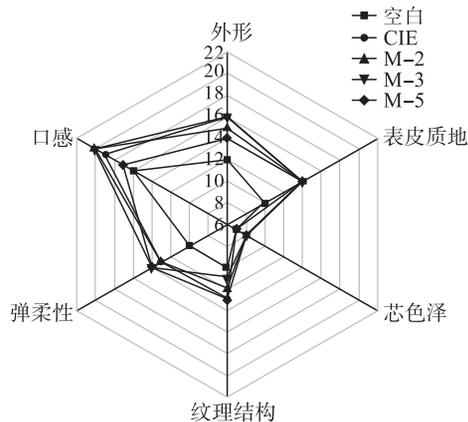


图6 自制人造奶油与市售人造奶油对面包感官评分的影响

由图6可知,空白与添加人造奶油的面包的感官品质存在明显差异,人造奶油的添加对面包的口感、外形、弹柔性以及表皮质地等都有较好的改善,面包的感官品质有了显著提高。这是由于人造奶油可以使面团的韧性降低,增强面团的可塑性和延展性,从而增加面包的蓬松度,同时面粉中的糖类等与人造奶油发生一系列的化学反应形成特殊的香味,导致生产的面包香味浓郁,质地柔软,感官评分较高。添加人造奶油的面包感官总分在80分以上,与空白相比,CIE面包感官总分增加了27.69%,高于M-5的21.54%和M-3的26.15%,与M-2的27.69%相同。可见,自制人造奶油在面包领域具有较好的应用前景。

3 结 论

本研究以油莎豆油和棕榈硬脂为原料制备人造奶油,与市售人造奶油的理化性质进行对比分析,并将其应用到面包烘焙中。结果表明:自制人造奶油的熔点为 33.51℃,在 5 种市售人造奶油的熔点范围内(32.33 ~ 45.43℃),且满足 LS/T 3217—1987 标准要求。市售人造奶油 M-5 和自制人造奶油在低温下具有较好的延展性,但 M-5 在室温下的稳定性不好,市售人造奶油(M-2、M-3 和 M-5)和自制人造奶油具有良好的口融性。大部分市售人造奶油含有较多的饱和脂肪酸(>40%),其中以棕榈酸含量较多,而自制人造奶油含有较多的不饱和脂肪酸(>60%),其中油酸含量较多;并且自制人造奶油含有较多的 β' 晶型以及良好的热性质;添加自制人造奶油与市售人造奶油对面包的质构参数的影响相似,且添加自制人造奶油的面包具有较好的比容和感官评分。上述研究结果对开发以油莎豆油为基础的人造奶油至关重要,进一步拓宽了油莎豆油的市场应用潜力。

参考文献:

- [1] 阳振乐. 油莎豆的特性及其研究进展[J]. 北方园艺, 2017(17): 192-201.
- [2] SÁNCHEZ - ZAPATA E, FERNÁNDEZ - LÓPEZ J, ANGEL PÉREZ - ALVAREZ J. Tiger nut (*Cyperus esculentus*) commercialization: Health aspects, composition, properties, and food applications[J]. Compr Rev Food Sci Food F, 2012, 11(4): 366-377.
- [3] 杨向东, 李子勇. 我国油莎豆产业发展现状、潜力及对策[J]. 中国油料作物学报, 2022, 44(4): 712-717.
- [4] 李晓丹, 贾会杰, 张振山. 储藏条件对油莎豆及其油脂品质的影响[J]. 中国油脂, 2023, 48(9): 24-29.
- [5] 师茜, 田丽萍, 薛琳, 等. 油莎豆油与其他植物油主要脂肪酸的分析比较[J]. 食品工业, 2016, 37(1): 52-54.
- [6] 罗帅, 张震, 张宁, 等. 大豆油与极度氢化棕榈油填充床酯交换法制备人造奶油基料油的中试研究[J]. 中国油脂, 2018, 43(5): 1-6.
- [7] 薛栓栓. 猪油与紫苏籽油酯交换制备营养型人造奶油及其性能研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2020.
- [8] KOWALSKI B, TARNOWSKA K, GRUCZYNSKA E, et al. Chemical and enzymatic interesterification of a beef tallow and rapeseed oil equal-weight blend[J]. Eur J Lipid Sci Technol, 2004, 106(10): 655-664.
- [9] DA CRUZ RODRIGUES A M, DARNET S, DA SILVA L H M. Fatty acid profiles and tocopherol contents of buriti (*Mauritia flexuosa*), patawa (*Oenocarpus bataua*), tucuma (*Astrocaryum vulgare*), mari (*Poraqueiba paraensis*) and inaja (*Maximiliana maripa*) fruits[J]. J Braz Chem Soc, 2010, 21(10): 2000-2004.
- [10] ULBRICHT T L, SOUTHGATE D A. Coronary heart disease: Seven dietary factors[J]. Lancet, 1991, 338(8773): 985-992.
- [11] AHMADI L, WRIGHT A J, MARANGONI A G. Chemical and enzymatic interesterification of tristearin/triolein-rich blends: Chemical composition, solid fat content and thermal properties[J]. Eur J Lipid Sci Tech, 2008, 110(11): 1014-1024.
- [12] 徐小娟. 营养面包的开发及其品质提升的研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2020.
- [13] 贺国亚. 青麦仁面包制备及品质研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2017.
- [14] KARABULUT I, TURAN S. Some properties of margarines and shortenings marketed in Turkey[J]. J Food Compos Anal, 2006, 19(1): 55-58.
- [15] 马传国. 油脂深加工与制品[M]. 北京: 中国商业出版社, 2002.
- [16] 刘元法. 食品专用油脂[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2017.
- [17] FARAJZADEH ALAN D, NAELI M H, NADERI M, et al. Production of *trans*-free fats by chemical interesterified blends of palm stearin and sunflower oil[J]. Food Sci Nutr, 2019, 7(11): 3722-3730.
- [18] DA SILVA R C, SOARES D F, LOURENÇO M B, et al. Structured lipids obtained by chemical interesterification of olive oil and palm stearin[J]. LWT - Food Sci Technol, 2010, 43(5): 752-758.
- [19] KARABULUT I, TURAN S, ERGIN G. Effects of chemical interesterification on solid fat content and slip melting point of fat/oil blends[J]. Eur Food Res Technol, 2004, 218(3): 224-229.
- [20] ARAB - TEHRANY E, JACQUOT M, GAIANI C, et al. Beneficial effects and oxidative stability of *omega*-3 long-chain polyunsaturated fatty acids[J]. Trends Food Sci Technol, 2012, 25(1): 24-33.
- [21] TURAN H. Fatty acid profile and proximate composition of the thornback ray (*Raja clavata* L. 1758) from the Sinop coast in the Black Sea[J]. J Fish Sci, 2007, 1(2): 97-103.
- [22] FOUBERT I, VERECKEN J, SMITH K W, et al. Relationship between crystallization behavior, microstructure, and macroscopic properties in *trans* containing and *trans* free coating fats and coatings[J]. J Agric Food Chem, 2006, 54(19): 7256-7262.
- [23] 高茜, 梁建芬. 几种市售人造奶油对主食面包感官品质的影响[J]. 食品科技, 2014, 39(5): 159-163.
- [24] 李可昌, 刘海燕, 周桂亭, 等. 不同食品胶对面包烘焙特性的影响研究[J]. 粮油食品科技, 2015, 23(2): 6-9.