

菊粉聚合度对非发酵速冻油条食用品质的影响

李红英¹ 王雪菲² 赵银红¹

(1. 长垣烹饪职业技术学院, 河南 新乡 453400; 2. 河南科技学院食品学院, 河南 新乡 453003)

摘要: [目的] 探究菊粉对非发酵速冻油条品质的影响。[方法] 以不同聚合度的菊粉为研究对象, 测定不同的菊粉添加量 0%, 0.75%, 1.50%, 2.25%, 3.00% (质量分数) 对非发酵速冻油条的水分含量、含油量、比容、色泽、质构特性、感官评价的影响。[结果] 3 种不同聚合度的菊粉在一定的添加量范围内能有效提高非发酵速冻油条的水分含量和比容, 降低含油量, 过量则会带来负面效果。随着 3 种聚合度菊粉的加入均可增加非发酵速冻油条的硬度, 并随着添加量的增加呈先上升后下降趋势。[结论] 与空白组相比, 适量添加菊粉可提升产品的色泽, 增大油条的比容, 改善油条的食用品质。
关键词: 非发酵速冻油条; 菊粉; 聚合度; 食用品质

Effect of inulin with different degrees of polymerization on edible quality of non-fermented quick-frozen fried dough sticks

LI Hongying¹ WANG Xuefei² ZHAO Yinhong¹

(1. Changyuan Cuisine Vocational and Technical College, Xinxiang, Henan 453400, China;
2. School of Food Science, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang, Henan 453003, China)

Abstract: [Objective] To explore the influence of inulin on the quality of non-fermented quick-frozen fried dough sticks (NFQFDFDS). [Methods] The study investigates the influence of different addition amounts (0%, 0.75%, 1.50%, 2.25%, and 3.00% by mass fraction) of inulin with different degrees of polymerization (DP) on the moisture content, oil content, specific volume, color, texture characteristics, and sensory evaluation of NFQFDFDS. [Results] Inulin with three DP can effectively improve the moisture content and specific volume and reduce the oil content of NFQFDFDS within a certain addition range. However, excessive addition would bring negative effects to the products. With the addition of inulin with three DP, the hardness of NFQFDFDS can increase and shows a trend of rising first and then decreasing with the increase in the addition amount. [Conclusion] The appropriate amount of inulin can improve the color, specific volume, and edible quality of NFQFDFDS.

Keywords: non-fermented quick-frozen fried dough sticks; inulin; degree of polymerization; edible quality

菊粉又称菊糖, 是由 D -呋喃果糖分子以 β -(2 \rightarrow 1) 键连接而成的线性直链多糖^[1]。根据聚合度 (DP) 的不同, 可将菊粉分为短链 (≤ 10)、中链 (11~22) 和长链 (≥ 23) 菊粉。从菊芋、菊苣中提取的菊粉同时含有短链和长链, 称为天然菊粉^[2-3]。菊粉对肠道微生物群具有益生元作用, 可以降低血脂、调节血糖、改善通便和肠道、改善通便和肠

道屏障功能^[4-6]。不同聚合度的菊粉具有不同的理化性质, 短链菊粉和天然菊粉具有更好的持水性, 长链菊粉则显示出更高的黏度和优异的凝胶结构^[7-8]。

油条作为大众喜爱的主食之一, 具有色泽金黄、咸香适口等特色。但精制加工面粉在追求成品口感的同时往往会造成膳食纤维的损失, 导致膳食纤维摄入不足, 与当

基金项目: 河南省教育科学规划一般课题 (编号: 2020YB0663); 河南省高等教育教学改革研究与实践项目 (编号: 2024SJGLX0967)

通信作者: 赵银红 (1969—), 男, 长垣烹饪职业技术学院副教授, 硕士。E-mail: 1044145621@qq.com

收稿日期: 2024-09-09 **改回日期:** 2025-08-07

引用格式: 李红英, 王雪菲, 赵银红. 菊粉聚合度对非发酵速冻油条食用品质的影响[J]. 食品与机械, 2026, 42(1): 170-175.

Citation: LI Hongying, WANG Xuefei, ZHAO Yinhong. Effect of inulin with different degrees of polymerization on edible quality of non-fermented quick-frozen fried dough sticks[J]. Food & Machinery, 2026, 42(1): 170-175.

下大众对健康饮食的追求相悖。对比其他膳食纤维来说,菊粉具有更好的加工性能。短链菊粉和天然菊粉的甜度不足蔗糖的50%,长链菊粉几乎没有甜味。且短链菊粉因其热量值仅约为蔗糖的1/3,可作为蔗糖的替代品^[9-10]。以菊粉代替蔗糖的馒头质地柔软,颜色接受度有所提高^[11-12]。杨端等^[13-14]指出,添加适量的菊粉能较好地改善馒头的食用品质,且添加菊粉能减缓馒头在贮藏期间的硬化速度。冷越^[15]研究发现,加入菊粉有利于延缓辣条长期贮藏过程中硬度的增加程度。添加不同聚合度的菊糖可影响面包面团的形成和大众的接受程度^[16-17];加入菊糖会使面包比容降低,硬度增加,影响其感官评价^[18-19]。

目前,关于菊粉在面制品中应用的研究较多,且主要集中在馒头及烘焙制品方面,关于不同聚合度菊粉在速冻油条方面的应用较少。试验拟通过分析不同聚合度菊粉对速冻油条食用品质的影响,探讨菊粉在速冻油条加工过程中是否具有可行性,开发富含膳食纤维的非发酵型速冻油条,为高品质营养油条的机械化生产提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

菊粉:长链菊粉 ≥ 23 、中链菊粉11~22、短链菊粉 ≤ 10 ,白银熙瑞生物工程有限公司;

小麦面粉:中筋面粉,想念食品股份有限公司;

无铝膨松剂:安琪酵母股份有限公司;

小苏打:天津市鸿禄食品有限公司;

食盐:中盐皓龙盐化有限责任公司;

玉米胚芽油:益海嘉里食品营销有限公司;

食用白砂糖:菏泽甘蔗坊食品有限公司;

所用试剂均为国产分析纯。

1.1.2 主要仪器设备

油炸锅:EF-101型,广州威尔宝酒店设备有限公司;

料理机:KMM710型,英国Kenwood Limited公司;

色差仪:CR-400型,日本KONICA MNOLTA公司;

超低温冰箱:902型,美国Thermo Fisher Scientific公司;

质构仪:TA-XT2i型,英国Stable Micro System公司;

电子天平:HZF-A500型,福州华志科学仪器有限公司;

鼓风干燥箱:DHG-9070A型,上海一恒科技有限公司。

1.2 方法

1.2.1 工艺流程 参照张令文等^[20]的方法并修改。中筋面粉250 g,膨松剂5 g,小苏打1.25 g,食盐添加量3 g,加水量150 mL,糖2 g;将配方中的糖替换为菊粉,添加量分

别为0%,0.75%,1.50%,2.25%,3.00%(以面粉计)。将面粉、无铝膨松剂和小苏打混匀,菊粉、盐用水化开,干粉一档搅拌1 min,分次加入水,抄拌均匀,一档搅拌1 min,二档搅拌30 s,一档搅拌8 min,37℃醒发1 h。将面团擀至长条(长10 cm,宽2.5 cm,厚0.5 cm),180℃初炸75 s,冷却30 min,于-80℃速冻30 min,-18℃贮藏24 h,25℃解冻2 h,180℃复炸55 s,得到成品。

1.2.2 主要指标测定

(1) 含水量:按GB 5009.3—2016执行。

(2) 含油量:按GB 5009.6—2016执行。

(3) 比容:将速冻油条复炸后冷却30 min,采用小米置换法测定比容^[21]。按式(1)计算比容。

$$V = \frac{v_2 - v_1}{m}, \quad (1)$$

式中:

V ——比容,mL/g;

v_1 ——初始小米体积,mL;

v_2 ——放入油条后总体积,mL;

m ——油条的质量,g。

(4) 质构特性:将速冻后的油条解冻,180℃复炸55 s,冷却30 min,取每个成品油条中间部分用质构仪进行测试。测试参数:TPA试验,采用P36R探头,测前、中、后速度均为2.0 mm/s;触发力5 N;压缩比30%,两次压缩时间间隔3 s,对速冻油条的硬度、弹性、内聚性、黏性和咀嚼性等进行分析。

(5) 色度:使用色差仪测定油条皮的 L^* 值、 a^* 值和 b^* 值。

(6) 感官品质:室温下将速冻油条复炸后冷却30 min,选择20名从事烹饪相关工作的人员组成感官评定小组。根据产品的色泽、外观状态、软硬度、适口性、食味以及油腻性进行评分,评分采用9分制^[22]。1~9分别代表极度不喜欢、非常不喜欢、适度不喜欢、轻微不喜欢、既不喜欢也不讨厌、轻微喜欢、适度喜欢、非常喜欢、极度喜欢。

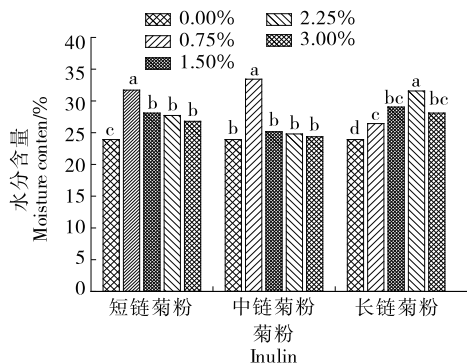
1.2.3 数据处理 所有试验数据采用Excel 2010、SPSS 26.0软件进行统计及显著性分析(显著性水平为 $P < 0.05$),采用Origin 9软件作图。

2 结果与分析

2.1 对速冻油条水分含量的影响

凝胶能使食品在生产和贮藏过程中保持一定量的水分,因此菊粉的凝胶特性有助于提高面制品的持水能力^[23-24]。由图1可知,添加不同聚合度菊粉的油条水分含量均大于空白组。这可能是由于菊粉在油条中通过氢键与水紧密结合,一定程度上加强了对水的束缚能力,阻止了水分散失,增加了油条含水量。冷越^[15]研究

发现,在辣条中加入短链/长链菊粉均能显著增加辣条的出机含水量。El-Nagar 等^[25]研究发现,菊粉可充当稳定剂,使得水分子在产品内变得更加稳定,更难移动。当菊粉添加量 $>0.75\%$ 时,长链菊粉组含水量高于短链、中链菊粉组,可能是因为长链菊粉对面团中紧密结合水的影响明显,而短链菊粉和天然菊粉主要影响面团中的自由水^[13]。



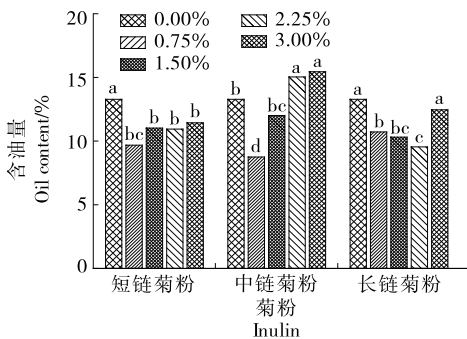
字母不同表示差异显著 ($P<0.05$)

图1 菊粉对非发酵速冻油条水分含量的影响

Figure 1 Effect of inulin on the moisture content of NFQFDFDS

2.2 对速冻油条含油量的影响

由图2可知,添加菊粉后,非发酵速冻油条含油量均呈先下降后上升趋势。因短链、中链菊粉主要影响面团中的自由水,在油炸过程中,受水分迁移作用影响,脂肪含量上升。长链菊粉在添加量 $<3.00\%$ 时含油量呈小幅度下降,但添加量为 3.00% 时骤然升高,可能是因为添加过量菊粉影响了面筋网络结构的形成,油炸时出现塌陷导致含油量升高。



字母不同表示差异显著 ($P<0.05$)

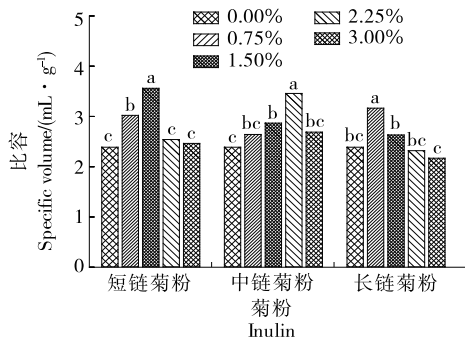
图2 菊粉对非发酵速冻油条含油量的影响

Figure 2 Effect of inulin on the oil content of NFQFDFDS

2.3 对速冻油条比容的影响

油条的比容反映了油条的膨胀程度,比容越大,油条的膨胀性越好^[26]。由图3可知,随着菊粉添加量的增加,

短链、中链和长链菊粉组的比容均呈先升高后降低趋势。这主要是因为菊粉具有一定的吸水性^[27],能增加油条本身的持水力,使油条比容增加。李金河等^[28]研究发现,过量添加天然菊粉会弱化面筋网络结构的形成。过量添加菊粉会影响油条在油炸时的膨胀体积,导致比容下降。长链菊粉组在添加量 $>0.75\%$ 时出现明显下降趋势,相比短链、中链菊粉组来说,其添加量最低。这可能是长链菊粉的分子聚合度较大,亲水性较差,在和面过程中遇水易凝结成黏性较强的片状,影响面筋网络的生成,从而使油炸膨胀时的持气能力降低;对于短链、天然菊粉,由于其平均聚合度较低易于溶解或分散在水中,在面筋网络形成过程中不易产生较大影响。因此,短链、中链菊粉在添加量 $>0.75\%$ 时比容优于长链菊粉,与Kou等^[29]的研究结果一致。



字母不同表示差异显著 ($P<0.05$)

图3 菊粉对非发酵速冻油条比容的影响

Figure 3 Effect of inulin on the specific volume of NFQFDFDS

2.4 对速冻油条质构的影响

由表1可知,与空白组相比,添加不同聚合度菊粉后油条的硬度值总体呈增加趋势,与高雅君^[30]的研究结果一致。加入不同聚合度菊粉的非发酵速冻油条硬度在不同添加量下会出现短暂下降,而后又逐渐上升,这可能与不同的面制品有关,也可能与油条经过速冻有关。中链菊粉在添加量为 1.50% 时弹性值最大而后逐渐下降,短链、长链菊粉组则呈波动下降趋势。长链菊粉组硬度高于短链、中链菊粉组,可能是因为长链菊粉的成胶能力和持水能力更强,影响面筋网络的生成,导致油炸时油条的持气能力下降,油条膨胀性不足,进而导致油条的硬度较高。因此,适量添加菊粉可以提升非发酵速冻油条的弹性、内聚性,但添加量过多可能会形成黏稠的大分子物质,从而影响油条的弹性和内聚性。

2.5 对非发酵速冻油条色泽的影响

由图4可知,与空白组相比,添加不同聚合度菊粉的非发酵速冻油条 L^* 值下降, a^* 值和 b^* 值均逐渐上升,表明

表1 菊粉对非发酵速冻油条质构的影响

Table 1 Effect of inulin on the texture of NFQDFDFS

组别	添加量/%	硬度/N	弹性	内聚性	黏性	咀嚼性
空白组		68.25±2.13	0.64±0.01	0.58±0.03	3.977×10 ³ ±58.94	2.434×10 ³ ±158.1
短链菊粉	0.75	66.83±1.26	0.62±0.02	0.62±0.02	4.336×10 ³ ±173.3	2.708×10 ³ ±178.4
	1.50	74.24±2.40	0.50±0.01	0.57±0.01	4.319×10 ³ ±115.5	2.220×10 ³ ±134.5
	2.25	83.75±1.01	0.51±0.02	0.55±0.02	4.623×10 ³ ±142.1	2.490×10 ³ ±133.1
	3.00	91.93±1.67	0.60±0.01	0.50±0.01	4.557×10 ³ ±208.2	2.723×10 ³ ±49.14
中链菊粉	0.75	82.83±1.32	0.44±0.02	0.50±0.02	4.199×10 ³ ±141.1	2.048×10 ³ ±102.9
	1.50	53.12±2.15	0.74±0.01	0.60±0.02	3.396×10 ³ ±190.5	2.508×10 ³ ±246.2
	2.25	73.53±2.78	0.63±0.01	0.57±0.01	4.256×10 ³ ±196.2	2.719×10 ³ ±209.8
	3.00	100.15±1.46	0.43±0.04	0.48±0.02	4.944×10 ³ ±94.50	2.187×10 ³ ±145.9
长链菊粉	0.75	80.28±1.52	0.54±0.05	0.54±0.02	4.436×10 ³ ±97.75	2.564×10 ³ ±93.35
	1.50	74.02±0.97	0.61±0.03	0.62±0.02	4.703×10 ³ ±387.3	2.861×10 ³ ±131.4
	2.25	101.04±1.99	0.54±0.04	0.51±0.03	5.252×10 ³ ±169.0	2.700×10 ³ ±134.6
	3.00	114.43±1.95	0.51±0.02	0.50±0.01	5.757×10 ³ ±283.8	2.886×10 ³ ±160.9

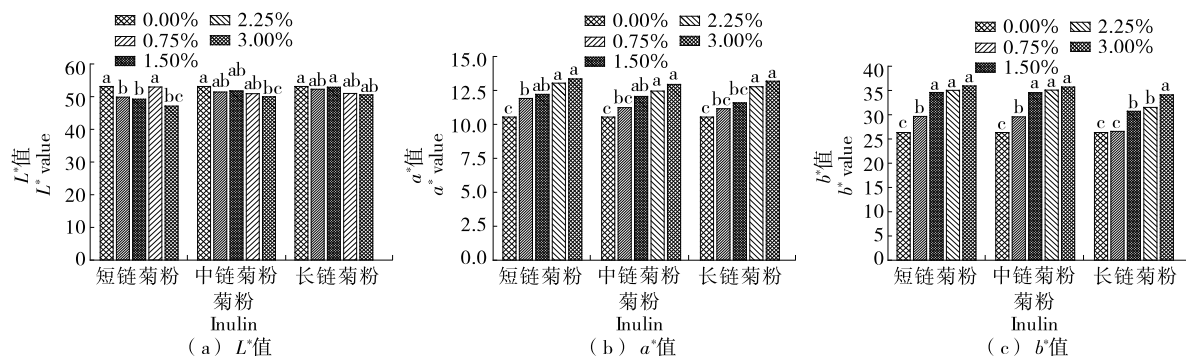
字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$)

图4 菊粉对非发酵速冻油条色泽的影响

Figure 4 Effect of inulin on the color of NFQDFDFS

添加菊粉会对产品的色泽起到改善作用,也说明添加菊粉可促进美拉德反应,使油条表皮 a^* 值、 b^* 值上升,赋予油条的金黄色泽。菊粉添加量过多会导致非发酵速冻油条的 L^* 值下降, a^* 值和 b^* 值上升过高,降低非发酵速冻油条的感官评分。添加短链菊粉组的 a^* 值和 b^* 值均高于中链、短链菊粉组。这可能是由于短链菊粉在油条制作过程中相比中链、长链菊粉更易发生水解生成果糖,与Praznik等^[19]的研究结果一致。

2.6 对速冻油条感官评分的影响

添加菊粉会降低面团中蛋白质和淀粉的相对含量,从而影响面团的热机械学特性、流变学特性和内部微观结构。菊粉具有良好的亲水性,可与蛋白质和淀粉竞争水分子,一部分菊粉分子甚至可能还参与了面筋蛋白的网络结构形成,从而对产品的感官品质和贮藏期产生影响^[31]。由图5和图6可知,不同聚合度菊粉对油条感官评

分有较显著影响,同时使表观状态、软硬度和适口性得分升高。菊粉添加量过多,感官评价指标均出现不同程度

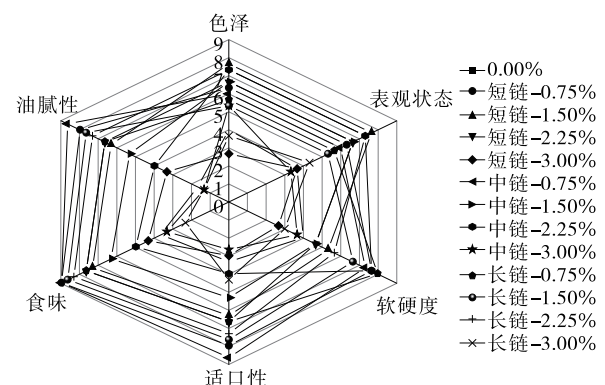


图5 菊粉对非发酵速冻油条感官评价的影响

Figure 5 Effect of inulin on the sensory evaluation of NFQDFDFS



图 6 菊粉对非发酵速冻油条感官品质的影响

Figure 6 Effect of inulin on the sensory quality of NFQFDFDS

的下降。当菊粉添加量为 3% 时,短链菊粉组的色泽、软硬度、适口性得分低于对照组;中链菊粉组的表观状态、软硬度、适口性、食味、油腻性低于对照组;长链菊粉组的

色泽、软硬度、食味、油腻性低于空白组。

2.7 速冻油条理化指标的相关性分析

由表 2 可知,短链菊粉与含油量、比容、 L^* 值呈非显著负相关,与水分含量、咀嚼性呈非显著正相关,与 a^* 值、 b^* 值、硬度呈显著正相关;中链菊粉与水分含量、 L^* 值分别呈非显著负相关和显著负相关,与含油量、比容、 a^* 值、 b^* 值呈显著正相关,与硬度、咀嚼性呈非显著正相关;长链菊粉与含油量、比容呈非显著负相关,与 L^* 值呈显著负相关,与水分含量、 a^* 值、 b^* 值、硬度、咀嚼性呈显著正相关。不同聚合度菊粉添加量对非发酵速冻油条的食用品质产生了一定影响,且与非发酵速冻油条的 a^* 值、 b^* 值、色泽、硬度、咀嚼性等呈正相关,说明添加菊粉可改善非发酵速冻油条的品质。

表 2 非发酵速冻油条品质间相关性[†]

Table 2 Correlation between quality indexes of NFQFDFDS

菊粉	含油量	水分含量	比容	L^* 值	a^* 值	b^* 值	硬度	咀嚼性
短链菊粉	-0.276	0.098	-0.107	-0.485	0.876**	0.854**	0.941**	0.234
中链菊粉	0.612*	-0.303	0.523*	-0.789**	0.847**	0.833**	0.491	0.089
长链菊粉	-0.276	0.730**	-0.502	-0.713**	0.925**	0.792**	0.917**	0.713**

[†] *表示差异显著($P<0.05$);**表示差异极显著($P<0.01$)。

3 结论

水分含量、含油量、比容、色泽、质构和感官评分等指标均能有效反映非发酵速冻油条的品质特性。在非发酵速冻油条的加工中,添加不同聚合度的菊粉能对油条的品质起到不同程度的改善作用。添加不同聚合度菊粉均能有效提高非发酵速冻油条的含水量,降低非发酵速冻油条的含油量,提升产品的品质,而过量添加会带来负面效果。当菊粉添加量为 1.5% 时,短链、中链、长链菊粉组比容对比空白组有明显的升高。随着菊粉添加量的增加,非发酵速冻油条的硬度、黏性和咀嚼性均呈先上升后下降趋势。与空白组相比,添加不同聚合度菊粉的非发酵速冻油条的 L^* 值、 a^* 值、 b^* 值均逐渐上升,说明添加菊粉会对产品的色泽起到改善作用。后续可深入分析不同聚合度菊粉对速冻油条冷冻过程中的影响机理,也可尝试将菊粉加入冷冻油条面团中,并结合产品货架期进行预测分析。

参考文献

[1] KELLY G. Inulin-type prebiotics-a review: part 1[J]. Alternative Medicine Review, 2008, 13(4): 315-329.
[2] CHI Z M, ZHANG T, CAO T S, et al. Biotechnological potential of inulin for bioprocesses[J]. Bioresource Technology, 2011, 102(6): 4 295-4 303.
[3] LIU J, LUO D L, LI X, et al. Effects of inulin on the structure and emulsifying properties of protein components in dough[J]. Food Chemistry, 2016, 210: 235-241.
[4] LIU J, LUO D L, CHEN R H, et al. Effects of short-chain inulin

on quality of Chinese steamed bread[J]. Journal of Food Quality, 2016, 39(4): 255-263.
[5] MENSINK M A, FRIJLINK H W, VAN DER VOORT MAARSCHALK K, et al. Inulin, a flexible oligosaccharide I: review of its physicochemical characteristics[J]. Carbohydrate Polymers, 2015, 130: 405-419.
[6] HUGHES R L, ALVARADO D A, SWANSON K S, et al. The prebiotic potential of inulin-type fructans: a systematic review [J]. Advances in Nutrition, 2022, 13(2): 492-529.
[7] 郑晓丽, 芦明春, 韩璐. 膜分级菊粉及其部分理化性质[J]. 大连工业大学学报, 2011, 30(5): 337-339.
ZHENG X L, LU M C, HAN L. Membrane fractionation and some physicochemical properties of inulin[J]. Journal of Dalian Polytechnic University, 2011, 30(5): 337-339.
[8] LUO D L, LI Y, XU B C, et al. Effects of inulin with different degree of polymerization on gelatinization and retrogradation of wheat starch[J]. Food Chemistry, 2017, 229: 35-43.
[9] WAN X H, GUO H, LIANG Y Y, et al. The physiological functions and pharmaceutical applications of inulin: a review[J]. Carbohydrate Polymers, 2020, 246: 116589.
[10] FRANCK A. Technological functionality of inulin and oligofructose[J]. British Journal of Nutrition, 2002, 87(S2): S287-S291.
[11] LUO D L, LIANG X P, XU B C, et al. Effect of inulin with different degree of polymerization on plain wheat dough rheology and the quality of steamed bread[J]. Journal of Cereal Science, 2017, 75: 205-212.
[12] JIA C L, KIM Y S, HUANG W N, et al. Sensory and

- instrumental assessment of Chinese moon cake: influences of almond flour, maltitol syrup, fat, and gums[J]. *Food Research International*, 2008, 41(9): 930-936.
- [13] 杨端. 不同菊粉对面团水分迁移及馒头食用品质的影响[J]. *食品研究与开发*, 2017, 38(14): 108-112.
- YANG D. The effect of different inulin on moisture migration of wheat dough and eating quality of steamed bread[J]. *Food Research and Development*, 2017, 38(14): 108-112.
- [14] 胡雅婕, 高海燕, 孙俊良, 等. 菊粉特性及其对馒头品质的影响研究[J]. *食品工业科技*, 2016, 37(15): 60-65.
- HU Y J, GAO H Y, SUN J L, et al. Characteristics of inulin and its effects on the quality of steamed bread[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2016, 37(15): 60-65.
- [15] 冷越. 辣条专用粉品质解析及菊粉对辣条品质改良研究[D]. 武汉: 武汉轻工大学, 2020: 49-50, 56-58.
- LENG Y. Quality analysis of spicy wheat gluten sticks flour and quality improvement of using inulin in spicy wheat gluten sticks[D]. Wuhan: Wuhan Polytechnic University, 2020: 49-50, 56-58.
- [16] GÓMEZ M, RONDA F, BLANCO C A, et al. Effect of dietary fibre on dough rheology and bread quality[J]. *European Food Research and Technology*, 2003, 216(1): 51-56.
- [17] WANG J S, ROSELL C M, BENEDITO DE BARBER C. Effect of the addition of different fibres on wheat dough performance and bread quality[J]. *Food Chemistry*, 2002, 79(2): 221-226.
- [18] HAGER A S, RYAN L A M, SCHWAB C, et al. Influence of the soluble fibres inulin and oat β -glucan on quality of dough and bread[J]. *European Food Research and Technology*, 2011, 232(3): 405-413.
- [19] PRAZNIK W, CIEŚLIK E, FILIPIAK-FLORKIEWICZ A. Soluble dietary fibres in Jerusalem artichoke powders: composition and application in bread[J]. *Nahrung*, 2002, 46(3): 151-157.
- [20] 张令文, 王雪菲, 李莎莎, 等. 非发酵型速冻油条配方的响应面优化[J]. *食品工业科技*, 2019, 40(7): 190-198.
- WANG X F, LI S S, et al. Optimization of formula of non-fermented quick-frozen deep-fried dough sticks by response surface analysis[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2019, 40(7): 190-198.
- [21] 黄忠民, 贾若南, 黄婉婧, 等. 冻结方式对油条品质特性的影响[J]. *食品与发酵工业*, 2019, 45(16): 181-186.
- HUANG Z M, JIA R N, HUANG W J, et al. Effects of freezing methods on quality characteristics of fritters[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2019, 45(16): 181-186.
- [22] 汤晓娟, 王凤, 贾春利, 等. 含 Olestra 低脂休闲蛋糕体系的流变学、微结构与烘焙特性[J]. *食品科学*, 2013, 34(1): 1-7.
- TANG X J, WANG F, JIA C L, et al. Effect of olestra on microstructure, rheological properties and baking properties of snack cake[J]. *Food Science*, 2013, 34(1): 1-7.
- [23] CHIAVARO E, VITTADINI E, CORRADINI C. Physicochemical characterization and stability of inulin gels[J]. *European Food Research and Technology*, 2007, 225(1): 85-94.
- [24] 罗登林, 许威, 陈瑞红, 等. 菊粉溶解性能与凝胶质构特性试验[J]. *农业机械学报*, 2012, 43(3): 118-122, 129.
- LUO D L, XU W, CHEN R H, et al. Solubility and gelatin textural properties of inulin[J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2012, 43(3): 118-122, 129.
- [25] EL-NAGAR G, CLOWES G, TUDORICĂ C M, et al. Rheological quality and stability of yog-ice cream with added inulin[J]. *International Journal of Dairy Technology*, 2002, 55(2): 89-93.
- [26] 李玲, 王立, 钱海峰, 等. 全麦粉对油条面团和油条质量的影响[J]. *现代食品科技*, 2016, 32(1): 242-249.
- LI L, WANG L, QIAN H F, et al. Effect of whole wheat flour on the qualities of Youtiao dough and youtiao product[J]. *Modern Food Science and Technology*, 2016, 32(1): 242-249.
- [27] 李琬聪. 菊芋中不同聚合度天然菊糖的分离纯化及生物活性研究[D]. 烟台: 中国科学院烟台海岸带研究所, 2015: 6-7.
- LI W C. Separation, purification and bioactivity of natural inulin with different degrees of polymerization in Jerusalem artichoke[D]. Yantai: Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences, 2015: 6-7.
- [28] 李金河, 张霞, 母梦羽, 等. 天然菊粉对小麦面粉筋集聚和面团特性的影响[J]. *河南工业大学学报(自然科学版)*, 2021, 42(2): 22-27.
- LI J H, ZHANG X, MU M Y, et al. Effect of natural inulin on gluten accumulation and dough characteristics of common wheat flour[J]. *Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition)*, 2021, 42(2): 22-27.
- [29] KOU X R, LUO D L, LI Y, et al. Effect of inulin with different degree of polymerisation on textural and rheological properties of wheat starch-effect of inulin on gel properties of starch[J]. *International Journal of Food Science & Technology*, 2018, 53(11): 2 576-2 585.
- [30] 高雅君. 低血糖指数馒头加工工艺及其功能特性研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2018: 24.
- GAO Y J. Study on the processing technology and functional characteristics of hypoglycemic index steamed bread[D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2018: 24.
- [31] SALINAS M V, PUPPO M C. Effect of organic calcium salts-inulin systems on hydration and thermal properties of wheat flour[J]. *Food Research International*, 2013, 50(1): 298-306.