

猪油和单甘酯含量对菜籽油凝胶油性质的影响研究

丁泽敏¹, 刘渝港¹, 夏会平¹, 肖茜¹, 曾朝喜^{1,2}

(1. 湖南农业大学 食品科学技术学院, 长沙 410128; 2. 湖南省菜籽油营养健康与深度开发
工程技术研究中心, 长沙 410128)

摘要:考察了将猪油与菜籽油按一定比例混合,并以单甘酯为凝胶剂形成的混合凝胶油的性质,探讨猪油和菜籽油质量比及单甘酯含量对混合凝胶油性质的影响,以制备出低饱和脂肪酸、能够更好地部分替代猪油的菜籽油混合凝胶油。测定了混合凝胶油的流变性质、质构性质、固体脂肪含量以及热力学性质。结果表明,当猪油和菜籽油质量比为5:5,加入8%的单甘酯时,混合凝胶油与菜籽油凝胶油相比凝胶性质更好,在常温下固体脂肪含量更接近猪油。

关键词:猪油;菜籽油;单甘酯;凝胶油

中图分类号:TS225;TQ646

文献标识码:A

文章编号:1003-7969(2020)01-0056-05

Effect of lard and monoglyceride contents on properties of rapeseed oil oleogel

DING Zemin¹, LIU Yugang¹, XIA Huiping¹, XIAO Qian¹, ZENG Chaoxi^{1,2}

(1. School of Food Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China;

2. Hunan Engineering Technology Research Center for Rapeseed Oil Nutrition Health and Deep
Development, Changsha 410128, China)

Abstract: The properties of mixed oleogel prepared by mixing lard and rapeseed oil in a certain proportion and with monoglyceride as gelling agent were investigated. The effects of different mass ratio of lard to rapeseed oil and content of monoglyceride on the properties of mixed oleogel were discussed to prepare rapeseed oil mixed oleogel with low saturated fatty acids and could better partially replace lard. The rheological properties, textural properties, solid fat content and thermodynamic properties of the mixed oleogel were determined. The results showed that when the mass ratio of lard to rapeseed oil was 5:5 and 8% of monoglyceride was added, the gel property of mixed oleogel was better than that of rapeseed oil oleogel, and the solid fat content was closer to lard at room temperature.

Key words: lard; rapeseed oil; monoglyceride; oleogel

凝胶油(oleogels 或者 edible oil organogels)指以油脂为连续相,通过添加特定凝胶因子而形成的具有如固态脂肪般的机械强度与可塑性能的低反式脂肪酸和饱和脂肪酸的油脂产品^[1-2]。

单甘酯(MG)是理想的凝胶剂之一,可在油脂中形成结晶网络,进而形成弹性凝胶,也是目前食品生产中最常用的食品乳化剂^[3]。目前以单甘酯为

凝胶剂形成凝胶油的研究较多。刘日斌等^[4]进行了利用蒸馏单硬脂酸甘油酯制备玉米胚芽油基凝胶油的研究;Bin等^[5]研究了单甘酯和植物甾醇复配制备凝胶油的黏弹性质等。然而,现有的凝胶油由于部分特性还不能满足食品专用油脂的需求,离工业化应用还有一定距离。因此,在进一步寻找更有效的凝胶剂的同时,对传统固体脂肪进行部分取代引起了研究者的关注,然而这方面的研究还非常少,特别是将我国传统固体脂肪猪油进行部分替代的研究目前还很少^[6]。

猪油是我国的传统食用油脂之一,具有独特的香味和口感,有补虚、润燥等医学功能,也是很多传统中式糕点食品中的重要专用油脂^[7]。研究证明,

收稿日期:2019-05-06;修回日期:2019-09-03

基金项目:国家自然科学基金青年项目(31701580)

作者简介:丁泽敏(1997),女,在读本科,研究方向为粮油加工(E-mail)1291793719@qq.com。

通信作者:曾朝喜,讲师,博士(E-mail)cxzeng2016@163.com。

猪油中硬脂酸等饱和脂肪酸含量过高,大量食用会引发高血压、高血脂、心脏病等疾病,导致现代人们饮食生活中,谈“猪油”色变^[8-10]。因此,将猪油进行部分替代以解决健康与美味并存的矛盾,能够合理利用此类油脂资源。

本研究拟以菜籽油与猪油按特定比例混合再加入单甘酯作为凝胶剂形成混合凝胶油,来达到部分替代猪油作为食品专用油脂的目的。本研究首先分析了不同油脂比例、单甘酯含量对凝胶油流变性质的影响,比较了凝胶油与猪油的硬度和固体脂肪含量,探究了掺入猪油的菜籽油凝胶油、猪油以及菜籽油凝胶油的热力学性质,以为健康、安全和高品质的传统食品糕点及焙烤用油提供理论指导和应用开发思路。

1 材料与方法

1.1 实验材料

猪油、菜籽油,购买于当地超市。单甘酯,上海阿拉丁生化科技股份有限公司;其他试剂均为分析纯。

HJ-6A 磁力搅拌器;PQ001 核磁共振固体脂肪含量分析仪,上海纽迈电子科技有限公司;Kinexus 旋转流变仪,英国 Malvern;TA-XT.plus 质构仪,英国 Stable Micro Systems;DSC 204 F1 差示扫描量热仪,德国耐驰。

1.2 实验方法

1.2.1 样品的制备

取质量比分别为 7:3、6:4、5:5、4:6、3:7 的猪油和菜籽油共 50 g 混合,加热到 85 °C,加入一定量的单甘酯后恒温搅拌 0.5 h,之后于 5 °C 冰箱冷却保存 48 h,待结晶完成形成凝胶油。测试前于室温下放置 2 h。

1.2.2 流变性质分析

取适量样品放在样品台上,用直径为 40 mm 的平板,间隙设置为 0.51 mm,在恒定的低应变水平下(0.01%),对凝胶进行小变形频率扫描,测定弹性模量(G')和黏性模量(G'')随频率变化的曲线,频率范围为 0.1 ~ 10 Hz。凝胶油样品的黏度测量在 0 ~ 100 s⁻¹ 的范围内下进行。所有的流变测量都在 20 °C 条件下进行。

1.2.3 质构性质分析

将盛有 50 g 凝胶油的烧杯置于 20 °C 恒温水浴中保持 24 h,用质构仪进行硬度测定。质构仪参数:探头 P5,测前速度 2 mm/s,测试中速度 1 mm/s,测后速度 2 mm/s,探头感受到 5.0 g 力后下压 12.00 mm,取下压过程峰值为硬度值。

1.2.4 固体脂肪含量的测定

取适量凝胶油放置于 NMR 管(180 mm × 10 mm),利用脉冲 NMR 检测凝胶油中的固体脂肪含量(SFC),共振操作的频率为 20 MHz,样品保持在 5 ~ 55 °C 水浴 24 h,测定并记录对应温度下的 SFC。

1.2.5 结晶性质分析

精确称取凝胶油样品 5 ~ 8 mg,程序控温,以 30 °C/min 的速率快速将其从室温加热至 120 °C,并保持 10 min 以消除结晶记忆,再以 10 °C/min 的速率降至 5 °C,并保持 20 min 使其充分结晶,过程中氮气流量为 100 mL/min,记录结晶曲线。

2 结果与分析

2.1 猪油和菜籽油质量比对混合凝胶油性质的影响

图 1 是由不同猪油和菜籽油质量比制备的凝胶油样品(单甘酯含量为 8%)在低应力下进行频率扫描所获得的频率扫描曲线。 G' 表示动态弹性模量,表征物质的弹性特征; G'' 表示黏性损耗模量,表征物质的黏性特征。

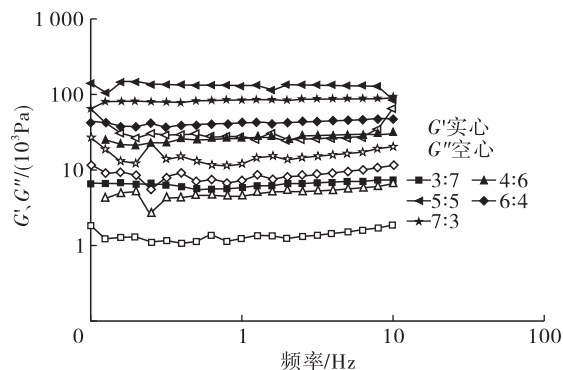


图 1 不同猪油和菜籽油质量比下凝胶油的频率扫描曲线

从图 1 可知,所有凝胶油的 G' 随着扫描频率的增加变化趋势不明显,说明考察范围内的凝胶油都属于稳定的凝胶系统。所有凝胶油的 G' 都较大,并在所有频率下 G' 远大于 G'' ,说明此黏弹性体系的固体弹性行为突出。随着猪油比例的增加,凝胶油的凝胶性能也有明显变化。在猪油和菜籽油质量比为 3:7、4:6、5:5 时, G' 和 G'' 都随着猪油比例升高而增大,凝胶油的固体弹性行为增强,这主要原因是猪油的固体脂肪属性使固体弹性行为随着猪油比例的升高更加突出。然而,当继续提高猪油比例,在猪油和菜籽油比例为 6:4、7:3 时, G' 和 G'' 下降。因此,当猪油和菜籽油质量比为 5:5 时,混合凝胶油具有相对更好的流变性能。

图 2 是在频率扫描的基础上,探究凝胶油黏度随剪切速率的变化情况。从图 2 可知,猪油和菜籽油质量比在 5:5 以上凝胶油表观黏度都比较大。整

体上油脂凝胶样品的表观黏度都随着剪切速率的增加逐渐减小,即“剪切变稀”现象,表现出假塑性流体特性,说明该混合凝胶油属于非牛顿流体。

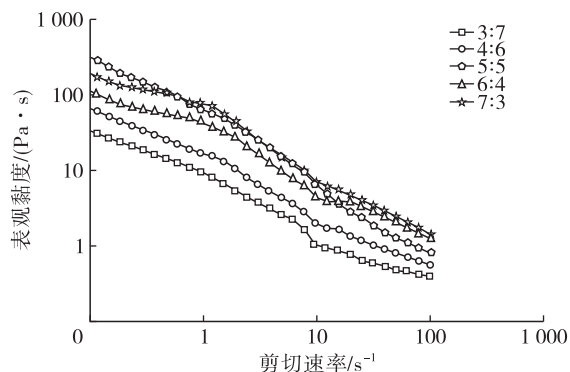


图2 不同猪油和菜籽油质量比下凝胶油表观黏度-剪切速率曲线

为了更加准确描述凝胶油假塑性程度,本研究进一步对不同猪油和菜籽油质量比下凝胶油表观黏度-剪切速率曲线 $0 \sim 100 \text{ s}^{-1}$ 范围内的实验数据进行拟合,结果如图3所示。根据一般假塑性体表观黏度对数($\log_2 \eta$)与剪切速率对数($\log_2 \dot{\gamma}$)的关系符合幂律方程^[11],通过计算直线斜率($n-1$)、截距($\log_2 K$),可得出稠度系数(K)和幂律指数(n)。拟合得到凝胶油表观黏度的稠度系数和幂律指数见表1。

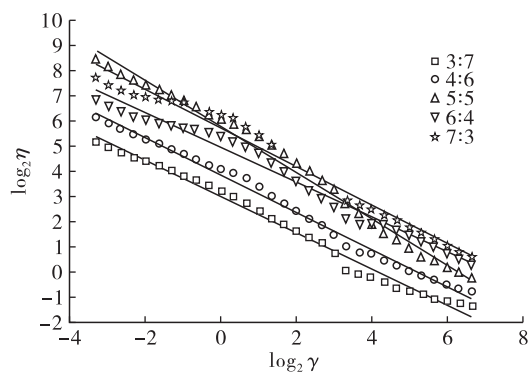


图3 不同猪油和菜籽油质量比下凝胶油 $\log_2 \eta$ 与 $\log_2 \dot{\gamma}$ 关系图

表1 不同猪油和菜籽油质量比下凝胶油表观黏度的稠度系数和幂律指数

猪油和菜籽油质量比	$K/(\text{Pa} \cdot \text{s})$	n	R^2
3:7	8.06	0.28	0.988
4:6	14.62	0.26	0.992
5:5	54.95	0.08	0.989
6:4	31.12	0.31	0.979
7:3	52.71	0.24	0.978

从表1可知,拟合函数的 R^2 在 $0.978 \sim 0.992$ 之间,说明表观黏度和剪切速率实验数据的关系符合幂律方程关系式^[12]。当猪油和菜籽油质量比在

5:5时, K 值最大,幂律指数偏离1越大,制备的凝胶油越黏稠,假塑性程度越大^[12]。

为了探究猪油的掺入对菜籽油基单甘酯凝胶油适口性的影响,对不同猪油混合比例的混合凝胶油进行了质构分析,结果如图4所示。

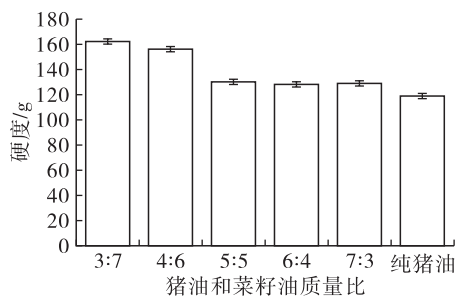


图4 不同猪油和菜籽油质量比下凝胶油硬度变化

硬度表示样品的胶凝强度,胶黏性表示样品内胶合强度,去抵抗外部的损害和维持自身的完整^[13]。从图4可知,随着猪油比例的提高,混合凝胶油硬度性质相应发生一定程度的变化,但是变化并不大,尤其当猪油和菜籽油质量比达到5:5以上时,形成的混合凝胶油的硬度与纯猪油体系相比并无明显的差异。

2.2 单甘酯含量对混合凝胶油性质的影响

分别将单甘酯含量为6%、8%、10%、12%的凝胶油样品进行频率扫描和固体脂肪含量测定。考察单甘酯含量对混合凝胶油(猪油和菜籽油质量比为5:5)流变性质和固体脂肪含量的影响,结果分别如图5、图6所示。

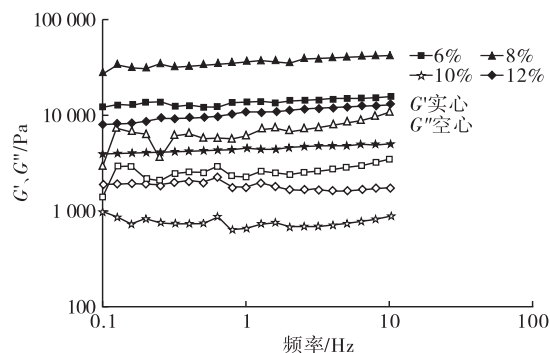


图5 不同单甘酯含量下凝胶油频率扫描曲线

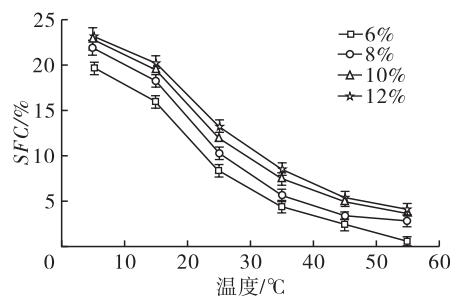


图6 不同单甘酯含量下 SFC 曲线

从图5可知,不同单甘酯含量的凝胶油 G' 和 G'' 的数值都较大,且 G' 远大于 G'' ,所有样品都主要发生弹性形变。且混合凝胶油的 G' 、 G'' 均随单甘酯含量的增大先增大后整体降低,在单甘酯含量为8%时,凝胶性质最佳。这说明在混合凝胶油中,过量的单甘酯反而不利于形成良好凝胶性质的凝胶油。原因可能是加入适量单甘酯的混合凝胶油中晶体间形成了更加紧凑的结构,能够更好地截留菜籽油。

$SFC-T$ 曲线能够反映油脂随温度的升高,其内部固体成分由固态向液态转变的过程^[14]。从图6可知,所有样品的固体脂肪含量都随温度的升高而减少,35℃(接近体温)时,样品中仍有一定量结晶存在,使用时可以加强液态油脂的坚固性以阻止渗出^[15]。同一温度下,随着单甘酯含量的增加,固体脂肪含量升高,但加入8%、10%、12%的单甘酯制备的凝胶油中所含的固体脂肪含量差别不大。王晓晨等^[16]得出加入甘油二酯的大豆油基凝胶油固体脂肪含量会随着甘油二酯浓度的增大而增大,与本文结论相似;殷俊俊等^[17]用8% γ -谷维素与 β -谷甾醇制备的凝胶油在4℃时固体脂肪含量小于5%;李丹等^[18]用8%的肉桂酸制备的凝胶油固体脂肪含量在10℃时不超过3%;高宁宁等^[19]测得10%的玉米蜡凝胶油在5℃时固体脂肪含量在10%左右,而该混合凝胶油在5℃时固体脂肪含量在20%以上,相比较而言,性质更加接近固体脂肪,且应用范围更加广泛。根据流变数据所得的结果以及生产成本考虑,可以选用8%的单甘酯添加量。

2.3 混合凝胶油热力学性质比较

分别对猪油、单甘酯含量为8%的菜籽油猪油混合凝胶油(猪油和菜籽油质量比5:5)以及单一凝胶油菜籽油凝胶油中含有的固体脂肪含量进行比较,结果如图7所示。

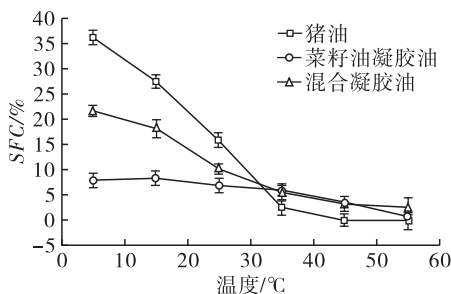


图7 不同样品 SFC 曲线

从图7可知,猪油在5℃时的固体脂肪含量达到36%,单一凝胶油的为7.5%,混合凝胶油的为21.89%。相较于菜籽油凝胶油,混合凝胶油固体脂肪含量明显提高,且固体脂肪含量更加接近于猪油。

随着温度的逐渐升高,猪油中固体脂肪含量变化显著,在5~35℃范围内急剧减少,继续升高温度,猪油中的固体脂肪含量几乎为零。菜籽油凝胶油的固体脂肪含量随温度的升高几乎没有变化,而且其塑性范围比猪油宽,而添加猪油的混合凝胶油的固体脂肪含量在二者之间,因此兼具塑性范围宽、可塑性强和固体脂肪含量高的优点,应用范围更加广泛。

为了探究用猪油和菜籽油调配制成的凝胶油的品质及其潜在应用,本研究通过DSC探究了菜籽油猪油混合凝胶油、猪油以及菜籽油凝胶油的结晶性质,结果如图8所示。

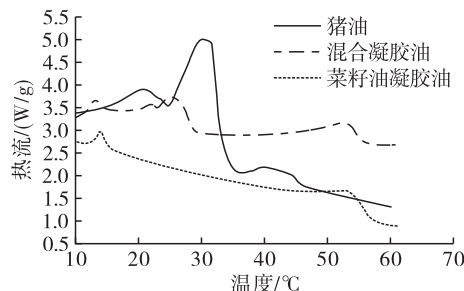


图8 不同样品 DSC 曲线

从图8可知,菜籽油凝胶油、混合凝胶油初始结晶温度在55℃左右,猪油初始结晶温度在45℃左右,混合凝胶油的初始结晶温度受猪油的影响不显著。猪油的最大吸收峰对应的热效率为5.0 W/g左右,混合凝胶油的最大吸收峰热效率为3.75 W/g左右,菜籽油凝胶油的最大吸收峰热效率为3.0 W/g左右。热效率是指凝胶油结晶需要放出的热量,混合凝胶油的热效率更加接近猪油,结晶时需要放出的热量更多,因此其具有一定的塑性。

3 结论

考察猪油和菜籽油质量比和单甘酯含量对凝胶油流变性质和质构的影响。结果表明,当猪油和菜籽油质量比为5:5,单甘酯含量在8%时,凝胶油具有比较合适的凝胶强度,固体脂肪含量也接近猪油。在此基础上将其与猪油以及菜籽油凝胶油的热力学性质和固体脂肪含量进行比较,发现掺入猪油能够改善菜籽油凝胶油的物理性质,比单一的菜籽油凝胶油能更好地替代固体脂肪,加入的猪油成分能够满足居民对油脂口感和风味的要求。

参考文献:

- [1] STORTZ T, ZETZL A K, BARBUT S, et al. Edible oleogels in food products to help maximize health benefits and improve nutritional profiles[J]. *Lipid Technol*, 2012, 24(7): 151-154.
- [2] SCHAIKHM H M, VAN MALSSSEN K F, MORGADO - ALVES S, et al. Crystal network for edible oil organoleogel-

- tor: possibilities and limitations of the fatty acid and fatty alcohol systems[J]. *Food Res Int*, 2007, 40(9): 1185–1193.
- [3] CHEN C H, TERENTJEV E M. Aging and metastability of monoglycerides in hydrophobic solutions [J]. *Langmuir*, 2009, 25:6717–6724.
- [4] 刘日斌,李园,卢婉仪,等. 利用蒸馏单硬脂酸甘油酯制备玉米胚芽油基凝胶油的研究[J]. *中国油脂*, 2017, 42(1):66–69.
- [5] BIN M S, DANTHINE S, BROWN A, et al. Phytosterols – induced viscoelasticity of oleogels prepared by using monoglycerides[J]. *Food Res Int*, 2017, 100(1):832–840.
- [6] 杨丽君,孟宗,李进伟,等. 分子蒸馏单甘酯含量对花生油基有机凝胶油性质的影响[J]. *中国油脂*, 2014, 39(4):54–58.
- [7] 代小容,张宝勇. 脂肪和猪油的食用价值[J]. *肉类研究*, 2008(7):65–68.
- [8] YAMAGISHI K, LSO H, KOKUBO Y, et al. Dietary intake of saturated fatty acids and incident stroke and coronary heart disease in Japanese communities: the JPHC study[J]. *Eur Heart J*, 2013, 34(16):1225–1232.
- [9] ARO A, JAUHAINEN M, PARTANEN R, et al. Stearic acid, *trans* fatty acids, and dairy fat: effects on serum and lipoprotein lipids, apolipoproteins, lipoprotein (a), and lipid transfer proteins in healthy subjects [J]. *Am J Clin Nutr*, 1997, 65(5):1419–1426.
- [10] IIDA H, ITOH D, MINOWA S, et al. Hydrogenation of soybean oil over various platinum catalysts: effects of support materials on *trans* fatty acid levels [J]. *Catal Commun*, 2015, 62: 1–5.
- [11] 侯万国,孙德军,张春光. 应用胶体化学[M]. 北京:科学出版社,1998:51.
- [12] 朱小勇,孟宗,李进伟,等. 凝胶剂种类对凝胶油物性及结晶形态的影响研究[J]. *中国粮油学报*, 2013, 28(10):37–43.
- [13] MENG Z, QI K Y, GUO Y, et al. Macro – micro structure characterization and molecular properties of emulsiontemplated polysaccharide oleogels [J]. *Food Hydrocolloid*, 2018, 77: 17–29.
- [14] 张宁,杨雪,滕英来,等. 三聚甘油脂肪酸酯对甘油二酯结晶特性的影响[J]. *现代食品科技*, 2016, 32(3):48–55.
- [15] MARTINIS S J S. Physical characterization of crystalline networks formed by binary blends of waxes in soybean oil [J]. *Food Res Int*, 2016, 89: 245–253.
- [16] 王晓晨,杨雪,陈琼,等. 大豆油基甘油二酯凝胶油的制备与表征研究[J]. *中国油脂*, 2017, 42(1):60–65.
- [17] 殷俊俊,马传国,王伟,等. 不同植物油对 γ -谷维素与 β -谷甾醇有机凝胶的影响[J]. *中国粮油学报*, 2016, 31(5):87–91.
- [18] 李丹,赵月,李婷婷,等. 油脂品种对肉桂酸基油脂凝胶形成及性质的影响[J]. *食品科学*, 2018, 39(12):9–14.
- [19] 高宁宁,唐年初,赵晨伟. 玉米蜡含量对大豆油基凝胶油性质的影响[J]. *中国油脂*, 2016, 41(8):31–36.
- (上接第16页)
- [5] 刘君丽. 沙棘功能性食品的开发研究现状 [J]. *食品安全导刊*, 2017, 33(6): 61–62.
- [6] PISOSCHI A M, POP A, CIMPEANU C, et al. Nanoencapsulation techniques for compounds and products with antioxidant and antimicrobial activity—a critical view [J]. *Eur J Med Chem*, 2018, 157:1326–1345.
- [7] 刘光宪,周巾英,祝水兰,等. 沙棘籽油微胶囊的制备及其性质研究 [J]. *食品与机械*, 2017, 33(8):194–197.
- [8] 刘成祥,王力,苏建辉,等. 牡丹籽油微胶囊的制备及特性研究 [J]. *中国油脂*, 2016, 41(11): 12–16.
- [9] 李晓龙. 粉末油脂氧化稳定性分析方法的评估[D]. 江苏无锡:江南大学, 2016.
- [10] 刘慧敏. 不同植物油微量成分与抗氧化能力的相关性研究[D]. 江苏无锡:江南大学, 2015.
- [11] DI G L, SALGADO P R, MAURI A N. Encapsulation of fish oil in soybean protein particles by emulsification and spray drying [J]. *Food Hydrocolloid*, 2019, 87: 891–901.
- [12] CHANG C, VARANKOVICH N, NICKERSON M T. Microencapsulation of canola oil by lentil protein isolate – based wall materials [J]. *Food Chem*, 2016, 212:264–273.
- [13] AGHBASHLO M, MOBLI H, MADADLOU A, et al. Influence of wall material and inlet drying air temperature on the microencapsulation of fish oil by spray drying [J]. *Food Bioprocess Technol*, 2012, 6(6): 1561–1569.
- [14] CARVALHO A G S, SILVA V M, HUBINGER M D. Microencapsulation by spray drying of emulsified green coffee oil with two – layered membranes [J]. *Food Res Int*, 2014, 61:236–245.
- [14] CARNEIRO H C F, TONON R V, GROSSO C R F, et al. Encapsulation efficiency and oxidative stability of flaxseed oil microencapsulated by spray drying using different combinations of wall materials [J]. *J Food Eng*, 2013, 115(4): 443–451.
- [16] HOGAN S A, BRIAN F M, DOLORES O, et al. Microencapsulating properties of sodium caseinate [J]. *J Agric Food Chem*, 2001, 49(4):1934–1938.
- [17] ZHOU D, PAN Y, YE J, et al. Preparation of walnut oil microcapsules employing soybean protein isolate and maltodextrin with enhanced oxidation stability of walnut oil [J]. *LWT – Food Sci Technol*, 2017, 83:292–297.