

处理工艺对复合芝麻酱体系稳定性的影响

Effects of different process treatments on stability of compound sesame paste system

王宇 纪晓梅 杨瑞香 萨如拉 张隋鑫 陈腊梅

WANG Yu JI Xiaomei YANG Ruixiang SA Rula ZHANG Suixin CHEN Lamei

(内蒙古草原红太阳股份有限公司, 内蒙古 呼和浩特 010000)

(Inner Mongolia Grassland Red Sun Food Co., Ltd., Hohhot, Inner Mongolia 010000, China)

摘要:目的:研究复合芝麻酱在不同处理工艺条件下体系的稳定性。方法:考察加热温度、搅拌时间、冷却工序、灌装温度及静置熟化工序对复合芝麻酱离心析油率的影响,并记录 47 °C 保温条件下复合芝麻酱的析油时间。结果:复合芝麻酱的最佳处理工艺为加热温度 55 °C, 搅拌时间 20 min, 0 °C 冷却降温, 灌装温度 40 °C, 静置熟化 24 h。此工艺条件下制备的复合芝麻酱的离心析油率由初始的 6.69% 显著降低至 1.78% ($P < 0.05$), 且其微观结构油相分布均匀并形成了紧密的联结区。结论:复合芝麻酱工艺参数的优化能显著改善体系的析油问题, 最优工艺条件下加工的复合芝麻酱的体系稳定性最佳。

关键词:复合芝麻酱; 离心析油率; 体系稳定性

Abstract: Objective: This study aimed to investigate the system stability of composite sesame paste under different processing conditions. **Methods:** The effects of heating temperature, stirring time, cooling procedure, filling temperature, and standing curing procedure on centrifugal oil separation rate of composite sesame paste were investigated, and the oil separation days of composite sesame paste under the condition of 47 °C heat preservation was recorded. **Results:** The best technological conditions of composite sesame paste were as follows: heating temperature of 55 °C, stirring time of 20 min, cooling and cooling at 0 °C, filling temperature of 40 °C, standing and curing for 24 h. The centrifugal oil extraction rate of the composite sesame paste prepared under this technological condition was significantly reduced from 6.69% to 1.78% ($P < 0.05$), and its microstructure oil phase was evenly distributed and thereby a tight connection area was formed. **Conclusion:** The optimization of the process parameters of composite sesame paste can significantly improve the oil separation problem of the system. The composite sesame paste processed by this process has the best system stability.

作者简介:王宇(1993—),女,内蒙古草原红太阳股份有限公司工程师,硕士。E-mail: m15754883206@163.com

收稿日期:2022-12-09 **改回日期:**2023-08-02

Keywords: compound sesame paste; centrifugal oil separation rate; system stability

芝麻酱和花生酱均含有丰富的脂肪、蛋白质、碳水化合物和矿物质等多种成分,风味特殊^[1-2]。传统芝麻酱、花生酱在保存期间体系不稳定,易出现油酱分层现象,上层油脂极易氧化酸败,产生令人不愉快的哈喇味,下层酱体自然沉降形成坚硬固体,严重影响产品的感官品质和涂抹性^[1]。复合调味酱是由两种及两种以上的原料,添加或不添加其他辅料,按一定比例经一定加工工艺制成的酱状调味品^[3]。纯芝麻酱口感单一且芝麻本身携带的苦感强烈,色泽暗黑,食欲感较差。而复配了少量花生酱和其他辅料的复合芝麻酱口感层次丰富,色泽食欲感强,营养高,更具有市场发展空间^[4-5]。目前,有关芝麻酱类产品体系稳定性的研究主要集中在原料焙烤方式、磨酱设备和稳定剂、乳化剂的选择方面。许仕文等^[6]研究表明,不同焙炒方式下芝麻酱离心析油率差异显著,其中油炒锅焙炒的芝麻酱离心析油率最低。Aryana 等^[7]研究发现,在花生酱中加入适量棕榈油能改善其稳定性。而有关芝麻、花生原料磨酱后的后端生产工艺研究较少,如果把控制好芝麻酱类产品的后端生产工艺参数,也可显著改善产品析油问题。

研究拟以芝麻、花生混合酱为研究对象,考察磨酱后后端生产工艺对复合芝麻酱稳定性的影响。以离心析油率和 47 °C 保温条件下复合芝麻酱析油时间为评定依据,确定加热温度、搅拌时间、冷却工序和静置熟化等后端工序的最佳工艺参数,旨在优化芝麻酱类产品的生产工艺,提高芝麻酱的稳定性。

1 材料与amp;方法

1.1 材料与试剂

花生酱:青岛嘉里有限公司;

芝麻酱:天诺食品有限公司;

腐乳粉、韭菜花粉:广州江大生物科技有限公司;

氢化植物油稳定剂:丹尼斯克(中国)有限公司;
盐、糖、味精、植物油、香辛料等调味料:市售。

1.2 仪器与设备

电子天平:PR224ZH/E 型,奥豪斯仪器(常州)有限公司;

数显恒温水浴锅:HH-8 型,国华电器有限公司;

恒温恒湿培养箱:HSP-360BE 型,上海力辰邦西仪器科技有限公司;

海尔冰箱:BCD-216TMZL 型,青岛海尔股份有限公司;

高速乳化均质机:D-500 WIGGENS 型,北京泰禾欣瑞科技有限公司;

电子温控温度计:GT303A 型,深圳市聚茂源科技有限公司;

高速离心机:XZ-16T 型,长沙湘智离心机仪器有限公司;

激光共聚焦显微镜:NIKON Eclipse Ti 型,日本尼康公司。

1.3 试验方法

1.3.1 复合芝麻酱工艺标准 根据文献[8],以芝麻(仁)、花生(仁)为主要原料,经除杂、清洗、烘(焙)炒、研磨、灌装制成半固态食用调味品。

1.3.2 复合芝麻酱产品品质标准 根据文献[8]制定产品品质标准见表 1。

1.3.3 复合芝麻酱制备 复合芝麻酱配方为芝麻酱 70%、花生酱 16%、氢化植物油 1%、食用盐 1.5%,白砂糖粉 4%,植物油 1.5%,腐乳粉 3%,韭菜花粉 2%,香辛料 1%,其制备流程见图 1。

表 1 复合芝麻酱理化指标

Table 1 Physical and chemical indexes of composite sesame paste

项目	理化指标
色泽	棕黄色或棕褐色
气滋味	具有浓郁的熟芝麻香气,口感细腻,无异味
外观	浓稠状酱体,允许有油脂析出无肉眼可见的外来物及霉斑点
酸值(以 KOH 计)	≤3.0 mg/g
过氧化值	≤0.25 g/100 g
水分含量	≤1.5%
脂肪含量	≥40.0%
镉(以 Cd 计)	≤0.5 mg/kg
总砷(以 As 计)	≤0.5 mg/kg
铅(以 Pb 计)	≤0.15 mg/kg
其他污染物限量、真菌毒素、农药残留	符合 GB 2761、GB 2762、GB 2763 的规定

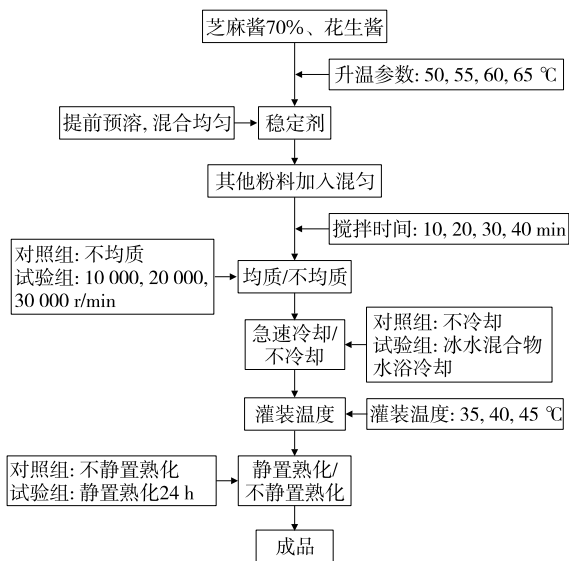


图 1 复合芝麻酱制备流程

Figure 1 Compound sesame paste preparation process

1.3.4 试验条件 分别考察复合芝麻酱的加热温度(50, 55, 60, 65 °C)、搅拌时间(10, 20, 30, 40 min)、均质工序(10 000, 20 000, 30 000 r/min 及对照组)、冷却工序(0 °C 冷却和不冷却)、灌装温度(35, 40, 45 °C)及静置熟化工序(静置熟化 24 h 和不静置熟化)对产品离心析油率和析油时间的影响。

1.3.5 离心析油率测定 根据文献[9],将 30 g 复合芝麻酱样品装入 50 mL 离心管中,4 000 r/min 离心 30 min,并按式(1)计算样品的离心析油率。

$$\eta_c = \frac{A_1}{A} \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

η_c ——复合芝麻酱离心析油率, %;

A——样品质量, g;

A_1 ——离心所得上清油的质量, g。

1.3.6 析油时间测定 根据文献[10],取 30 g 复合芝麻酱于细高带刻度的玻璃瓶中,置于 47 °C 恒温培养箱,每天上午 10 点固定观察所有复合芝麻酱样品的析油情况,3 个平行样的复合芝麻酱样品表面均有油脂析出,即为该样品出现析油的时间。课题组团队前期对芝麻酱产品进行保温加速试验发现,25 °C 放置 12 个月,相当于 37 °C 放置 18 周,47 °C 放置 9 周。芝麻酱产品的包装密封性较好且避光加速,37, 47 °C 保温加速结束后成品滋气味正常,过氧化值和酸价指标均符合芝麻酱标准要求。故将复合芝麻酱加速试验温度设定为 47 °C。

1.3.7 微观结构分析 根据文献[11],将 1 g 复合芝麻酱用 5 g/L 的尼罗红染色液染色,静置 30 min,将一定量染色的样品置于载玻片上,盖上盖玻片,形成均匀的薄片,放大 40 倍进行观察并拍摄显微图片。

1.3.8 数据分析 使用 SPSS 19.0 软件进行统计分析,采用 Excel 2007 软件进行数据处理,结果表示为平均值±标准差,并采用单因素方差分析。

2 结果与分析

2.1 单因素试验

2.1.1 加热温度对复合芝麻酱稳定性的影响 由表 2 可知,离心试验结果与 47 °C 加速保温试验结果均呈相同的规律。离心析油率大小为 65 °C > 60 °C > 50 °C > 55 °C,表明 55 °C 的样品析油最少,体系最稳定。且 55 °C 的样品在整个试验周期均未出现析油现象,其他组样品均在不同时间出现析油现象。50 °C 的样品加热温度低于稳定剂的融化温度,部分甚至全部的稳定剂在与复合芝麻酱混匀过程中固化析出,未最大化发挥其效能价值,导致 50 °C 的样品离心析油率显著高于 55 °C 的 ($P < 0.05$)。60, 65 °C 的样品离心析油率显著高于 55 °C 的,是因为复合芝麻酱的加热温度高,损坏了酱体中花生酱、芝麻酱的组织结构,导致析油量增大。这与阿迪拉·阿迪力^[12]的研究结果相一致。综上,加热温度对复合芝麻酱体系稳定性具有影响,当加热温度为 55 °C 时,复合芝麻酱的离心析油率最低,且 47 °C 加速破坏 44 d 均未出现析油现象。

2.1.2 搅拌时间对复合芝麻酱稳定性的影响 由表 3 可知,搅拌时间对复合芝麻酱析油率有影响。搅拌时间越长,离心析油率越大,体系越不稳定,且出现析油现象的时间越短。研究^[12]表明,核桃酱酱体稳定性随搅拌时间

的延长呈先稳定后不稳定现象,说明搅拌时间对酱类产品体系的稳定性有影响。47 °C 加速试验中,10, 20 min 的样品出现析油现象的时间均为 1 个月,而 30, 40 min 的样品均在 20 d 左右出现了析油现象,是因为长时间搅拌加热会使复合芝麻酱中部分蛋白质结构发生变化,影响凝胶网络的形成,从而导致出油率增加^[13-14]。当搅拌时间为 10, 20 min 时,复合芝麻酱在 47 °C 下的析油时间无显著差异,虽然二者样品的离心析油率差异显著,但考虑到复合芝麻酱体系的均匀性,选择加热时间 20 min 更为适宜。

2.1.3 均质工序对复合芝麻酱稳定性的影响 由表 4 可知,均质转速对复合芝麻酱离心析油率影响显著,均质转速越大,复合芝麻酱离心析油率越大,且 47 °C 加速保温期间出现析油现象的时间越短。对照组离心析油率最低,且 47 °C 加速静置 44 d 均未出现析油现象。而 3 组均质组样品离心析油率均较高且 47 °C 加速期间出现析油时间短,导致这种现象的原因有:① 均质工序对复合芝麻酱组织细胞破坏程度大,会加速油脂析出。许仕文^[15]研究表明,芝麻酱中的蛋白质、脂类和糖类等物质聚集时形成的结构容易受外力破坏,分子间的作用力变小,体系稳定性下降。② 均质时摩擦生热导致复合芝麻酱体系温度再度升高,高温导致体系更加不稳定。檀静等^[16]研究表明温度升高,芝麻酱分子的布朗运动加剧,导致颗粒物间距变大,分子流动阻力降低。当均质转速 > 20 000 r/min 时,均质 1 min 酱体温度就高达 70 °C,说明复合芝麻酱后

表 2 加热温度对复合芝麻酱稳定性的影响[†]

Table 2 Effects of heating temperature on the stability of compound sesame paste

加热温度/ °C	离心试验			47 °C 加速保温试验
	样品净重/g	析油重/g	离心析油率/%	析油时间/d
50	30.05±0.05	0.59±0.00	1.96±0.01 ^a	35
55	30.11±0.14	0.53±0.00	1.76±0.01 ^b	未析油
60	30.05±0.05	0.63±0.00	2.08±0.01 ^c	34
65	30.11±0.16	0.99±0.01	3.28±0.03 ^d	32

† 同列小写字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$)。

表 3 搅拌时间对复合芝麻酱稳定性的影响[†]

Table 3 Effects of mixing time on stability of compound sesame paste

搅拌时间/ min	离心试验			47 °C 加速保温试验
	样品净重/g	析油重/g	离心析油率/%	析油时间/d
10	30.06±0.04	0.51±0.00	1.69±0.00 ^a	31
20	30.12±0.11	0.52±0.00	1.74±0.01 ^b	30
30	30.05±0.04	0.63±0.00	2.09±0.01 ^c	25
40	30.04±0.07	0.86±0.00	2.87±0.01 ^d	21

† 同列小写字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$)。

表 4 均质工序对复合芝麻酱稳定性的影响[†]

Table 4 Effects of homogenization process on stability of compound sesame paste

均质转速/ (r · min ⁻¹)	离心试验			47 °C 加速保温试验
	样品净重/g	析油重/g	离心析油率/%	析油时间/d
10 000	29.96±0.12	1.34±0.01	4.49±0.02 ^a	31
20 000	30.27±0.35	1.55±0.02	5.12±0.01 ^b	26
30 000	30.09±0.02	1.77±0.00	5.89±0.01 ^c	22
对照组	30.07±0.10	0.60±0.00	2.00±0.01 ^d	未析油

† 同列小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$)。

端的均质工序对改善体系析油现象无正向效果,故复合芝麻酱生产工艺流程无需增加均质这一工序。

2.1.4 冷却工序对复合芝麻酱稳定性的影响 由表 5 可知,冷却工序对改善复合芝麻酱析油具有明显效果,冷却样离心析油率显著低于未冷却样,且 47 °C 加速保温 44 d 均未出现析油现象($P < 0.05$)。冷却温度越低,冷却速度越快,会形成更细小的晶体,所形成的空间网络密度强度更大^[17-18]。样品未经冷却工序直接进行灌装,其离心析油率显著高于冷却样,47 °C 加速试验在第 18 天出现明显的析油现象,原因是未冷却样未等酱体温度降下来就进行灌装,成品内部持续保持高温状态,使内部结构受到不定程度的破坏,形成松散的多孔结构会加快油脂的析出^[19]。芝麻酱油料分离主要取决于油脂结晶体的性质及数量,防止油脂分离的最佳措施是使混合物迅速冷却,形成细小晶体^[20]。由此说明冷却工序是复合芝麻酱工艺的必要环节,在改善复合芝麻酱析油问题上具有重要作用。

2.1.5 灌装温度对复合芝麻酱稳定性的影响 由表 6 可知,灌装温度对改善复合芝麻酱析油有效,离心试验和 47 °C 加速保温试验呈现的规律相同,40 °C 灌装样的离心析油率最低,且 47 °C 加速保温 44 d 均未出现析油现象。

45 °C 灌装样的离心析油率最高,在 47 °C 加速保温试验期间出现析油现象,原因是灌装温度高,加剧了分子间的运动,分子间距增大链段更易于活动^[21]。35 °C 灌装样的离心析油率显著高于 40 °C 的($P < 0.05$),且其在 47 °C 加速保温试验期间最早出现析油现象,因为复合芝麻酱在 35 °C 时的黏度较大,灌装时对酱体存在一定的机械挤压,致使酱体初始形成的网状结晶被破坏,加速了油相的不稳定性^[14]。因此,复合芝麻酱的最优灌装温度为 40 °C。

2.1.6 静止熟化工序对复合芝麻酱稳定性的影响 由表 7 可知,静置工序对复合芝麻酱析油现象具有改善效果,静置熟化(24 h)样的离心析油率显著低于未静置的($P < 0.05$),且 47 °C 加速保温 44 d 均未出现析油现象。未静置样灌装后不进行静置熟化,为模拟车间实际生产情况,灌装后对酱体进行了无规律挤压操作,其离心析油率显著高于静置样($P < 0.05$),且在 47 °C 加速保温试验期间出现析油现象。有研究^[18]表明,芝麻酱乳化胶体中要形成坚固的网络状结构,需要一个稳定的环境,任何物理的或机械的作用都会对酱体的稳定性、坚硬度有极大影响。当贮藏温度 < 10 °C 时,酱体稳定性较好。因此,熟化处理过程中应尽量避免对产品的频繁搬动或振动^[20]。

表 5 冷却工序对复合芝麻酱稳定性的影响[†]

Table 5 Effects of cooling process on stability of compound sesame paste

试验条件	离心试验			47 °C 加速保温试验
	样品净重/g	析油重/g	离心析油率/%	析油时间/d
未冷却	30.03±0.04	0.52±0.00	1.73±0.01 ^a	18
冷却	30.04±0.04	0.38±0.00	1.25±0.01 ^b	未析油

† 同列小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$)。

表 6 灌装温度对复合芝麻酱稳定性的影响[†]

Table 6 Effects of filling temperature on stability of compound sesame paste

灌装温度/ °C	离心试验			47 °C 加速保温试验
	样品净重/g	析油重/g	离心析油率/%	析油时间/d
35	30.05±0.02	0.51±0.00	1.71±0.00 ^a	29
40	30.06±0.04	0.48±0.00	1.59±0.00 ^b	未析油
45	30.01±0.01	0.65±0.00	2.16±0.01 ^c	32

† 同列小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$)。

表 7 静置熟化工序对复合芝麻酱稳定性的影响[†]

Table 7 The effect of standing curing process on stability of compound sesame paste

试验条件	离心试验			47 °C加速保温试验
	样品净重/g	析油重/g	离心析油率/%	析油时间/d
未静置	30.03±0.22	0.63±0.00	2.11±0.00 ^a	32
静置	30.01±0.01	0.49±0.00	1.64±0.00 ^b	未析油

[†] 同列小写字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

综上,静置熟化(24 h)工序是复合芝麻酱工艺的必要环节,其在改善复合芝麻酱析油问题上具有重要作用。

2.2 复合芝麻酱配方样和工艺优化样的稳定性对比

根据单因素试验,确定对照组生产工艺条件为酱体加热温度为 80 °C,无固定搅拌时间,以酱体稀化感官为主,高温灌装,无静置熟化工序;工艺优化样生产工艺条件为酱体加热温度 55 °C、搅拌时间 20 min、0 °C 急速冷却、灌装温度 40 °C、静置熟化 24 h。

由表 8 可知,对照样离心析油率为 6.69%,工艺优化样离心析油率为 1.78%,显著低于对照组($P<0.05$),说明生产工艺参数的优化对降低复合芝麻酱析油率有突出效果。

表 8 复合芝麻酱配方样和工艺优化样稳定性对比[†]

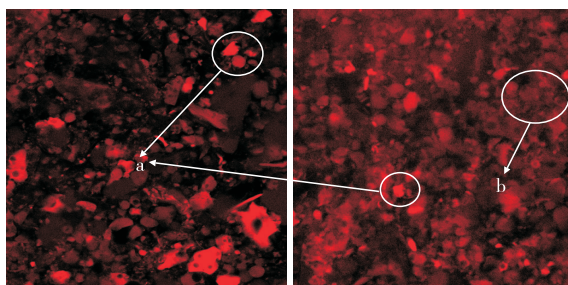
Table 8 Stability comparison of compound sesame paste formula sample and process optimization sample

组别	总重/g	油层重/g	离心析油率/%
对照组	30.20±0.15	2.02±0.01	6.69±0.01 ^a
工艺优化组	30.10±0.13	0.54±0.00	1.78±0.01 ^b

[†] 同列小写字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

2.3 复合芝麻酱的微观分析

由图 2 可知,工艺优化样中油相分布均匀,并且形成了紧密的连结区,包裹着未染色的其他物质,且其油相更明亮,是因为油滴(亮点)在油相中连结形成片状难以区分,说明这些油滴排列形成了更紧凑的结构,而对照组油



对照组 工艺优化样
a. 油滴 b. 小油滴包裹的其他物质

图 2 复合芝麻酱共聚焦激光扫描显微镜

Figure 2 Composite sesame paste co-focusing laser scanning microscopy

滴是分散的且未连结^[11]。复合芝麻酱微观结果与离心析油率结果相一致,再次说明工艺参数的优化能充分地提升酱体结构的稳定性。

3 结论

试验表明,酱体加热温度、混料搅拌时间、均质工序、冷却工序、灌装温度和静置熟化工序均对复合芝麻酱体系的稳定性有显著影响($P<0.05$)。其中均质工序会使复合芝麻酱的析油现象更严重;其他工序参数经优化会显著降低复合芝麻酱的离心析油率,对改善产品体系稳定性有正向作用。复合芝麻酱最优工艺条件为酱体加热温度 55 °C,混料搅拌时间 20 min,0 °C 急速冷却降温,灌装温度 40 °C,静置熟化 24 h。此工艺制备出的复合芝麻酱离心析油率为 1.78%,显著低于对照组的($P<0.05$)。工艺优化样的微观结构油相分布均匀,并形成了稳定的连结区,而对照组的微观结构油相分散且无连结区。综上,优化好复合芝麻酱磨酱后后端的生产工艺,一定意义上能显著改善产品贮存期间的析油现象。试验未考虑产品体态的细腻性和涂抹性,后续可通过筛选芝麻原料品种、优化芝麻酱和花生酱粒径及复配添加不同类型稳定剂,改善复合芝麻酱体态的细腻度。

参考文献

- [1] 周琦, 杨涓, 黄凤洪. 国外花生休闲食品研究进展[J]. 食品工业科技, 2010, 31(7): 401-405.
ZHOU Q, YANG M, HUANG F H. Research progress of peanut snack food abroad[J]. Food Industry Technology, 2010, 31(7): 401-405.
- [2] 高牡丹, 师景双, 胡明燕. 用于测定芝麻酱、花生酱酸价、过氧化值的油脂提取方法研究[J]. 中国油脂, 2023, 48(3): 106-109.
GAO M D, SHI J S, HU M Y. Study on oil extraction method for determination of acid value and peroxide value of sesame paste and peanut butter[J]. Chinese Oil, 2023, 48(3): 106-109.
- [3] 中国食品工业协会. 复合调味酱良好生产规范: T/CNFIA 003—2018[S]. 北京: 中国食品工业协会, 2018: 1-2.
China Food Industry Association. Good production specification of compound seasoning sauce: T/CNFIA 003—2018[S]. Beijing: China Food Industry Association, 2018: 1-2.
- [4] 姚继承, 陈来胜. 调味品行业现状与发展趋势分析(一)[J]. 中国调味品, 2011, 36(5): 18-20.

- YAO J C, CHEN L S. Analysis on the current situation and development trend of Condiment industry (I) [J]. Chinese Condiments, 2011, 36(5): 18-20.
- [5] 许友孝. 新型苹果花生混合调味酱研究与开发[D]. 福州: 福建农林大学, 2016: 1-4.
- XU Y X. Research and development of new apple peanut mixed seasoning sauce [D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2016: 1-4.
- [6] 许仕文, 张国治, 李志建, 等. 焙炒方式对芝麻酱品质的影响[J]. 中国油脂, 2022, 47(2): 136-142.
- XU S W, ZHANG G Z, LI Z J, et al. Effect of roasting methods on the quality of sesame paste[J]. Chinese Oil, 2022, 47(2): 136-142.
- [7] ARYANA K J, RESURRECCION A V A, CHINNAN M S, et al. Functionality of palm oil as a stabilizer in peanut butter[J]. Journal of Food Science, 2003, 68(4): 1 301-1 307.
- [8] 保定市冠香居食品有限公司. 坚果紫仁酱: Q/GXJ 0002S[S]. 保定: 保定市冠香居食品有限公司, 2021: 1-6.
- Baoding Guanxiangju Food Co Ltd. Nut purple kernel sauce: Q/GXJ 0002S[S]. Baoding: Baoding Guanxiangju Food Co Ltd, 2021: 1-6.
- [9] 张浩玉, 麻琳, 孙强, 等. 加工工艺对芝麻酱稳定性的影响[J]. 食品工业科技, 2021, 42(8): 42-48.
- ZHANG H Y, MA L, SUN Q, et al. Effect of processing technology on stability of sesame paste[J]. Food Industry Technology, 2021, 42(8): 42-48.
- [10] 刘晓成, 魏俊桃, 纪晓梅, 等. 柑橘纤维及乳化剂提高麻酱蘸料稳定性的研究[J]. 中国调味品, 2022, 47(3): 97-101.
- LIU X C, WEI J T, JI X M, et al. Study on improving the stability of sesame paste dip with citrus fiber and emulsifier[J]. Chinese Condiments, 2022, 47(3): 97-101.
- [11] 刘怡真, 马传国, 李婕妤. 不同凝胶剂对芝麻酱稳定性的影响[J]. 食品科学, 2019, 40(12): 70-77.
- LIU Y Z, MA C G, LI J Y. Effect of different gels on stability of sesame paste[J]. Food Science, 2019, 40(12): 70-77.
- [12] 阿迪拉·阿迪力. 核桃酱的制备及其流体力学特性的研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2016: 30-35.
- ADILA A. Preparation of walnut sauce and its hydrodynamic properties[D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2016: 30-35.
- [13] 吕秋冰, 王敏, 吴明, 等. 利用有机凝胶因子提高花生酱稳定性的工艺研究[J]. 食品科技, 2020, 45(2): 197-204.
- LU Q B, WANG M, WU M, et al. Study on the technology of improving the stability of peanut butter by organic gel factor[J]. Food Technology, 2020, 45(2): 197-204.
- [14] 仇记红, 侯利霞. 浸泡及萌芽处理对芝麻酱流变特性影响的研究[J]. 中国调味品, 2018, 43(5): 48-54.
- CHOU J H, HOU L X. Effects of soaking and germination treatment on rheological properties of sesame paste[J]. Chinese Condiments, 2018, 43(5): 48-54.
- [15] 许仕文. 不同工艺和品种对芝麻酱品质差异的研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2021: 50-52.
- XU S W. Study on the quality difference of sesame paste by different techniques and varieties [D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2021: 50-52.
- [16] 檀静, 汪学德, 李晓明, 等. 不同工艺对芝麻酱稳定性及流变学特性的影响[J]. 中国调味品, 2018, 43(1): 73-77.
- TAN J, WANG X D, LI X M, et al. Effects of different processes on stability and rheological properties of sesame paste[J]. Chinese Condiments, 2018, 43(1): 73-77.
- [17] 殷俊俊, 马传国, 王伟, 等. 利用 γ -谷维素与 β -谷甾醇制备葵花油凝胶研究[J]. 粮食与油脂, 2015, 28(1): 39-42.
- YIN J J, MA C G, WANG W, et al. Preparation of sunflower oil gel by γ -oryzanol and β -sitosterol[J]. Food and Grease, 2015, 28(1): 39-42.
- [18] PATEL ASHOK R, RAJARETHINEM PRAVIN S, GREADOWSKA A, et al. Edible applications of shellac oleogels: Spreads, chocolate paste and cakes[J]. Food & Function, 2014, 5(4): 645-652.
- [19] 王媛媛, 侯利霞, 汪学德. 花生酱稳定性的研究进展[J]. 中国调味品, 2017, 42(11): 159-162.
- WANG Y Y, HOU L X, WANG X D, et al. Research progress on stability of peanut butter[J]. Chinese Condiments, 2017, 42(11): 159-162.
- [20] 尚小磊, 侯利霞. 芝麻酱稳定性研究现状[J]. 中国调味品, 2012, 37(10): 1-3, 11.
- SHANG X L, HOU L X. Research Status of sesame paste stability [J]. Chinese Condiments, 2012, 37(10): 1-3, 11.
- [21] 施梦娇, 孙汉巨, 袁传勋, 等. 奇亚籽复合芝麻酱的稳定性及流变学特性研究[J]. 食品工业科技, 2022, 43(16): 238-245.
- SHI M J, SUN H J, YUAN C X, et al. Study on stability and rheological properties of chia seed compound sesame paste[J]. Food Industry Technology, 2022, 43(16): 238-245.

(上接第 222 页)

- [16] 邵丽芳, 朱科学, 郭晓娜. 和面及揉面方式对冷冻熟面品质的影响[J]. 食品与机械, 2017, 33(11): 28-32.
- SHAO L F, ZHU K X, GUO X N. Effects of different mixing and kneading methods on the quality of frozen cooked noodles [J]. Food & Machinery, 2017, 33(11): 28-32.
- [17] 徐晚秀. 食品热风微波耦合干燥及气味控制研究[D]. 无锡: 江南大学, 2018: 7.
- XU W X. Study on microwave combined with hot air drying and aroma control of food[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2018: 7.
- [18] LAMBRECHT M, DEKEU L, ROMBOUTS I, et al. Heat-induced network formation between proteins of different sources in model systems, wheat-based noodles and pound cakes [J]. Food Hydrocolloids, 2018, 79: 352-370.