

牛油果油提取工艺优化及其在特色沙拉酱中的应用

陈丽娜, 陈丽羽, 余依依, 贺梦娇, 张佳琪, 金佳楠, 冯 莉*

浙江农林大学暨阳学院, 浙江 绍兴

收稿日期: 2025年8月8日; 录用日期: 2025年9月3日; 发布日期: 2025年9月11日

摘 要

本文以牛油果肉为原料, 采用超声辅助水酶法工艺提取牛油果油的同时, 探索牛油果油在沙拉酱中的应用。运用单因素试验并结合正交试验优化牛油果油的提取工艺, 确定超声辅助水酶法提取牛油果油的最佳条件, 并将牛油果油加入沙拉酱中, 获得特色沙拉酱的最佳工艺配方。结果发现, 当超声-酶解温度为50℃, 料液比为1:5, 酶添加量为9000 U/g, 超声-酶解时间为80 min, 酶解pH为6.0时, 提油率最高, 达到47.06%, 所得的牛油果油酸价为1.28 mg/g, 过氧化值为0.03 g/100g, 折光指数为1.4683; 在全蛋液的添加量为30 g, 牛油果泥的添加量为15 g, 牛油果油的添加量为80 g, 白砂糖的添加量为15 g, 白醋的添加量为3 g的条件下制作出的特色沙拉酱顺滑细腻, 无分层现象, 牛油果色香味俱全, 酸甜适口, 油脂含量为58.26%, 酸价为2.73 mg/g, 过氧化值为0.05 g/100g。本文结果为牛油果油的工业化生产提供了一定的理论依据, 对牛油果油在食品加工领域中的开发和应用有重要意义, 并为研制独特风味的沙拉酱提供了一定的参考。

关键词

牛油果油, 沙拉酱, 感官评价, 正交试验

Optimization of Avocado Oil Extraction Technology and Its Application in Special Salad Dressings

Lina Chen, Liyu Chen, Yiyi Yu, Mengjiao He, Jiaqi Zhang, Jianan Jin, Li Feng*

Jiyang College of Zhejiang A&F University, Shaoxing Zhejiang

Received: Aug. 8th, 2025; accepted: Sep. 3rd, 2025; published: Sep. 11th, 2025

*通讯作者。

文章引用: 陈丽娜, 陈丽羽, 余依依, 贺梦娇, 张佳琪, 金佳楠, 冯莉. 牛油果油提取工艺优化及其在特色沙拉酱中的应用[J]. 食品与营养科学, 2025, 14(5): 696-711. DOI: 10.12677/hjfn.2025.145076

Abstract

In this paper, avocado pulp was used as raw material. Ultrasonic-assisted aqueous enzymatic processing was applied to obtain the avocado oil from its pulp, and then its application methods in salad dressings were systematically investigated. To optimize the extraction parameters, single-factor experiments combined with orthogonal tests were used in a systematic way. The optimum conditions were concluded as follows: ultrasonic-enzymatic reaction temperature of 50°C, solid-liquid ratio of 1:5, enzyme dosage of 9000 U/g, reaction time of 80 min, and pH of enzymatic hydrolysis of 6.0. The highest oil recovery of 47.06% was obtained under these conditions. The acidity of the extracted avocado oil was 1.28 mg/g, peroxide value 0.03 g/100g, and refractive index 1.4683. The best formulation for salad dressing development was 30 g whole egg liquid, 15 g avocado puree, 80 g avocado oil, 15 g white sugar, and 3 g white vinegar. The final product showed to have some physical properties, such as having a smooth texture, homogenous consistency and stable state. Sensory evaluation showed strong avocado aroma and balanced sweet-sour flavor profile, while fat content, acid value, and peroxide value were 58.26%, 2.73 mg/g, and 0.05 g/100g, respectively. This work laid the basis of technical parameters for avocado oil industrialization and important pathways for its food processing applications. The data obtained from the experiments also suggested possible approaches for the formulation of salad dressings with appreciated sensory properties.

Keywords

Avocado Oil, Salad Dressing, Sensory Evaluation, Orthogonal Test

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

牛油果是一种少数含油量较高的水果,其丰富的油脂含量赋予其作为新型植物油原料的独特潜力[1]。与提取其他植物油不同,牛油果油的提取来源是果肉而非种子,因为牛油果果肉中蕴含丰富的油脂,是提取食用油的重要原料,而种子含少量的油和肝毒性物质而被排除在榨油目标之外[2]。据研究数据显示,牛油果每 100 g 可食用部分的营养组成包括:脂肪 23.49 g、碳水化合物 5.6 g、蛋白质 1.25 g、纤维 1.8 g、灰分 0.7 g、抗坏血酸 8 mg,其丰富的营养价值使得牛油果的热量水平也高[3]。值得注意的是,尽管牛油果果肉中的脂肪含量较高,但多为油酸、亚油酸、棕榈油酸等不饱和脂肪酸,以及少量棕榈酸、硬脂酸等饱和脂肪酸,易被人体代谢吸收[4]。值得一提的是,牛油果油中植物甾醇的含量显著,其浓度介于 3.3~4.5 mg/g 油之间,显著高于相同条件下的橄榄油[5]。此外,牛油果油中还存在生育酚、角鲨烯、叶绿素及类胡萝卜素等 66 种化学物质。这些物质赋予了牛油果油抗氧化、降血压、降低胆固醇和血脂、保护心血管和肝脏系统、预防糖尿病及系列并发症等重要功能,因此广受消费者的欢迎。当前,我国对牛油果油的研究尚处于初探阶段。为了更有效地提高牛油果的出油率,对现有的提取方法进行改良与优化成为了亟待解决的问题,这一领域仍需深入探索与研究[6]。

沙拉酱因其独特的口感和风味、丰富的营养、便捷的食用方式已然成为了西餐调味品中不可或缺的一部分。然而,用于制作沙拉酱的油量较多,其热值也相对较高,因此应适量食用,以免过量摄入而导致肥胖症的风险增加[7]。选择在沙拉酱中用牛油果油代替一般植物油并辅以一定比例的果泥制成一款特

色沙拉酱，这不仅能丰富口感、改善质地、降低血液中的胆固醇、抗氧化、乳化后还能长久保存，对糖尿病有一定的缓解作用，因此糖尿病人也能适当食用[4]。

本文首先对牛油果油提取工艺条件进行优化，旨在确保出油率的同时缩减生产成本。然后将牛油果油与广受大众喜爱的沙拉酱巧妙结合，创新制成特色沙拉酱，以期牛油果油的多样化应用开拓新的思路。

2. 材料与方法

2.1. 试验材料

新鲜牛油果(市售)、无菌可生食鸡蛋(海南鑫农生物科技有限公司)、白砂糖(太古糖业(中国)有限公司)、白醋(江苏恒顺醋业股份有限公司)、木瓜蛋白酶(1×10^5 U/g)。

2.2. 主要仪器与设备

电子分析天平(JJ224BC, 常熟市双杰测试仪器厂)、高速离心机(TG16-WS, 湖南湘仪实验室仪器开发有限公司)、超声波清洗机(YM-100PLUS, 深圳市方奥微电子有限公司)、手持式搅拌机(M-08, 慈溪市蒙淼电子商务有限公司)、恒温水浴锅(HH-4A, 天津赛得利斯实验分析仪器制造厂)等。

2.3. 试验方法

2.3.1. 牛油果油提取工艺的研究

(1) 超声辅助水酶法提取的工艺流程

将成熟的新鲜牛油果去皮、去核后，将牛油果肉切成小块，控制一定的料液比打浆 30 s。调节 pH 后加入木瓜蛋白酶搅拌混合均匀。然后置于超声清洗机中设置温度、时间酶解，酶解完成后加入 5% 的 NaCl，并置于冰箱-18℃冷冻 24 h。置于水浴锅 30℃解冻 1 h，破乳后将样液以 10,000 rpm 高速离心 20 min，样品分层后呈现油、水、渣三相，吸取上层清油，将有水残留的油液于 105℃下烘干 1 h。记录样品质量，继续烘干直至恒重，得到牛油果油。超声辅助水酶法提取牛油果油的工艺流程如图 1 所示。

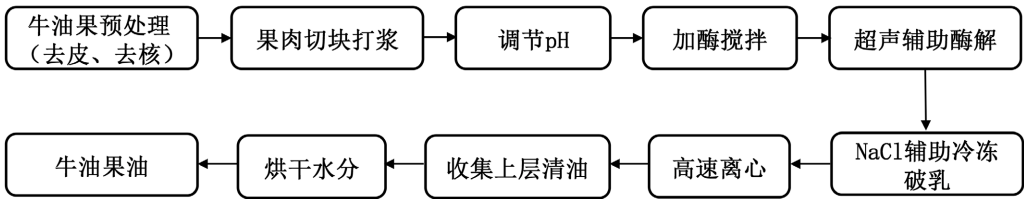


Figure 1. Diagram of the ultrasound-assisted hydroenzymatic extraction process
图 1. 超声辅助水酶法提取工艺流程图

(2) 提油率的测定

牛油果提油率的测定方法如式(1)。

$$\text{提油率}(\%) = \frac{\text{单位质量果肉中分离出清油的质量}}{\text{单位质量果肉中的粗脂肪的质量}} \times 100 \quad (1)$$

牛油果果肉的粗脂肪含量根据 GB5009.6-2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》中的方法测定。

(3) 单因素试验设计

根据预实验，固定牛油果果肉 5 g，料液比 1:5，酶添加量 7000 U/g，超声-酶解温度 50℃、pH 为 6.0，超声-酶解时间 60 min，分别分析料液比(1:2, 1:3, 1:4, 1:5, 1:6, 1:7, 1:8)、酶添加量(4000 U/g, 5000

U/g, 6000 U/g, 7000 U/g, 8000 U/g, 9000 U/g, 10,000 U/g)、超声 - 酶解温度(35℃、40℃、45℃、50℃、55℃、60℃、65℃)、超声 - 酶解时间(10 min, 20 min, 40 min, 60 min, 80 min, 100 min, 120 min)及酶解 pH (4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 7.5)对牛油果提油率的影响, 从而确定各因素的最佳取值。

(4) 正交试验设计

基于单因素试验结果, 以提油率作为指标, 对超声 - 酶解时间、超声 - 酶解温度、酶添加量、料液比、酶解 pH 这五个因素进行 $L_{16}(5^4)$ 正交试验, 以确定最优的提取参数。正交试验的因素水平见表 1。

Table 1. Factor levels of the orthogonal test
表 1. 正交试验的因素水平

水平	A 酶解 pH	B 酶添加量 (U/g)	C 料液比 (m/v)	D 超声 - 酶解温度 (℃)	E 超声 - 酶解时间 (min)
1	5.5	7000	1:4	40	60
2	6.0	8000	1:5	45	80
3	6.5	9000	1:6	50	100
4	7.0	10,000	1:7	55	120

(5) 牛油果油理化性质的测定

酸价根据 GB5009.229-2016《食品安全国家标准 食品中酸价的测定》中的方法进行测定。

过氧化值根据 GB5009.227-2016《食品安全国家标准 食品中过氧化值的测定》中的方法进行测定。

折光指数根据 GB/T5527-2010《动植物油脂 折光指数的测定》中的方法进行测定。

2.3.2. 特色沙拉酱加工配方的研究

(1) 工艺流程

特色沙拉酱的工艺流程如图 2 所示。

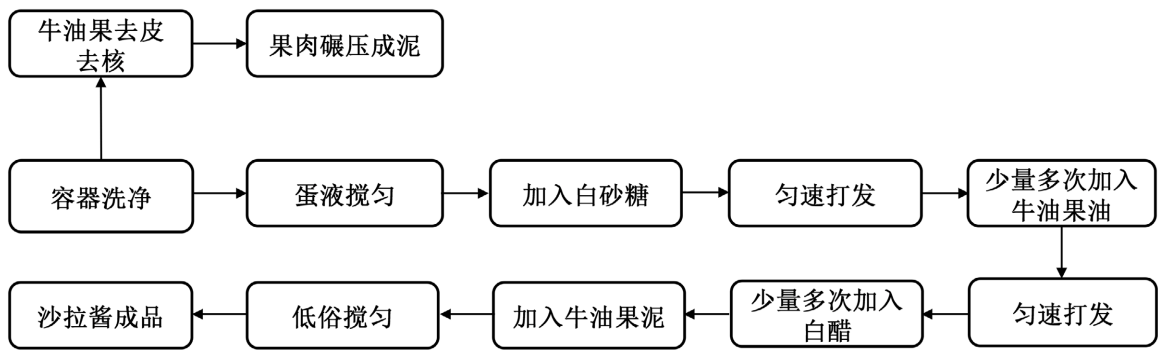


Figure 2. The processing technology of gourmet salad dressings
图 2. 特色沙拉酱的工艺流程

操作要点:

- a) 制作的容器洗净后一定要确保无水无油, 避免杂质或污染物的进入。
- b) 全蛋液加入白砂糖后, 要确保打发至体积膨胀、发白再进行下一步的操作。
- c) 在全蛋液中加入牛油果油时, 要少量多次地加入, 每次加入油后都打发至浓稠后才能再加。
- d) 白醋也要少量多次地加入, 每次加入后都要打发均匀, 一次性加入可能会导致沙拉酱过稀, 甚至

局部过酸或油水分离。

e) 沙拉酱成品要于冰箱内密封冷藏保存，保存时间不得超过七天。

(2) 单因素试验设计

根据预实验，固定牛油果果泥 15 g、牛油果油 70 g、白砂糖 15 g、全蛋液 30 g、白醋 3 g，分别分析牛油果泥添加量(0 g, 5 g, 10 g, 15 g, 20 g, 25 g, 30 g)、牛油果油添加量(40 g, 50 g, 60 g, 70 g, 80 g, 90 g, 100 g)、白砂糖添加量(0 g, 5 g, 10 g, 15 g, 20 g, 25 g, 30 g)、全蛋液(15 g, 20 g, 25 g, 30 g, 35 g, 40 g, 45 g)、白醋(0 g, 1 g, 2 g, 3 g, 4 g, 5 g, 6 g)对感官品质的影响，从而确定各因素的最佳配比。

(3) 正交试验设计

根据单因素试验的结果，以沙拉酱成品的感官评分为指标，对牛油果油添加量、牛油果泥添加量、白砂糖添加量、全蛋液添加量及白醋添加量这五个因素进行 $L_{16}(5^4)$ 正交试验，以确定特色沙拉酱的最佳配方，正交试验的因素水平如表 2 所示。

Table 2. Factor levels of the orthogonal test

表 2. 正交试验的因素水平

水平	F 牛油果油添加量 (g)	G 牛油果泥添加 量(g)	H 白砂糖添加量 (g)	I 全蛋液添加量 (g)	J 白醋添加量 (g)
1	70	5	10	20	1
2	80	10	15	25	2
3	90	15	20	30	3
4	100	20	25	35	4

(4) 特色沙拉酱的感官评价

选取 9 名评价员从组织形态、色泽、气味、滋味及口感这 5 个方面对沙拉酱成品做出评分。感官评价标准如表 3 所示。

Table 3. Sensory evaluation standard

表 3. 感官评价标准

评价指标	评分标准	分值(分)
组织形态(30 分)	质地光滑细腻，无分层现象，粘稠度适中	21~30
	质地较为顺滑，或者出现轻微的分层现象，粘稠度稍差	11~20
	质地粗糙，或者出现明显的分层现象，过稀或过稠	0~10
色泽(20 分)	色泽鲜亮无色差，呈现清新自然的牛油果绿色	16~20
	色泽稍显暗淡或略有色差，呈现淡绿色	11~15
	色泽暗淡或有明显色差，不呈现绿色	0~10
气味(15 分)	牛油果果香浓郁无异味	11~15
	牛油果果香较淡或存在轻微的异味	6~10
	牛油果果香轻淡或存在较明显异味	1~5

续表

滋味(15 分)	牛油果味鲜明，酸甜适中	11~15
	牛油果味适中，酸甜度表现稍差	6~10
	牛油果味微弱，过酸或过甜	1~5
口感(20 分)	口感顺滑细腻有层次感，无黏腻感和颗粒感	16~20
	口感较为顺滑，偶尔感到黏腻或稍有颗粒感	11~15
	口感粗糙，黏腻感或颗粒感较重	1~10

(5) 特色沙拉酱理化性质的测定

油脂含量根据 GB5009.6-2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》中的方法进行测定。

酸价根据 GB5009.229-2016《食品安全国家标准 食品中酸价的测定》中的方法进行测定。

过氧化值根据 GB5009.227-2016《食品安全国家标准 食品中过氧化值的测定》中的方法进行测定。

3. 结果与分析

3.1. 牛油果油提取工艺的优化

3.1.1. 单因素试验

(1) 料液比对牛油果提油率的影响

由图 3 可知，料液比每降低一个梯度，牛油果油的提取率先是稳步增加，在 1:5 m/v 时达到峰值，随后表现出下降的趋势。在一定程度上添加适量的水作为溶剂可以增强酶扩散并协助水解反应。而较高的料液比很容易形成浓稠的悬浮液，不利于酶有效地渗透进牛油果细胞中。较低的料液比不仅降低了酶和牛油果浆的浓度，而且使后续油脂的离心分离变得困难[8]。

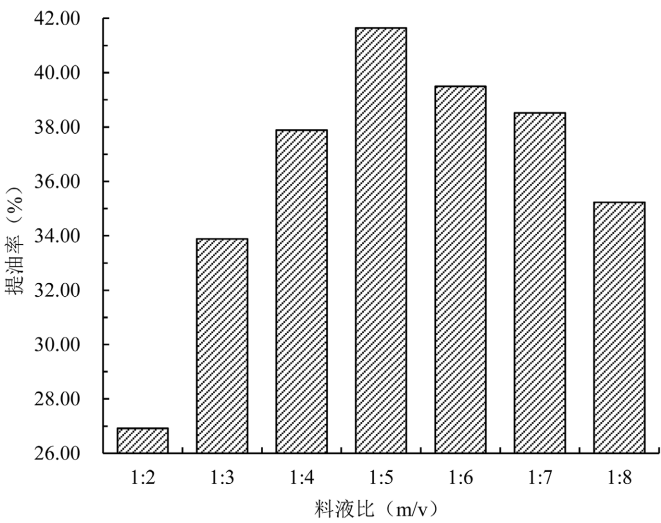


Figure 3. Effects of solid-liquid ratio on oil extraction rate of avocado
图 3. 料液比对牛油果提油率的影响

(2) 酶添加量对牛油果提油率的影响

研究发现，酶添加量在 4000~9000 U/g 时，随着投入酶剂量的逐步加大，牛油果油的提取率呈现出上

升趋势。木瓜蛋白酶添加量增至 9000 U/g 时,牛油果油的提取率达到峰值,继续增加木瓜蛋白酶的添加量,牛油果油的提取率有所减少(见图 4)。这可能是由于适当添加酶提高了酶与牛油果细胞的接触机会,加速了酶促反应,从而增加提油率。然而,过量加酶使酶浓度达到饱和后,酶促体系就会发生过度水解,多余的酶形成的蛋白质薄膜可能会包裹住油滴,造成油脂乳化,进而减少提油率[9]。

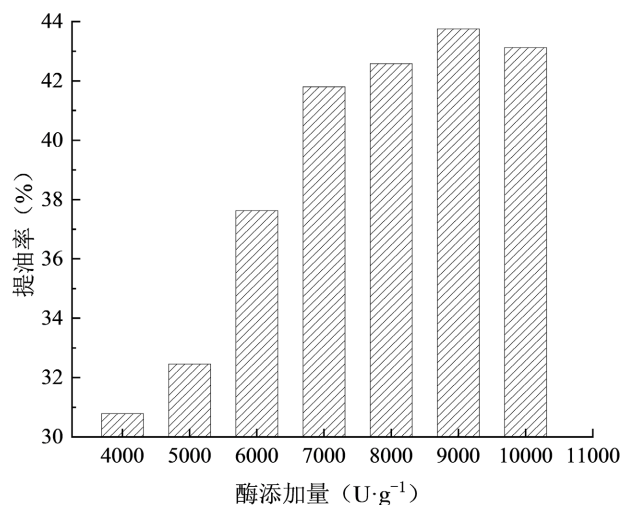


Figure 4. Effects of enzyme addition amount on oil extraction rate of avocado
图 4. 酶添加量对牛油果提油率的影响

(3) 超声 - 酶解温度对牛油果提油率的影响

结果(见图 5)表明,牛油果的提油率先是随酶解温度上升而增长,在温度攀升至 50℃时,提油率升至极点。当温度处于 50℃以上时,牛油果油的得率明显下滑。虽然提取温度的升高会加速传质并提高产率,但酶解温度在 50℃~65℃段的提油率的下降趋势明显快于 35℃~50℃段的上升趋势,这种现象或源于细胞扩散与酶促反应的双重作用机制[10]。温度升高导致的蒸气压上升和表面张力的下降,从而影响气泡的形成和破裂,这不利于传质速度的提高和空化能的转化[11]。不过,木瓜蛋白酶的最适作用温度是更为关键的因素。温度较低,抑制了酶的活性;温度较高,酶钝化、活性衰减,影响酶的作用效果[12]。

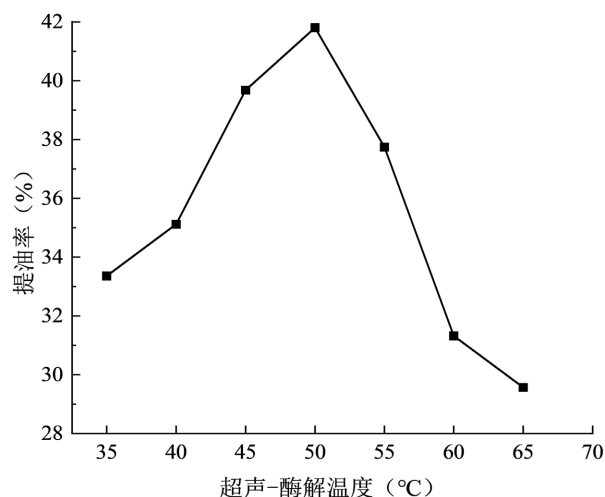


Figure 5. Effects of ultrasound-enzymatic hydrolysis temperature on oil extraction rate of avocado
图 5. 超声 - 酶解温度对牛油果提油率的影响

(4) 超声 - 酶解时间对牛油果提油率的影响

由图 6 可知, 随酶解时间的递增, 牛油果油的提取率持续攀升, 在时间于 80 min 之时, 提油率达到峰值。但超过 80 min 后, 牛油果提油率的变化趋于平缓, 继续延长酶解时间反而使提油率降低。在一定程度上延长超声 - 酶解时间可提高牛油果的提油率, 这一过程与超声空化效应紧密关联, 在空化作用下, 液体的流动及微流体和颗粒的高速碰撞有助于破坏牛油果浆细胞壁的结构, 从而释放出更多的油脂。由于超声作用于含水含油系统中会引发乳化现象, 超声 - 酶解时间继续增加可能会导致超声作用过度, 使油脂被细胞残渣重新包裹, 且超声产生的局部高温可能致使油脂分解或酶失活, 最后造成提油率的减小[13] [14]。

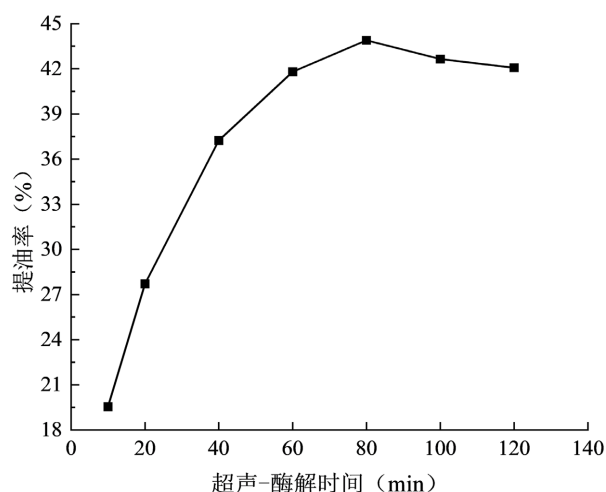


Figure 6. Effects of ultrasound-enzymatic hydrolysis time on oil extraction rate of avocado

图 6. 超声 - 酶解时间对牛油果提油率的影响

(5) 酶解 pH 对牛油果提油率的影响

研究分析得出, 在 pH 值 <6.0 时, 牛油果油的提取率随酶解 pH 值的增大而增大; 在 pH 值 = 6.0 时, 提油率达到最大值, 此后停止增长; 在 pH 值 > 6.0 时, 提油率呈下降趋势, 下降的趋势较 4.5~6.0 范围明显减缓(见图 7)。随着 pH 值的升高, 酶活性回收率、蛋白回收率及纯化因子到达最大值, 但当 pH 值超

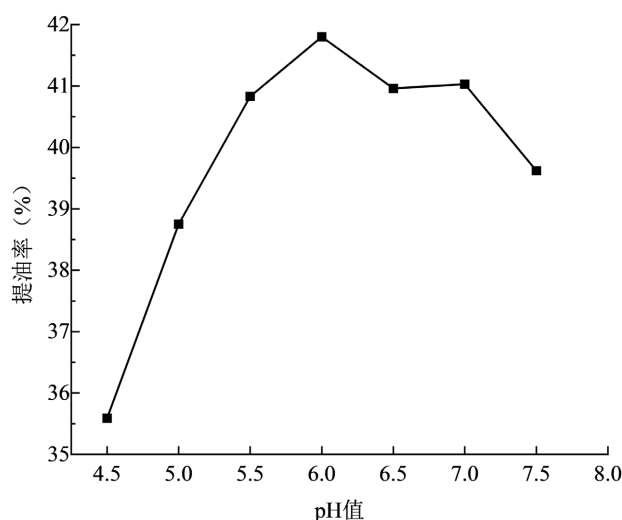


Figure 7. Effects of pH on oil extraction rate of avocado

图 7. pH 对牛油果提油率的影响

过 6 时, 因电荷性质受到 pH 值的影响, 酶活性回收率、蛋白回收率及纯化因子而呈下降趋势[15]。因此, pH 值在 6.0 左右时, 木瓜蛋白酶的催化效果更好。

3.1.2. 正交试验优化

在单因素试验的基础上, 通过正交试验对牛油果油的提取工艺进行了优化。由结果可知(表 4), 五种因素对提油率的影响大小为: R (超声 - 酶解温度) > R (料液比) > R (超声 - 酶解时间) > R (酶添加量) > R (pH)。根据 k 值的大小, 得出最优水平为 A2B3C2D3E2, 即酶解 pH 为 6.0, 酶添加量为 9000 U/g, 料液比为 1:5, 超声 - 酶解温度为 50℃, 超声 - 酶解时间为 80 min。

Table 4. Results and analysis of orthogonal test
表 4. 正交试验的结果与分析

试验号	因素					提油率(%)
	A 酶解 pH	B 酶添加量 (U/g)	C 料液比(m/v)	D 超声 - 酶解 温度(℃)	E 超声 - 酶解 时间(min)	
1	1 (5.5)	1 (7000)	1 (1:4)	1 (40)	1 (60)	34.17
2	1	2 (8000)	2 (1:5)	2 (45)	2 (80)	43.32
3	1	3 (9000)	3 (1:6)	3 (50)	3 (100)	44.90
4	1	4 (10,000)	4 (1:7)	4 (55)	4 (120)	37.96
5	2 (6.0)	1	2	3	4	45.58
6	2	2	1	4	3	43.51
7	2	3	4	1	2	41.13
8	2	4	3	2	1	39.07
9	3 (6.5)	1	3	4	2	41.65
10	3	2	4	3	1	39.76
11	3	3	1	2	4	38.22
12	3	4	2	1	3	40.75
13	4 (7.0)	1	4	2	3	37.04
14	4	2	3	1	4	39.23
15	4	3	2	4	1	43.28
16	4	4	1	3	2	42.62
K1	160.35	158.44	158.52	155.28	156.28	
K2	169.29	165.82	172.93	157.65	168.72	
K3	160.38	167.53	164.85	172.86	166.2	
K4	162.17	160.4	155.89	166.4	160.99	
k1	40.09	39.61	39.63	38.82	39.07	

续表

k2	42.32	41.46	43.23	39.41	42.18
k3	40.10	41.88	41.21	43.21	41.55
k4	40.54	40.10	38.97	41.60	40.25
R	2.23	2.27	4.26	4.39	3.11
主次因素	D > C > B > E > A				
最优水平	A2B3C2D3E2				

3.1.3. 验证试验

通过正交试验结果分析取得的最优组合为 A2B3C2D3E2，但正交表中并无这一试验组，因此进行验证，结果显示，组合 A2B3C2D3E2 的提油率为 47.06%，高于上述正交试验中的最高提油率，故确认 A2B3C2D3E2 为最佳提取工艺，即酶解 pH 为 6.0，酶添加量为 9000 U·g⁻¹，料液比为 1:5，超声 - 酶解温度为 50℃，超声 - 酶解时间为 80 min。

3.2. 特色沙拉酱加工配方的研究

3.2.1. 单因素试验

(1) 牛油果泥的添加量对特色沙拉酱感官品质的影响

结果表明，当牛油果泥的用量从 0 g 增加至 15 g 时，特色沙拉酱的感官评分逐渐上涨，在添加量为 30 g 时达到最大值。牛油果泥的添加量在 15 g~30 g 时，随着其添加量的增加，特色沙拉酱的感官评分逐渐下调(见 图 8)。牛油果碾压成泥后具备类似黄油的高黏附性和良好涂布性[16]，并充满独特的森林奶油风味。因此，牛油果泥的适量添加能够显著增加沙拉酱的稠度，牛油果香气及鲜绿色视觉的呈现，而过过多的牛油果泥可能会导致沙拉酱油腻感变重或质地偏于浓稠，最终影响沙拉酱成品的质量。

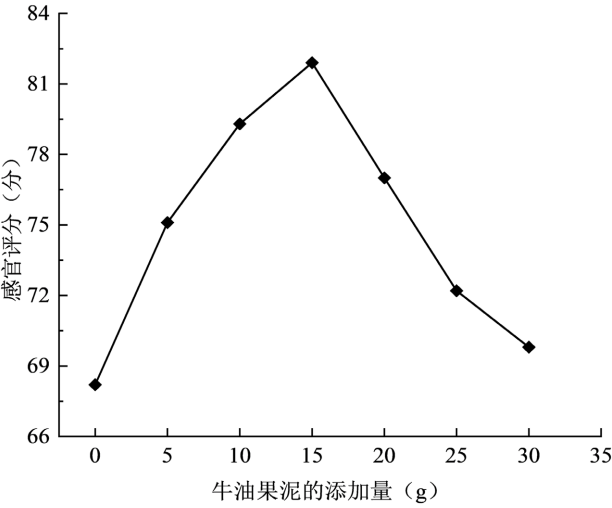


Figure 8. Effect of the amount of avocado puree on the sensory quality of special salad dressings
图 8. 牛油果泥的添加量对特色沙拉酱感官品质的影响

(2) 牛油果油的添加量对特色沙拉酱感官品质的影响

图 9 表明，特色沙拉酱的感官评分随牛油果油添加量的增加先升高后稍有下降。牛油果油的添加量

在 40 g~80 g 时, 特色沙拉酱的感官评分呈现陡峭的增长趋势, 在牛油果油添加到 80 g 时, 感官评分最高。随后, 牛油果油的添加量在 80 g~100 g 时, 特色沙拉酱的感官评分出现轻微的下降, 但整体仍保持在较高的水平。

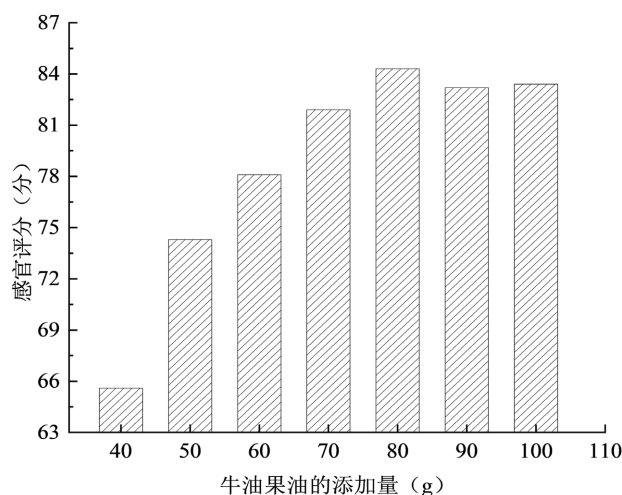


Figure 9. Effect of the amount of avocado oil on the sensory quality of special salad dressings

图 9. 牛油果油的添加量对特色沙拉酱感官品质的影响

牛油果油添加较少时, 特色沙拉酱的颜色呈黄绿色, 牛油果风味不明显。牛油果油的添加量较多时, 其颜色呈淡绿色, 口感顺滑但油腻感较重。油相是沙拉酱的关键原料之一, 赋予其优良的口感和润滑特性。在 O/W 型沙拉酱乳液中, 油相含量与构成对流变特性和稳定性至关重要, 油脂含量影响沙拉酱体系中的油滴密集度和相互作用[17]。因此, 当油脂含量在一定范围内增加时, 它可以提高沙拉酱的黏度, 使沙拉酱的质地更加粘稠。但当油脂含量过高时, 过多的油脂会破坏沙拉酱的乳化结构, 造成稳定性失衡。

(3) 白砂糖的添加量对特色沙拉酱感官品质的影响

研究发现, 白砂糖的添加量在 0~20 g 内, 特色沙拉酱的感官评分呈现持续上升态势。当白砂糖添加量增加至 20 g 时, 感官评分最高(见图 10)。未添加白砂糖的特色沙拉酱样品在感官评价中得分显著偏低, 这显示无糖沙拉酱在当前配方下可能不受评价人员欢迎。目前, 随着消费者健康意识的持续提高, 沙拉酱也因此向健康化方向发展。为了保持产品的口感和风味, 可以考虑采用代糖作为糖分的替代品, 如使用山梨糖醇[18]、甜叶菊叶粉[19]等人工或天然甜味剂。白砂糖的添加量在 20 g~30 g 内, 特色沙拉酱的感官评分呈现跌势。这一现象表明, 感官评价人员对沙拉酱中糖分的偏好可能存在一定的阈值, 超过该阈值后, 较高的甜度容易掩盖牛油果原有的清新果香, 致使口感甜腻。由于白砂糖能够减缓液滴的流动性并促进液滴的聚集[20], 因此较多地添加还会提高沙拉酱的稠度。

(4) 全蛋液的添加量对特色沙拉酱感官品质的影响

由图 11 表明, 当全蛋液的添加量从 15 g 提升至 30 g, 特色沙拉酱的感官得分也随之递增。在添加 30 g 时, 特色沙拉酱的感官得分到达峰值, 此时的沙拉酱成品粘稠度适中, 无分层现象, 且口感顺滑, 蛋腥味也较弱。在其他条件不变的情况下, 全蛋液的添加量超过 30 g 时, 特色沙拉酱的感官评分渐次下跌。因为全蛋液, 尤其是蛋黄中的卵磷脂, 具有卓越的乳化性能, 且与蛋白质络合后, 能够有效平衡范德华力和静电斥力, 确保油滴乳化网络结构的强度, 最终赋予沙拉酱理想的质地[21]。全蛋液添加较少时, 沙拉酱成品产生了轻微的水油分层。全蛋液的添加量超过一定范围后, 则可能致使沙拉酱的质地过于稠厚, 或产生不愉快的异味, 对其感官评分产生负面作用。

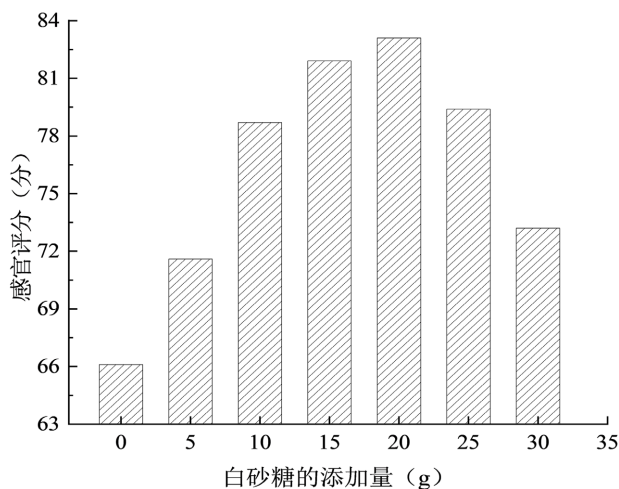


Figure 10. Effect of the amount of sugar on the sensory quality of special salad dressings
图 10. 白砂糖的添加量对特色沙拉酱感官品质的影响

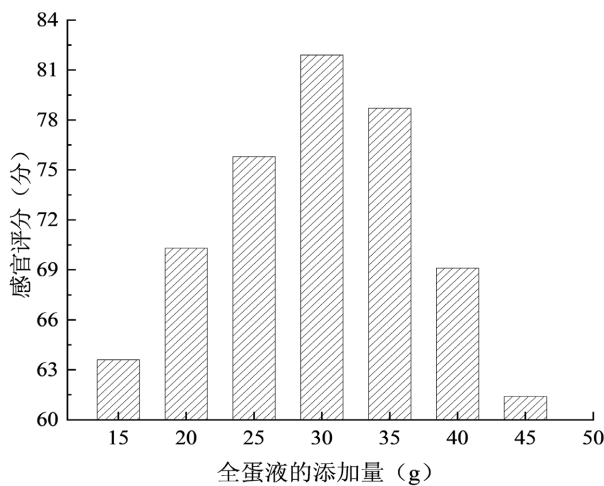


Figure 11. Effect of the amount of egg mixture on the sensory quality of special salad dressings
图 11. 全蛋液的添加量对特色沙拉酱感官品质的影响

(5) 白醋的添加量对特色沙拉酱感官品质的影响

白醋作为一种调味品，在丰富特色沙拉酱风味的同时，还可以显著延缓微生物滋生，维持沙拉酱的感官品质，延长沙拉酱的保质期[22]。

由图 12 可知，当白醋的添加量在 0 g~3 g 内，特色沙拉酱的感官评分渐次上涨，但上涨幅度并不显著。由于此时白醋的添加量较少，沙拉酱成品有些许油腻，缺乏层次感。当白醋的添加量为 3 g 时，沙拉酱成品酸甜适中，口感清新，各种配料的味道平衡协调，符合大多数人的口味偏好，感官评分抵达最高水平。当白醋的添加量在 3 g~6 g 内，特色沙拉酱的感官评分波动较大，并且呈现下滑态势。这是因为较多的白醋破坏了沙拉酱整体风味的平衡，造成醋酸味突出，成品黏度也有所降低。

3.2.2. 正交试验优化

通过正交试验对特色沙拉酱的工艺进行了优化。通过结果分析可知(表 5)，五种因素对提油率的影响大小为： $R(\text{全蛋液的添加量}) > R(\text{牛油果泥的添加量}) > R(\text{牛油果油添加量}) > R(\text{白砂糖添加量}) > R(\text{白醋添加量})$ 。根据 k 值大小，得知此正交试验的最优组合为 F2G3H3I3J2，即牛油果油的添加量为 80 g，

全蛋液的添加量为 30 g，白醋的添加量为 3 g，牛油果泥的添加量为 15 g，白砂糖的添加量为 15 g。

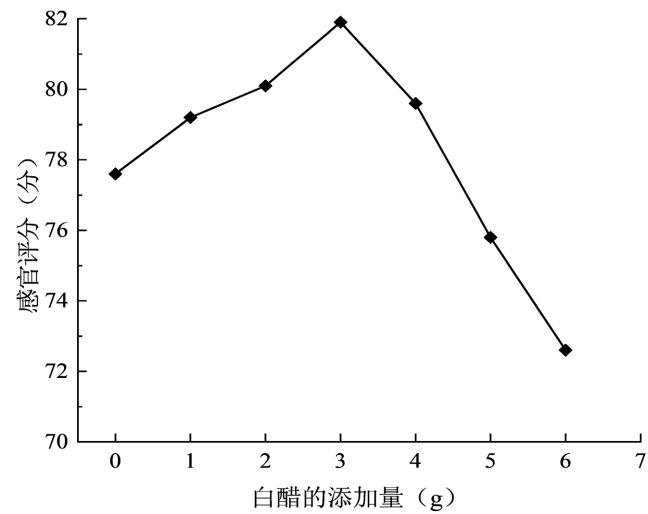


Figure 12. Effect of the amount of white vinegar on the sensory quality of special salad dressings
图 12. 白醋的添加量对特色沙拉酱感官品质的影响

Table 5. Results and analysis of orthogonal test
表 5. 正交试验的结果与分析

试验号	因素					感官评分(分)
	F 牛油果油添加量(g)	G 全蛋液添加量(g)	H 白醋添加量(g)	I 牛油果泥添加量(g)	J 白砂糖添加量(g)	
1	1 (70)	1 (20)	1 (1)	1 (5)	1 (10)	68.3
2	1	2 (25)	2 (2)	2 (10)	2 (15)	81.1
3	1	3 (30)	3 (3)	3 (15)	3 (20)	84.8
4	1	4 (35)	4 (4)	4 (20)	4 (25)	73.1
5	2 (80)	1	2	3	4	80.4
6	2	2	1	4	3	82.8
7	2	3	4	1	2	83.2
8	2	4	3	2	1	81.6
9	3 (90)	1	3	4	2	78.9
10	3	2	4	3	1	76.6
11	3	3	1	2	4	80.3
12	3	4	2	1	3	76.4
13	4 (100)	1	4	2	3	77.2
14	4	2	3	1	4	76.3
15	4	3	2	4	1	80.7

续表

16	4	4	1	3	2	83.8
K1	307.3	304.8	315.2	304.2	307.2	
K2	328	316.8	318.6	320.2	327	
K3	312.2	329	321.6	325.6	321.2	
K4	318	314.9	310.1	315.5	310.1	
k1	76.83	76.2	78.8	76.05	76.8	
k2	82	79.2	79.65	80.05	81.75	
k3	78.05	82.25	80.4	81.4	80.3	
k4	79.5	78.73	77.53	78.88	77.53	
R	5.17	6.05	2.87	5.35	4.95	
主次因素			G > I > F > J > H			
最优水平			F2G3H3I3J2			

3.2.3. 验证试验

正交试验结果获得的最优组合为 F2G3H3I3J2，未包含于正交表中，故需要追加试验进行验证。结果表明，组合 F2G3H3I3J2 的最终感官评分为 86.1，超过了正交试验中的最高分 84.8，故而确定特色沙拉酱的最优工艺为：牛油果油的添加量为 80 g，全蛋液的添加量为 30 g，白醋的添加量为 3 g，牛油果泥的添加量为 15 g，白砂糖的添加量为 15 g。

3.3. 牛油果油的理化指标

超声辅助水酶法最佳提取条件提取获得的牛油果油理化指标如表 6 所示。所测定结果均符合标准。

Table 6. Physicochemical indexes of avocado oil

表 6. 牛油果油的理化指标

项目	酸价(mg/g)	过氧化值(g/100g)	折光指数
测定值	1.28	0.03	1.4683
国标标准	≤3	≤0.25	-
判定结果	合格	合格	-

3.4. 特色沙拉酱的理化指标

特色沙拉酱成品理化指标如表 7 所示。所测定结果均符合标准。

4. 结论

本研究对超声辅助水酶法提取牛油果油的工艺条件进行了优化，并将牛油果油应用到沙拉酱的生产中，确定了特色沙拉酱的最佳加工配方。主要结论如下：

(1) 超声辅助水酶法提取牛油果油的最佳条件为：酶解 pH 为 6.0，酶添加量为 9000 U/g，料液比为

1:5, 超声-酶解温度为 50℃, 超声-酶解时间为 80 min, 提油率达 47.06%。此工艺条件获得的牛油果油整体呈淡绿色, 透明, 散发出牛油果特有的香气, 无异味。其酸价、过氧化值、折光指数指标均符合国标中植物油类的质量标准。本研究结果为牛油果油的工业化生产提供了一定的理论依据。

Table 7. Physicochemical indexes of special salad dressings
表 7. 特色沙拉酱的理化指标

项目	油脂含量(%)	酸价(mg/g)	过氧化值(g/100g)
测定值	58.26	2.73	0.05
国标标准	≥10	≤3	≤0.1
判定结果	合格	合格	合格

(2) 特色沙拉酱的最佳配方为: 牛油果油的添加量为 80 g, 全蛋液的添加量为 30 g, 白醋的添加量为 3 g, 牛油果泥的添加量为 15 g, 白砂糖的添加量为 15 g。此配方下获得的特色沙拉酱感官最佳, 质地光滑细腻, 无分层现象, 粘稠度适中, 呈现出清新自然的牛油果绿色, 且富有牛油果特有的香味, 无不愉快的异味, 酸甜适口, 口感顺滑有层次感, 无黏腻感和颗粒感。其油脂含量、酸价和过氧化值指标均符合国标中即食调味品类的质量标准。本研究对牛油果油在食品加工领域中的开发和应用有重要意义, 并为研制独特风味的沙拉酱提供了一定的参考。

基金项目

浙江省大学生创新训练项目(S202513283026 和 S202513283027, 指导教师冯莉), 浙江省教育厅一般科研项目(Y202352649)。

参考文献

[1] 钱学射, 张卫明, 黄晶晶, 等. 鳄梨油在化妆品中的应用及配方[J]. 中国野生植物资源, 2012, 31(5): 72-74.

[2] Tan, C.X., Chong, G.H., Hamzah, H. and Ghazali, H.M. (2018) Comparison of Subcritical CO₂ and Ultrasound-Assisted Aqueous Methods with the Conventional Solvent Method in the Extraction of Avocado Oil. *The Journal of Supercritical Fluids*, 135, 45-51. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2017.12.036>

[3] 刘荣光. 值得我国热区发展的果树——油梨[J]. 中国南方果树, 2001, 30(4): 28-29.

[4] 田素梅, 萧自位. 牛油果加工技术研究进展[J]. 现代农业科技, 2018(7): 251-252.

[5] Berasategi, I., Barriuso, B., Ansorena, D. and Astiasarán, I. (2012) Stability of Avocado Oil during Heating: Comparative Study to Olive Oil. *Food Chemistry*, 132, 439-446. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.11.018>

[6] 陈宏著, 邓新宇, 黄达荣, 等. 牛油果油的营养成分和功效研究进展[J]. 中国油脂, 2022, 47(8): 90-96.

[7] 辛松林. 沙拉酱的研究进展与开发[J]. 食品研究与开发, 2014, 35(2): 134-136.

[8] Hu, B., Li, Y., Song, J., Li, H., Zhou, Q., Li, C., et al. (2020) Oil Extraction from Tiger Nut (*Cyperus esculentus* L.) Using the Combination of Microwave-Ultrasonic Assisted Aqueous Enzymatic Method—Design, Optimization and Quality Evaluation. *Journal of Chromatography A*, 1627, Article 461380. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2020.461380>

[9] 徐君飞, 谢慧, 刘兰, 等. 超声波辅助酶法提取茶叶籽油及其脂肪酸组成分析[J]. 中国油脂, 2018, 43(1): 20-23.

[10] 苏伟, 宋玉, 母应春, 等. 响应面法优化木瓜蛋白酶提取红稗多糖工艺[J]. 食品工业科技, 2017, 38(7): 256-261.

[11] Hu, B., Wang, H., He, L., Li, Y., Li, C., Zhang, Z., et al. (2019) A Method for Extracting Oil from Cherry Seed by Ultrasonic-Microwave Assisted Aqueous Enzymatic Process and Evaluation of Its Quality. *Journal of Chromatography A*, 1587, 50-60. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2018.12.027>

[12] 李平, 曹璐菡, 毛朝朝. 木瓜蛋白酶提取三文鱼鱼皮油的工艺研究[J]. 中国渔业质量与标准, 2018, 8(6): 18-25.

[13] 董艺帆, 贾赛阳, 杨鸣, 等. 超声辅助水酶法提取花生油脂工艺研究及油脂品质分析[J]. 河南工业大学学报(自

- 然科学版), 2024, 45(2): 11-18.
- [14] Zhang, W., Yu, J., Wang, D., *et al.* (2024) Ultrasonic-Ethanol Pretreatment Assisted Aqueous Enzymatic Extraction of Hemp Seed Oil with Low Δ^9 -THC. *Ultrasonics Sonochemistry*, **103**, Article 106766. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2024.106766>
- [15] 余垒. PEG/无机盐/离子液体、离子液体/无机盐双水相分离纯化木瓜蛋白酶的研究[D]: [硕士学位论文]. 海口: 海南大学, 2019.
- [16] 谭银莹. 三维磁场辅助冷冻对牛油果泥贮藏品质的影响[D]: [硕士学位论文]. 无锡: 江南大学, 2020.
- [17] 李紫薇, 仇超颖, 汪勇. 月桂酸型甘油二酯-大豆油基油泡沫的制备及其在蛋黄酱中的应用[J]. 中国油脂, 2024, 49(3): 72-77.
- [18] 谢力. 一种低热量沙拉酱及其制作方法[P]. 中国专利, CN201510988549.0. 2016-05-25.
- [19] Evanuarini, H. and Nidhal, H.A. (2023) The Potential of Stevia Leaf Flour (*Stevia rebaudiana*) as a Natural Sweetener in Mayonnaise. *Food Science and Technology*, **11**, 154-160. <https://doi.org/10.13189/fst.2023.110303>
- [20] 常翠华, 李俊华, 苏宇杰, 等. 蛋清蛋白微粒基低脂沙拉酱流变学特征及品质优化[J]. 食品科学, 2024, 45(14): 43-50.
- [21] Thakur, K., Kapoor, S., Kapoor, A., Aggarwal, P., Kumar, V. and Tyagi, S.K. (2023) Tomato Seed Oil Enriched Mayonnaise: Structural, Rheological, and Biochemical Characterization. *Journal of Food Science and Technology*, **60**, 2486-2496. <https://doi.org/10.1007/s13197-023-05771-7>
- [22] 曹燕. 沙拉酱及其乳化与黏度的影响因素分析[J]. 农产品加工, 2021(2): 48-50.