

DOI:10.11937/bfyy.201620035

生姜发酵酒生产工艺的优化

梁 芸 志, 罗 丹, 吴 昊, 王 成 荣

(青岛农业大学 食品科学与工程学院, 山东 青岛 266109)

摘 要:以生姜为试材,采用单因素试验和正交实验,研究料液比、纤维素酶、果胶酶、 α -淀粉酶、超声比功率、超声温度及超声时间对姜酒中姜辣素和黄酮含量的影响,确定最佳复合酶配比和超声条件。结果表明:最佳复合酶配比为纤维素酶 $500 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1}$,果胶酶 $500 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1}$, α -淀粉酶 $65 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1}$;最佳超声条件为超声比功率 $7 \text{ W} \cdot \text{g}^{-1}$,超声温度为 55°C ,超声时间为 30 min 。在最优工艺条件下,超声复合酶工艺生产的姜酒中姜辣素和黄酮含量以及酒精度达到最佳,表明超声复合酶处理是生姜发酵酒的最佳生产工艺。

关键词:生姜发酵酒;生产工艺;姜辣素;黄酮

中图分类号:TS 255.36 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)20-0136-06

生姜(*Zingiber officinale* Roscoe)属姜科姜属多年生草本植物。生姜的种植最早开始于东南亚的一些国家。在我国,生姜的栽培也已有悠久的历史^[1]。目前,我国的生姜种植主要分布在山东、广东、浙江、江西、广西、福建、湖南、四川等省^[2]。生姜根茎中的营养物质主要有碳水化合物、蛋白质、脂类物质、维生素以及多种矿物质元素等^[3]。生姜中干物质的含量约为 $10\% \sim 20\%$,每 100 g 干物质中含蛋白质 $5.55 \sim 13.84 \text{ g}$,碳水化合物 $76.82 \sim 81.62 \text{ g}$,纤维素 $5.50 \sim 11.72 \text{ g}$,脂类(包括游离脂肪酸类) $4.50 \sim 10.38 \text{ g}$,钙 $0.40 \sim 0.60 \text{ g}$,镁 $0.70 \sim 0.90 \text{ g}$,磷 $0.10 \sim 0.12 \text{ g}$,钾 $0.50 \sim 1.50 \text{ g}$,钠 $0.02 \sim 0.06 \text{ g}$ 等^[4]。生姜中各营养组分的含量随着产地、品种及种植时间的差异而具有一定的区别^[4]。

第一作者简介:梁芸志(1992-),男,硕士研究生,研究方向为果蔬加工与贮藏。E-mail:1648210240@qq.com.

责任作者:王成荣(1958-),男,硕士,教授,研究方向为果蔬加工与贮藏。E-mail:qauwcr@126.com.

基金项目:山东省现代蔬菜产业技术体系资助项目(SDSXDSC-CYJSTX)。

收稿日期:2016-04-26

生姜根茎肥厚,芳香和辛辣是其特征风味,从古至今,生姜都是广泛应用的香辛料和普遍使用的传统中药材,也是卫生部首批公布的同时具有药用和食用价值的植物资源之一。长期以来的试验研究显示,生姜在抗菌、消炎、降血糖、抗肿瘤、抗氧化、抗衰老、降血脂和治疗心脑血管疾病等方面具有重要的应用价值^[5-6]。生姜中主要的抗氧化因子是姜辣素类和姜黄酮类成分^[7],将生姜加工成姜酒有利于提高生姜的附加值和利用率。目前,国内外姜酒多为配制型,对发酵型姜酒的研究较少。目前,生姜中姜辣素的提取方法主要有溶剂浸提法、超声波法、微波法、超临界 CO_2 萃取法等,生姜黄酮的提取多为溶剂浸提法以及超声辅助溶剂浸提法。将超声处理与酶解处理以不同方式协同,来提取该类物质的研究报道目前甚少。

该研究采用单因素试验和正交实验,分别优化了复合酶配比和超声处理的条件,来提高姜酒中的姜辣素和黄酮含量,并将超声处理与酶解处理以不同的方式结合,得到不同的发酵底液,发酵后制备不同工艺的生姜发酵酒,来优化生姜发酵酒的生产工艺,从而在生产中节约成本,降低能耗。

Abstract: Cut carnation was used as material. The effects of the concentration of sodium nitroprusside (SNP) as the vase preservative on the vase life, stem water potential, chlorophyll fluorescence parameters (F_o , F_m , F_v/F_m) and cell membrane permeability on cut carnation were studied. The results showed that the optimum concentration of sodium nitroprusside preservative can extend the vase life of cut flower, delayed the stem water potential decreasing, retained the cut carnation leaves with a high efficiency of light energy conversion (F_v/F_m), and postponed the degradation of plasma membrane. Among these experiments, $20 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ sucrose + $200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 8-hydroxyquinoline + $150 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ citric acid + $30 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ sodium nitroprusside + $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 6-BA treatment had the best performance.

Keywords: sodium nitrate tone (SNP); cut carnation; preservation; physiological index.

1 材料与方法

1.1 试验材料

新鲜生姜、白砂糖,购于青岛市城阳区大润发超市。果胶酶($30\,000\text{ U}\cdot\text{g}^{-1}$),纤维素酶($40\,000\text{ U}\cdot\text{g}^{-1}$),均为天津利华酶制剂有限公司生产; α -淀粉酶($4\,000\text{ U}\cdot\text{g}^{-1}$),北京双旋微生物培养基生物制品厂生产;葡萄酒高活性干酵母,为安琪酵母股份有限公司生产;芦丁、香草醛、亚硝酸钠、硝酸铝、氢氧化钠、无水乙醇等均为分析纯。

SY-1000E 多用途恒温超声提取仪(北京弘祥隆生物技术开发有限公司);754 紫外分光光度计(上海光谱仪器有限公司);TDL-5000B 型离心机(上海安亭科学仪器厂);ZA-70B 打浆机(天津市达康电器有限公司);电热恒温水浴锅(龙口市先科仪器公司);生化培养箱(上海博讯实业有限公司医疗设备厂);AR2140 型分析天平(奥豪斯国际贸易(上海)有限公司);SANYO 立式高压灭菌锅(日本三洋电器集团)。

1.2 试验方法

1.2.1 工艺流程 挑选新鲜、无霉变、无腐烂,肉质较肥厚的生姜,经清洗切块后,于打浆机中捣碎成匀浆状物质,置于烧杯中备用。调节料液比为 $1:5$,分别经过超声与酶解协同处理后,调糖至 $15^\circ\text{Brix}^{[8]}$,然后置于高压灭菌锅中灭菌。具体流程为生姜→打浆→调节料液比→先超声后酶解处理/先酶解后超声处理/单一酶解处理/超声复合酶处理/单一超声处理/无处理对照→调糖→灭菌→接种→恒温发酵→生姜发酵酒。

1.2.2 料液比对姜辣素和黄酮含量的影响 生姜切块打浆后,分别按照 $1:2, 1:3, 1:4, 1:5, 1:6$ 的量加水调节至所需料液比,取出后过滤, $5\,000\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 离心 $5\text{ min}^{[11]}$,分别测定姜辣素和黄酮含量。

1.2.3 酶解处理单因素试验 纤维素酶添加量对姜辣素和黄酮含量的影响:生姜切块打浆后,取 100 g ,分别按照 $0, 200, 300, 400, 500, 600\text{ U}\cdot\text{g}^{-1}$ 的量添加纤维素酶, 45°C 水浴 1.5 h ,经灭酶,过滤, $5\,000\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 离心 $5\text{ min}^{[11]}$ 后,分别测定姜辣素和黄酮含量。果胶酶添加量对姜辣素和黄酮含量的影响:生姜切块打浆后,取 100 g ,分别按照 $0, 400, 500, 600, 700, 800\text{ U}\cdot\text{g}^{-1}$ 的量添加果胶酶, 45°C 水浴 1.5 h ,经灭酶,过滤, $5\,000\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 离心 $5\text{ min}^{[11]}$ 后,分别测定姜辣素和黄酮含量。 α -淀粉酶添加量对姜辣素和黄酮含量的影响:姜块切块打浆后,取 100 g ,分别按照 $0, 35, 45, 55, 65, 75\text{ U}\cdot\text{g}^{-1}$ 的量添加 α -淀粉酶, 45°C 水浴 1.5 h ,经灭酶,过滤, $5\,000\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 离心 $5\text{ min}^{[11]}$ 后,分别测定姜辣素和黄酮含量。

1.2.4 酶解处理的正交实验 根据单因素试验结果,设计三因素三水平 $L_9(3^3)$ 正交实验,因素和水平见表 1。

表 1 $L_9(3^3)$ 复合酶配比正交实验因素水平

Table 1 Horizontal factor of orthogonal test for optimization of enzyme doses $\text{U}\cdot\text{g}^{-1}$

水平 Level	因素 Factor		
	A 纤维素酶 Cellulase	B 果胶酶 Pectinase	C α -淀粉酶 α -amylase
1	300	500	45
2	400	600	55
3	500	700	65

1.2.5 超声处理单因素试验 超声比功率对姜辣素和黄酮含量的影响:生姜切块打浆后,按照优化的量加入酶,于超声提取机中,温度设为 45°C ,时间为 30 min ,依次选用 $3, 4, 5, 6, 7\text{ W}\cdot\text{g}^{-1}$ 的超声比功率进行处理,过滤, $5\,000\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 离心 $5\text{ min}^{[6]}$ 后,分别测定姜辣素和黄酮含量。超声温度对姜辣素和黄酮含量的影响:生姜切块打浆后,于超声提取机中,按优化出的功率,温度依次设置为 $35, 40, 45, 50, 55^\circ\text{C}$,时间设为 30 min ,进行超声处理,取出后过滤, $5\,000\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 离心 $5\text{ min}^{[11]}$ 后,分别测定姜辣素和黄酮含量。超声时间对姜辣素和黄酮含量的影响:生姜切块打浆后,于超声提取机中,按照优化出来的功率和温度,时间依次设置为 $10, 20, 30, 40, 50\text{ min}$ 进行超声处理,取出后过滤, $5\,000\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 离心 $5\text{ min}^{[11]}$ 后,分别测定姜辣素和黄酮含量。

1.2.6 超声处理的正交实验 根据单因素试验结果,设计三因素三水平 $L_9(3^3)$ 正交实验,因素和水平见表 2。

表 2 $L_9(3^3)$ 超声条件正交实验因素水平

Table 2 Horizontal factor of orthogonal test for ultrasonic conditions

水平 Level	因素 Factor		
	A 超声比功率 Ultrasonic power/ $(\text{W}\cdot\text{g}^{-1})$	B 超声温度 Ultrasonic temperature/ $^\circ\text{C}$	C 超声时间 Ultrasonic time/min
1	5	45	25
2	6	50	30
3	7	55	35

1.2.7 超声处理与酶解处理协同结合 将 1.2.4 优化出的复合酶配比和 1.2.6 中优化出的超声条件,分别以不同方式结合,作用于生姜汁,得单一超声处理、单一酶解处理、超声复合酶处理、先超声后酶解处理、先酶解后超声处理和无处理(对照)发酵底液,调节糖度至 15°Brix 。灭菌后,按 0.1% 的接种量接种酿酒活性酵母,分别于 25°C 恒温培养箱中发酵。

1.2.8 酒精发酵 将灭菌后的发酵底液置于 25°C 培养箱中,分别发酵。恒温培养 $6\sim7\text{ d}$,当酒精度不再变化时结束发酵。

1.3 项目测定

1.3.1 姜辣素含量测定 参考张明昶等^[9] 绘制香草醛标准曲线,用分光光度法测定姜汁的吸光值,根据下式计算姜辣素含量。姜辣素($\%$) = $[(2.001 \times V_0 \times V_1 \times C)/V_2 \times W \times 10^6] \times 100$ 。式中,2.001 为香草醛换算姜

辣素的系数; C 为测定的 A 值在回归方程中求出的香草醛浓度; V_1 为测定样品液总体积,mL; V_0 为样品提取液总体积,mL; V_2 为测定时吸取的样品液体积,mL; W 为样品质量,g。

1.3.2 姜黄酮含量的测定 参考丁利君等^[10]绘制芦丁标准曲线,用分光光度法测定姜汁的吸光值,根据下式计算姜黄酮含量。姜黄酮含量(%)= $C \times V \times a / 1\,000 \times m$,式中: C 为测定的 A 值在回归方程中求得的黄酮浓度; V 为测定液总体积,mL; a 为稀释倍数; m 为生姜总质量,g。

1.4 数据分析

试验数据采用 Origin 和 SPSS 软件分析。

2 结果与分析

2.1 料液比对姜辣素和黄酮含量的影响

由图 1 可知,随着料液比的逐渐增加,姜汁中的姜辣素和黄酮含量均呈现出先增加后减少的趋势。开始时溶剂的增加有利于传质,而后姜辣素和黄酮含量减少的原因可能是传质趋于平衡后,溶剂增加引起的稀释效应^[12]。在料液比为 1:5 时,姜辣素和黄酮含量均最高,由此确定最佳料液比为 1:5。

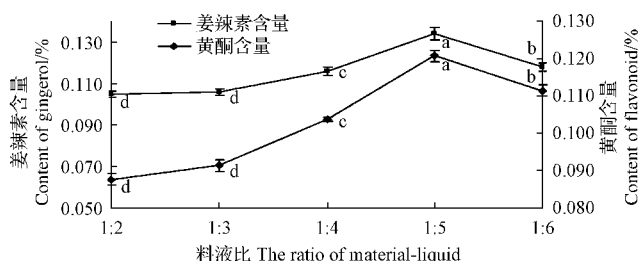


图 1 料液比对姜辣素和黄酮含量的影响

Fig. 1 Effect of the ratio of material to solvent on the gingerol and flavonoid

2.2 酶解处理单因素试验

2.2.1 纤维素酶添加量对姜辣素和黄酮含量的影响

从图 2 可看出,在纤维素酶添加量为 0~400 $U \cdot g^{-1}$ 逐渐增加的过程中,姜辣素含量逐渐增加,而后在 400~600 $U \cdot g^{-1}$ 时随着纤维素酶用量的增加反而减少。在纤维素酶添加量为 200~500 $U \cdot g^{-1}$,黄酮含量随着酶添加量的增加而逐渐增加,之后随着酶添加量的增加反而逐渐减少。综合二者含量以及差异显著性分析结果,最终选用纤维素酶添加量为 300~500 $U \cdot g^{-1}$ 。

2.2.2 果胶酶添加量对姜辣素和黄酮含量的影响 由图 3 可知,在果胶酶添加量为 0~700 $U \cdot g^{-1}$ 时,姜辣素含量随着果胶酶添加量的增加而逐渐增加,而后随着酶添加量的增加而减少。黄酮含量也表现出类似的趋势,在果胶酶添加量为 0~500 $U \cdot g^{-1}$ 时,其随着酶添加量的增加而逐渐增加。之后在果胶酶添加量为 500~800 $U \cdot g^{-1}$ 时随着酶添加量的增加,黄酮含量逐渐减少,而且果胶酶添加量

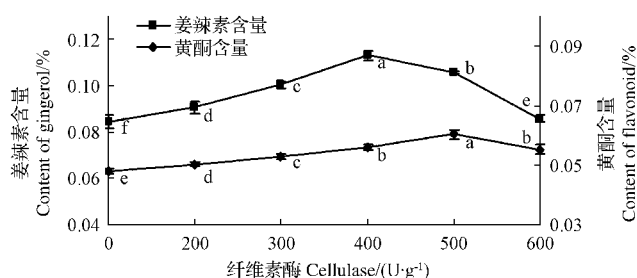


图 2 纤维素酶添加量对姜辣素和黄酮含量的影响

Fig. 2 Effect of the amount of cellulase on the content of gingerol and flavonoid

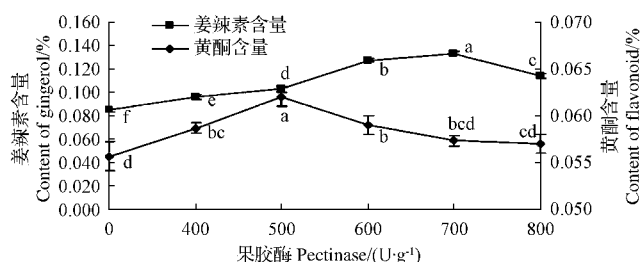


图 3 果胶酶添加量对姜辣素和黄酮含量的影响

Fig. 3 Effect of the amount of pectinase on the content of gingerol and flavonoid

大于 600 $U \cdot g^{-1}$ 后,姜辣素含量增加不明显,差异不显著。综合考虑果胶酶对姜辣素和黄酮二者含量的影响,最终选用果胶酶添加量为 500~700 $U \cdot g^{-1}$ 。

2.2.3 α -淀粉酶添加量对姜辣素和黄酮含量的影响

由图 4 可知,在 0~65 $U \cdot g^{-1}$ 之间,姜辣素含量随着 α -淀粉酶添加量的增加而逐渐增加,在 α -淀粉酶添加量为 65 $U \cdot g^{-1}$ 时达到最大值。黄酮含量在 α -淀粉酶添加量为 0~45 $U \cdot g^{-1}$ 时逐渐增加,而后随着 α -淀粉酶添加量的继续增加,黄酮含量反而减少。综合 α -淀粉酶对姜辣素和黄酮二者含量的影响以及差异显著性分析,选用 α -淀粉酶添加量为 45~65 $U \cdot g^{-1}$ 。

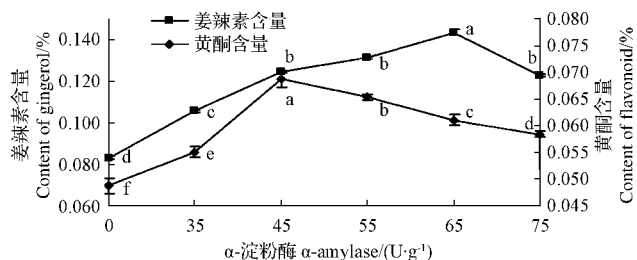


图 4 α -淀粉酶添加量对姜辣素和黄酮含量的影响

Fig. 4 Effect of the amount of α -amylase on the content of gingerol and flavonoid

2.3 酶解处理的正交实验

由表 3 正交实验结果可知,3 种酶对姜辣素含量影响的顺序: α -淀粉酶>纤维素酶>果胶酶,对黄酮含量影响的顺序: α -淀粉酶>纤维素酶=果胶酶。综合其对姜辣素和黄酮总含量的影响,考虑到成本,通过验证试验确定最佳复合酶配比为纤维素酶 500 $\text{U} \cdot \text{g}^{-1}$,果胶酶 500 $\text{U} \cdot \text{g}^{-1}$, α -淀粉酶 65 $\text{U} \cdot \text{g}^{-1}$ 。通过验证试验,此为最佳复合酶配比。

表 3 复合酶正交实验结果

Table 3 Orthogonal array design and corresponding results for optimization of enzyme doses

试验号 No.	A 纤维素酶 Cellulase /($\text{U} \cdot \text{g}^{-1}$)	B 果胶酶 Pectinase /($\text{U} \cdot \text{g}^{-1}$)	C α -淀粉酶 α -amylase /($\text{U} \cdot \text{g}^{-1}$)	姜辣素含量 Content of gingerol /%	黄酮含量 Content of flavonoid /%
1	1(300)	1(500)	1(45)	0.172	0.066
2	1	2(600)	2(55)	0.191	0.069
3	1	3(700)	3(65)	0.199	0.082
4	2(400)	1	3	0.173	0.074
5	2	2	1	0.201	0.072
6	2	3	2	0.180	0.068
7	3(500)	1	2	0.212	0.085
8	3	2	3	0.192	0.068
9	3	3	1	0.197	0.076
K_1	0.187	0.186	0.181		
K_2	0.185	0.195	0.197		
K_3	0.200	0.192	0.204		
k_1	0.062	0.062	0.060		
k_2	0.062	0.065	0.065		
k_3	0.067	0.064	0.068		
R	0.015	0.009	0.023		
K_1'	0.072	0.075	0.067		
K_2'	0.072	0.070	0.073		
K_3'	0.076	0.075	0.080		
k_1'	0.024	0.025	0.022		
k_2'	0.024	0.023	0.024		
k_3'	0.025	0.025	0.027		
R'	0.005	0.005	0.013		

注: K, k 和 R 表示姜辣素, K', k' 和 R' 表示姜黄酮。表 4 同。

Note: K, k and R mean gingerol, K', k' and R' mean flavonoid. The same as Table 4.

2.4 超声处理单因素试验

2.4.1 超声比功率对姜辣素和黄酮含量的影响 由图 5 可知,随着超声比功率的增加,姜辣素含量先增加后趋于平缓,而黄酮含量先增加后减少。超声提取主要依靠超声波的空穴效应和热效应。超声强度较小时,其形成的热效应基本可忽略不计,此时随着超声比功率的增加,所产生的能量升高,形成的空化气泡也就越大,细胞壁就被破坏得越完全^[13],导致姜辣素和黄酮不断溶出,其含量呈现不断增加的趋势;再随着超声波的继续增强,产生大量的无用气泡,引起声波的散射,从而减弱了空化效应,此时热效应占主导地位^[13],这就可能导致姜辣素含量出现基本不变的趋势,而热效应可能造成黄酮的损失而使其含量减少。

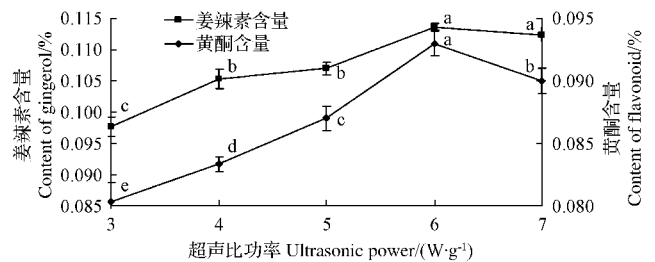


图 5 超声比功率对姜辣素和黄酮含量的影响

Fig. 5 Effect of ultrasonic power on the content of gingerol and flavonoid

2.4.2 超声温度对姜辣素和黄酮含量的影响 由图 6 可以看出,在 35~50 $^{\circ}\text{C}$,随着超声温度的逐渐升高,姜辣素和黄酮含量都逐渐增加。温度大于 50 $^{\circ}\text{C}$ 之后,姜辣素含量趋于平缓,而黄酮含量逐渐减少。可能原因是温度的升高能够加快姜汁中分子的热运动,利于姜辣素和黄酮类物质的溶出。达到一定温度后,物质运动达到一定平衡状态,姜辣素含量不再增加。然而继续升高温度,可能造成部分黄酮类物质发生变化,所以温度大于 50 $^{\circ}\text{C}$ 之后,黄酮含量反而降低。

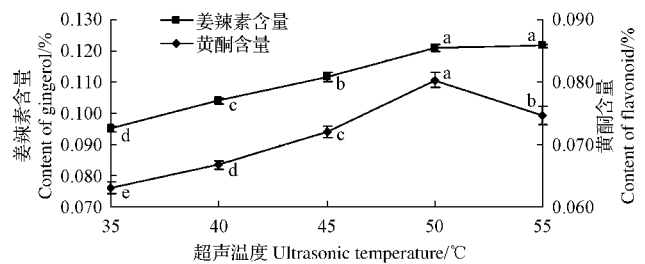


图 6 超声温度对姜辣素和黄酮含量的影响

Fig. 6 Effect of ultrasonic temperature on the content of gingerol and flavonoid

2.4.3 超声时间对姜辣素和黄酮含量的影响 由图 7 可知,随着超声时间的增加,姜辣素和黄酮含量均呈现出先增加后基本不变的趋势。可能原因是超声作用一段时间以后,物质运动达到一定的平衡状态,生姜中的姜辣素和黄酮类物质的溶出速率等于溶入速率,所以导

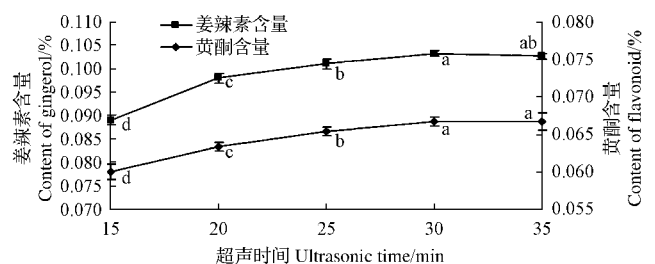


图 7 超声时间对姜辣素和黄酮含量的影响

Fig. 7 Effect of ultrasonic time on the content of gingerol and flavonoid

致姜汁中的姜辣素和黄酮含量不再发生变化。

2.5 超声处理的正交实验

由表 4 超声处理正交实验结果可知,超声条件对姜辣素含量影响的大小顺序是:超声比功率>超声时间>超声温度。对黄酮含量影响的大小顺序是:超声比功率>超声温度>超声时间。综合其对姜辣素和黄酮总含量的影响,考虑到成本,通过验证试验确定最佳超声条件为超声比功率 $7 \text{ W} \cdot \text{g}^{-1}$,超声温度为 $55 \text{ }^{\circ}\text{C}$,超声时间为 30 min 。验证试验表明此条件为最佳超声条件。

2.6 不同工艺生姜发酵酒的比较

2.6.1 生姜发酵酒中姜辣素和黄酮的含量 从图 8、9 可以看出,先酶解后超声和超声复合酶姜酒中的姜辣素和黄酮的含量较高,先超声后酶解、单一酶解和单一超声姜酒中的黄酮含量稍低,但相互之间差异不显著。另外,超声复合酶与先酶解后超声姜酒相比,姜辣素和黄酮含量无显著性差异,但节省了时间和能耗。以姜辣素和黄酮含量为指标来看,超声复合酶处理是最佳处理方式。

2.6.2 姜酒酒精度 由图 10 可以看出,先超声后酶解,先酶解后超声与超声复合酶姜酒的酒精度无显著性差异,且都显著高于其它几种。而单一酶解与单一超声姜酒的酒精度稍低,且二者无显著性差异,酒精度最低的是对照姜酒,显著低于其它几种。结果表明,超声处理与酶处理协同结合相对于单一处理来说,能够显著提高姜酒的酒精度。

表 4 超声处理正交实验结果

Table 4 Orthogonal array design and corresponding results for ultrasonic treatment

试验号 No.	因素 Factor			姜辣素含量 Contents of gingerol /%	黄酮含量 Contents of flavonoid /%
	A 超声比功率 Ultrasonic power /($\text{W} \cdot \text{g}^{-1}$)	B 超声温度 Ultrasonic temperature/ $^{\circ}\text{C}$	C 超声时间 Ultrasonic time/min		
1	1(5)	1(45)	1(25)	0.093	0.066
2	1	2(50)	2(30)	0.095	0.069
3	1	3(55)	3(35)	0.101	0.082
4	2(6)	1	3	0.105	0.074
5	2	2	1	0.111	0.072
6	2	3	2	0.102	0.068
7	3(7)	1	2	0.101	0.085
8	3	2	3	0.099	0.068
9	3	3	1	0.110	0.076
K_1	0.096	0.100	0.098		
K_2	0.106	0.102	0.103		
K_3	0.103	0.104	0.104		
k_1	0.032	0.033	0.033		
k_2	0.035	0.034	0.034		
k_3	0.034	0.035	0.035		
R	0.010	0.004	0.006		
K_1'	0.693	0.740	0.760		
K_2'	0.753	0.750	0.780		
K_3'	0.853	0.810	0.760		
k_1'	0.231	0.247	0.253		
k_2'	0.251	0.250	0.260		
k_3'	0.284	0.270	0.253		
R'	0.160	0.070	0.020		

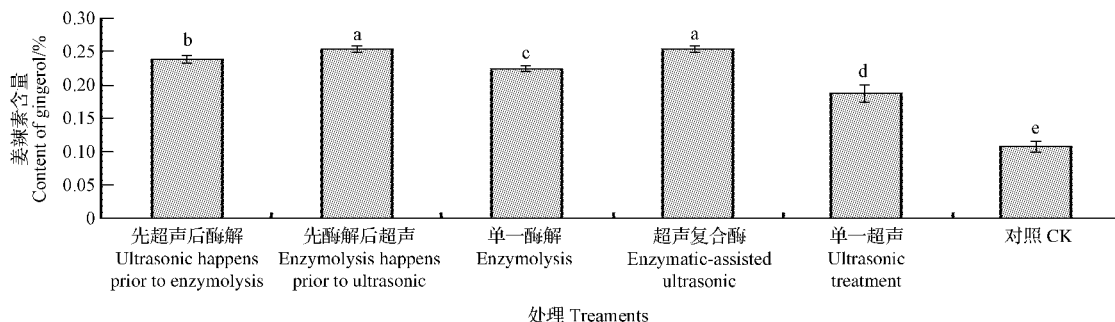


图 8 不同姜酒中姜辣素含量比较

Fig. 8 Comparison of different ginger wine by gingerol content

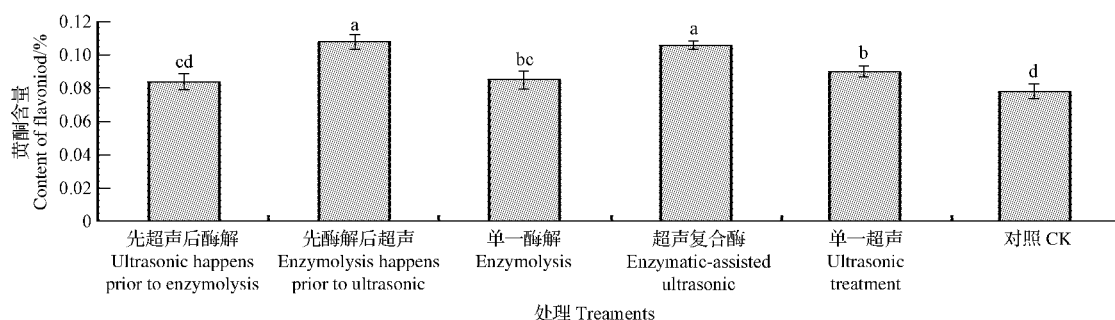


图 9 不同姜酒中黄酮含量比较

Fig. 9 Comparison of different ginger wine by flavonoid content

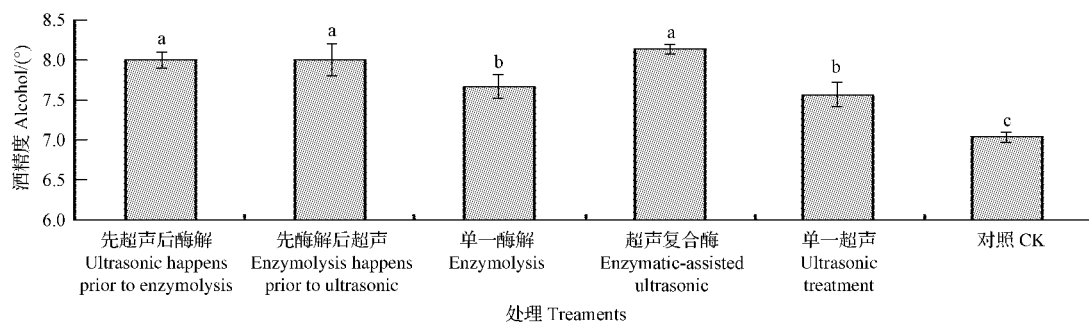


图 10 不同姜酒酒精度比较

Fig. 10 Comparison of different ginger wine by alcohol

3 结论

该研究通过正交实验分别优化了复合酶配比和超声条件,得出最佳复合酶配比为纤维素酶 $500 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1}$,果胶酶 $500 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1}$, α -淀粉酶 $65 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1}$ 。最佳超声条件为超声比功率 $7 \text{ W} \cdot \text{g}^{-1}$,超声温度为 55°C ,超声时间为 30 min 。

超声处理与复合酶处理以不同的方式协同作用(包括先超声后酶解、先酶解后超声、超声复合酶、单一酶解、单一超声),以及对对照处理,最终共得到了 6 种不同工艺的生姜发酵酒。经分析后发现,超声复合酶和先酶解后超声姜酒中的姜辣素和黄酮含量显著高于其它几种姜酒,且二者之间的差异不显著。

不同工艺生姜发酵酒的酒精度也存在差异,先超声后酶解、先酶解后超声以及超声复合酶姜酒的酒精度较高,显著高于单一超声和单一酶解姜酒。先酶解后超声处理相对于超声复合酶处理来说,其所用时间较长,能耗也相对较多。如果以姜辣素和黄酮含量为主要指标,以及考虑到不同处理方式对姜酒酒精度的影响,从经济环保的角度来讲,超声复合酶处理是最佳处理方式。其用时较先酶解后超声处理来说,缩短了 $2/3$,从而节省了时间,降低了能耗,若用于工业化生产,可节省大量的成本,为企业带来巨大的经济效益。

参考文献

[1] 李莉峰,徐立伟.生姜综合利用研究进展及前景分析[J].农业科技

与装备,2011(7):17-19.

[2] 骆海林.生姜功效成分的提取分离及组分研究[D].合肥:安徽农业大学,2010.

[3] 高晓东,王秋英,乔旭光,等.多种生姜有效成分联合提取工艺[J].食品与发酵工业,2013,39(1):203-207.

[4] 朱茂田.生姜功能因子的分离和纯化[D].成都:西华大学,2006.

[5] SHUKLA Y, SINGH M. Cancer preventive properties of ginger: a brief review[J]. Food and Chemical Toxicology, 2007, 45(5): 683-690.

[6] AHMED R S, SETH V, BANERJEE B D. Influence of dietary ginger (*Zingiber officinale* Rosc) on antioxidant defense system in rat: comparison with ascorbic acid[J]. Indian Journal of Experimental Biology, 2000, 38(6): 604-606.

[7] 王兆升.鲜切生姜褐变机理及保鲜关键技术研究[D].泰安:山东农业大学,2012.

[8] 王成荣,张晓娟,张宏斌,等.不同品种南瓜制醋特性的比较[J].现代食品科技,2013,29(7):1539-1543.

[9] 张明昶,李健,蒙继昭.紫外分光光度法测定姜中姜辣素类化合物的含量[J].贵州医药,2003,27(3):283-284.

[10] 丁利君,周训辉,林燕如.芒其中黄酮物质的提取及其抗氧化研究[J].食品科学,2005,26(8):77-82.

[11] 朱沛沛,刘宁,巨敏,等.正交试验法优化生姜中姜辣素的提取工艺研究[J].农产品加工学刊,2012(2):82-84.

[12] 朱俊向,吴昊,杨绍兰,等.超声辅助提取冻干番茄粉番茄红素的工艺优化[J].农业工程学报,2013,29(18):284-291.

[13] KUMCUOGLU S, YILMAZ T, TAVMAN S. Ultrasound assisted extraction of lycopene from tomato processing wastes[J]. Journal of Food Science and Technology, 2014, 51(12): 4102-4107.

Optimization of Production Process for Fermented Ginger Wine

LIANG Yunzhi, LUO Dan, WU Hao, WANG Chengrong

(College of Food Science and Engineering, Qingdao Agricultural University, Qingdao, Shandong 266109)

Abstract: Fresh ginger was used as material. The effects of the ratio of material to solvent, the amount of cellulase and pectinase and α -amylase, and the ultrasonic specific power and temperature and time were studied on the contents of gingerol and flavonoid of fermented ginger wine by single factor test and orthogonal test. The optimal enzyme and the optimal ultrasonic condition were determined. The results indicated that the optimal enzyme doses were determined to be cellulase of $500 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1}$, pectinase of $500 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1}$, α -amylase of $65 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1}$. The optimal ultrasonic condition were determined to be ultrasonic specific power of $7 \text{ W} \cdot \text{g}^{-1}$, ultrasonic time of 55°C , ultrasonic temperature of 30 minutes. Under the optimal conditions, the ginger wine was made by enzymatic-assisted ultrasonic with higher contents of gingerol and flavonoid and alcohol, which showed that enzymatic-assisted ultrasonic was the best production process of fermented ginger wine.

Keywords: fermented ginger wine; production process; gingerol; flavonoid