

微波处理对黑米酒物理化学特性的影响

Impacts of microwave treatment on physicochemical properties of black rice wine

陈卓瑶¹原江锋^{1,2}侯增超¹王大红^{1,2}CHEN Zhou-yao¹ YUAN Jiang-feng^{1,2} HOU Zeng-chao¹ WANG Da-hong^{1,2}李佩艳¹龚明贵¹张彬¹LI Pei-yan¹ GONG Ming-gui¹ ZHANG bin¹

(1. 河南科技大学食品与生物工程学院, 河南 洛阳 471023; 2. 东部战区总医院药理科, 江苏 南京 210002)

(1. College of Food and Bioengineering, Henan University of Science and Technology, Luoyang, Henan 471023, China; 2. Department of Pharmacology, Jinling Hospital, Nanjing, Jiangsu 210002, China)

摘要:应用微波处理黑米酒,探讨微波因素(微波功率、微波处理温度、微波时间)对黑米酒总酚、总黄酮、总花青素、颜色及抗氧化活性的影响。结果表明,与未处理的黑米酒相比,微波处理后黑米酒中总酚含量、总黄酮含量、总花青素含量以及抗氧化活性均有所下降,并且微波处理对黑米酒的颜色变化影响较小;微波处理后黑米酒的DPPH自由基清除能力(DPPH·)、超氧阴离子自由基($O_2^{\cdot-}$)清除能力、羟自由基($\cdot OH$)清除能力和抗脂质过氧化能力呈逐渐减弱的趋势,与总酚、总黄酮和总花青素的变化趋势一致。检测的指标和自然熟化过程基本一致,说明微波在一定程度上可以起到辅助黑米酒熟化的作用。

关键词:微波;黑米酒;总酚;总黄酮;总花青素;颜色;抗氧化性

Abstract: Microwave technology was applied to process black rice wine, effects of microwave power, microwave treatment temperature and microwave time on total phenolic content, total flavonoid content, total anthocyanins, colour and antioxidant activity of black rice wine were investigated. The results showed that the total phenol content, total flavonoids content, total anthocyanin content and antioxidant activity of the black rice wine obviously decreased after microwave treatment the black rice

wine compared with the untreated black rice wine, and microwave treatment had little effect on the color change of black rice wine. The DPPH radical scavenging capacity, superoxide anion radical scavenging capacity, hydroxyl radical scavenging capacity and anti-lipid peroxidation capacity of black rice wine decreased gradually after microwave treatment, which was consistent with the change trend of total phenolics, total flavonoids and total anthocyanins. The measured indexes were basically consistent with the natural aging process, indicating that microwave treatment could assist the aging of black rice wine to some extent.

Keywords: microwave; black rice wine; total phenolics; total flavonoids; total anthocyanins; colour; antioxidant activity

黑米素有“药米”“补血米”之称,是稻米中的保健珍品^[1]。黑米酒是以黑米为原料,以甜酒曲或黄酒曲发酵而成的,属于黄酒类^[1-2]。黑米酒中含有十分丰富的氨基酸^[3]、矿物质、维生素^[4]等,以及数十种多酚类化合物^[5],具有较强的抗氧化活性^[6]。消费者逐步意识到黑米酒的保健价值,对黑米酒消费量逐年增加。发酵后的黑米酒口感较苦涩,在陈酿过程中黑米酒中活性物质、酒体颜色等会发生变化,陈酿时间越长黑米酒的口感和色泽越好。传统的陈酿方法需要消耗大量的成本和时间,不利于黑米酒企业的发展。

目前超声波催陈、脉冲电场催陈、超高压催陈等^[7]人工催陈技术已用在葡萄酒^[8]、白酒^[9]、醋^[10]、黑米酒^[11]的催陈研究中。微波催陈是一种新型技术,被认为是最具有前景的催陈技术之一。微波是频率在300 MHz~300 GHz的非电离电磁波,在工业、科学和医疗中使用的

基金项目:国家自然科学基金面上项目(编号:31870093);青年科学基金项目(编号:31701665,31701536);河南省自然科学基金项目(编号:172102310543)

作者简介:陈卓瑶,女,河南科技大学在读硕士研究生。

通信作者:原江锋(1978—),女,河南科技大学副教授,博士。

E-mail:jiangfengyuan@163.com

收稿日期:2019-11-25

频率一般为 0.915~2.450 GHz^[12]。微波技术由于热效率高、穿透能力强等特点,通常用于缩短食品加工过程的时间。微波催陈技术是物理催陈法的一种,是指用人为地施加微波加速酒体中各种成分相互转化的方法,促进酒的老熟,以缩短贮存时间^[13],其原理是:微波能够产生高频振荡,促使酒中分子运动频率与微波相同,酒中各种极性分子方向也随之变化。使酒精与水分子结合形成更紧密、更稳定的大分子群;新酒经过微波处理之后,加速了酯化等反应的进行,新的脂类化合物快速形成,酒的香味变得浓郁,因此可以加速酒的陈化^[14]。胡诗琪等^[15]研究优化了白酒微波催陈工艺;江京等^[16]研究发现了微波催陈黄酒的较佳工艺条件;李聪等^[17]研究发现微波处理可以提高葡萄酒的色度,但对葡萄酒的 pH 没有影响。黑米酒发酵后也需要陈酿,已有采用超声处理可以催陈黑米酒的报道^[11],而关于微波处理对黑米酒物理化学特性的影响尚未见报道。

试验拟利用微波处理黑米酒,探究不同微波功率、时间、温度作用下对黑米酒的总酚含量、总黄酮含量、总花青素含量、颜色以及抗氧化活性的影响,为微波催陈黑米酒过程中对黑米酒的物理化学特性的影响提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

黑米酒:色泽紫黑、透明澄清、酒精度 9%,陕西朱鹮黑米酒业有限公司;

没食子酸:分析纯,上海阿法埃莎化学有限公司;

芦丁:分析纯,中国食品药品检定研究所;

Folin-Ciocalteu:分析纯,美国 Sigma 公司;

乙二胺四乙酸(EDTA)、三氯乙酸(TCA)、碳酸钠、硝酸铝、氢氧化钠:分析纯,天津市科密欧化学试剂有限公司。

1.1.2 仪器与设备

实验室微波合成仪:XH-MC-1 型,北京祥鹄科技发展有限公司;

自动色差计:SC-80C 型,北京康光光学仪器有限公司;

紫外—可见分光光度计:UV765 型,上海仪电分析仪器有限公司;

旋转蒸发器:RE-52A 型,上海亚荣生化仪器厂;

低温冷却液循环泵:DLSB-10L 型,巩义市予华仪器有限责任公司;

大扭矩调速型蠕动泵:WT6000S 型,保定雷弗流体科技有限公司;

万分之一天平:BS124S 型,赛多利斯科学仪器(北京)有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 微波处理 通过以下单因素试验设计,探究微波处理对黑米酒中主要活性成分、颜色、抗氧化活性的影响。

(1) 微波功率:固定微波时间 15 min,微波温度 40℃,研究微波辐射功率分别为 100,300,500,700,900 W 时对黑米酒中总酚、总黄酮、总花青素、颜色、抗氧化活性的影响。

(2) 超声时间:固定微波功率 500 W,微波温度 40℃,研究微波辐射时间分别为 5.0,7.5,10.0,12.5,15.0 min 时对黑米酒中总酚、总黄酮、总花青素、颜色、抗氧化活性的影响。

(3) 微波温度:固定微波功率 500 W,微波时间 15 min,研究微波辐射温度分别为 40,50,60,70,80℃ 时对黑米酒中总酚、总黄酮、总花青素、颜色、抗氧化活性的影响。

1.2.2 总酚含量测定 采用 Folin-酚比色法^[18],以没食子酸为对照品。

1.2.3 总黄酮含量测定 采用 $\text{NaNO}_2\text{-Al}(\text{NO}_3)_3\text{-NaOH}$ 比色法^[19],以芦丁为对照品。

1.2.4 总花青素含量测定 采用 pH 示差法^[20]。

1.2.5 颜色测定 采用 SC-80C 全自动台式色差计直接测量 CIELab 值。其中 L^* 值表示亮度,称为亮度指数, L^* 值越大则亮度越高, L^* 值越小则亮度越低; a^* , b^* 是色度指数, $a^*>0$,代表红色, $a^*<0$,代表绿色, $b^*>0$,代表黄色, $b^*<0$,代表蓝色。进一步根据样品的 L^* 、 a^* 、 b^* 计算样品色差 ΔE^* 。

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (1)$$

1.2.6 DPPH 自由基清除能力 参考 Dutta 等^[21]的方法。

1.2.7 超氧阴离子自由基($\text{O}_2^{\cdot-}$)清除能力 参考 Kanatt 等^[22]的 NADH-NBT-PMS 体系法。

1.2.8 羟自由基($\cdot\text{OH}$)清除能力 参考 Liu 等^[23]的方法。

1.2.9 抗脂质过氧化能力 参考 Yuan 等^[24]的卵磷脂法。

1.3 数据处理

以上所有单因素试验均重复 3 次,使用 Microsoft Office Excel 2010 软件进行图表绘制,SPSS 22.0 软件进行数据处理。

2 结果与分析

2.1 微波功率对黑米酒中主要活性成分、颜色及抗氧化活性的影响

2.1.1 主要活性成分变化 经试验得,总酚类的标准曲线回归方程为 $y=0.012\ 3x+0.005\ 4$, $R^2=0.999\ 4$;总黄

酮的标准曲线回归方程为 $y = 0.002\ 9x + 0.007\ 4$, $R^2 = 0.999\ 4$ 。

由图 1 可知,与未处理的黑米酒相比,随着微波功率的增加,黑米酒中总酚、总黄酮、总花青素的含量均呈下降趋势;总酚下降幅度较小,总黄酮与总花青素的下降趋势较为明显;总酚、总黄酮、总花青素含量下降幅度分别为 7.36%,12.01%,71.04%。针对活性成分变化的可能原因:①微波产生的高频电磁场会使水分子产生运动并相互摩擦,导致分子间化学键断裂产生瞬时高温,从而诱导自由基的产生^[25],因此微波处理后黑米酒发生的理化变化十分复杂,所以可以加速黑米酒的熟化。②福林酚法测定的原理是氧化还原反应,多酚类物质在微波的作用下有可能发生了一定的变化,但福林酚法仅是测定含酚基团的数目,可能并不能区分由微波处理引起的变化,导致用该法测定的总酚含量变化并没有总黄酮和总花青素显著^[26]。

2.1.2 颜色变化 由表 1 可知,微波处理对黑米酒的颜色变化影响较小。不同微波功率处理后黑米酒的 L^* 、 a^* 、 b^* 均先增加后减小,即黑米酒的亮度、红色和黄色指标在较低微波功率处理时有所增加,说明微波处理可以改善黑米酒的颜色。在微波功率为 100 W 时,黑米酒的

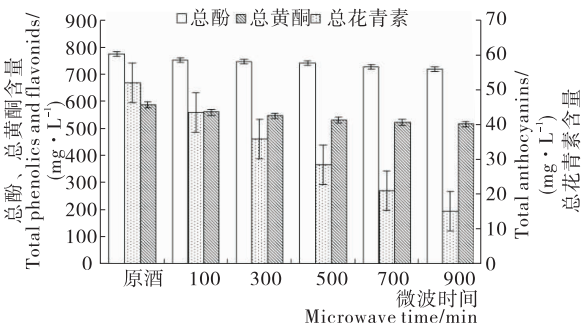


图 1 微波功率对黑米酒中总酚、总黄酮、总花青素含量的影响
Figure 1 Effects of microwave power on the contents of total phenols, total flavones and total anthocyanins in black rice wine

L^* 、 a^* 、 b^* 值及 ΔE^* 值最大,说明此时黑米酒颜色变化最为明显。随着微波功率的增加,高功率处理的黑米酒比低功率处理的黑米酒中主要活性成分含量和抗氧化活性明显的降低,因此微波催陈黑米酒时应选择较低功率。

利用 SPSS 22.0 统计软件对不同微波功率处理下黑米酒中总酚含量、总黄酮含量、总花青素含量、 L^* 、 a^* 、 b^* 值间的相关性进行分析,结果如表 2 所示。微波功率与总酚含量、总黄酮含量、总花青素含量间有明显相关性,系数为 -0.988 , -0.987 , -0.999 ;总酚含量与总黄酮含量、总花青素含量之间也明显相关,系数为 0.982 , 0.984 。总黄酮含量与总花青素含量也明显相关(0.983)。

2.1.3 抗氧化活性变化 由图 2 可知,随着微波功率的增加,黑米酒对 DPPH·、 $O_2^{\cdot -}$ 、 $\cdot OH$ 和抗脂质过氧化能力呈逐渐减弱的趋势。与未处理黑米酒(DPPH·清除活性为 50.93%)酒样相比,微波功率为 900 W 的酒样 DPPH·清除活性最弱,为 38.08%,下降幅度为 25.23%。与未处理黑米酒($O_2^{\cdot -}$ 清除活性为 61.52%)酒样相比,微波功率从 100 W 增加到 900 W 的酒样 $O_2^{\cdot -}$ 清除活性呈下降趋势,微波功率为 900 W 时酒样对 $O_2^{\cdot -}$ 清除率最低,为 51.54%。与未处理黑米酒($\cdot OH$ 清除活性为 54.10%)酒样相比,微波功率从 100 W 增加到 900 W 的酒样 $\cdot OH$ 清除活性下降到 23.78%,下降幅度较大为 56.03%。与未处理黑米酒(抗脂质过氧化能力为 48.50%)酒样相比,微波功率从 100 W 增加到 900 W 的酒样抗脂

表 1 微波功率对黑米酒 L^* 、 a^* 、 b^* 的影响
Table 1 Effects of microwave power on L^* , a^* , b^* of black rice wine

微波功率/W	L^*	a^*	b^*	ΔE^*
原酒	35.07±0.12	38.90±0.84	31.26±1.04	0.00
100	35.55±0.17	39.61±0.29	32.05±0.18	1.16
300	35.43±0.11	39.23±0.21	32.01±0.14	0.78
500	35.16±0.39	38.60±0.51	31.97±0.28	0.77
700	35.10±0.23	38.49±0.16	31.60±0.12	0.29
900	35.08±0.05	38.95±0.80	31.57±0.46	0.31

表 2 黑米酒活性物质与 L^* 、 a^* 、 b^* 的相关性[†]
Table 2 Correlation between active substances of black rice wine and L^* , a^* , b^*

指标	总酚含量	总黄酮含量	总花青素含量	L^*	a^*	b^*
微波功率	-0.988^*	-0.987^*	-0.999^{**}	-0.944	-0.709	-0.922
总酚含量		0.982^*	0.984^*	0.230	0.340	-0.171
总黄酮含量			0.983^*	0.247	0.432	-0.237
总花青素含量				0.383	0.487	-0.062
L^*					0.846	0.790
a^*						0.441

[†] * 具有显著性差异, $P < 0.05$; ** 具有极显著差异, $P < 0.01$ 。

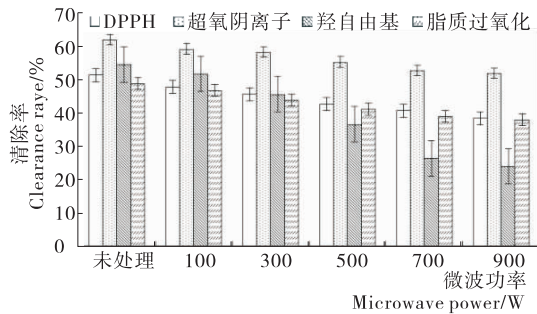


图2 微波功率对DPPH自由基、超氧阴离子、羟自由基清除率和抗脂质过氧化能力的影响

Figure 2 Effect of microwave power on DPPH radical, superoxide anion, hydroxyl radical scavenging capacity and anti-lipid peroxidation capacity

质过氧化能力从46.45%下降到37.60%，下降幅度为19.05%。与原酒相比，随着微波功率的增加，黑米酒对DPPH·、 $O_2^{\cdot-}$ 、 $\cdot OH$ 清除能力和抗脂质过氧化能力明显下降，其可能与微波处理过程中对总酚、总黄酮、总花青素等主要活性成分的下降有关，其具体机理需要进一步试验研究。

2.2 微波时间对黑米酒中主要活性成分、颜色及抗氧化活性的影响

2.2.1 主要活性成分变化 由图3可知，与未经处理的黑米酒相比，随着微波处理时间的增加，黑米酒中总酚和总黄酮含量整体呈缓慢下降趋势，下降幅度分别为4.46%、9.40%；总花青素含量受微波时间影响较为显著，微波处理5.0 min后下降速率明显增加，下降幅度为64.47%。结果表明，微波处理时间对黑米酒中总酚、总黄酮含量的影响比对总花青素的小，总花青素含量的变化可能与微波处理过程中花青素的降解和结构变化有关，其具体机理需要进一步研究。

2.2.2 颜色变化 由表3可知，不同微波时间处理后黑米酒的 L^* 、 a^* 、 b^* 值随着微波处理时间的增加均呈先增加后减小的趋势。微波处理黑米酒15.0 min时，黑米酒 b^* 和 ΔE^* 值最大，即黑米酒颜色变化较为明显。长时间

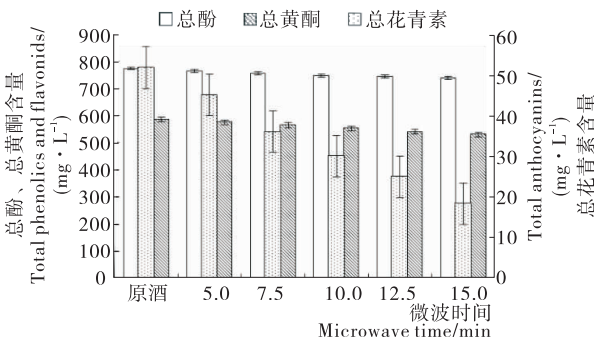


图3 微波时间对黑米酒中总酚、总黄酮、总花青素含量的影响

Figure 3 Effect of microwave time on the content of total phenols, total flavonoids and total anthocyanins in black rice wine

表3 微波时间对黑米酒 L^* 、 a^* 、 b^* 的影响

Table 3 Effect of microwave time on the L^* , a^* , b^* of black rice wine

微波时间/min	L^*	a^*	b^*	ΔE^*
原酒	35.07±0.12	38.90±0.84	31.26±1.04	0.00
5.0	35.62±0.16	39.26±0.81	31.33±0.66	0.66
7.5	35.60±0.09	39.14±0.26	31.30±0.31	0.33
10.0	35.42±0.18	38.61±0.22	31.31±0.14	0.46
12.5	35.26±0.14	38.60±0.17	31.27±0.38	0.12
15.0	35.16±0.39	38.60±0.51	31.97±0.28	0.77

微波处理对黑米酒的颜色变化比短时间处理影响要大。总之，微波处理时间对酒体的颜色影响不大。

将不同微波时间处理下黑米酒中总酚含量、总黄酮含量、总花青素含量、 L^* 、 a^* 、 b^* 进行相关性分析，结果如表4所示。微波时间与总酚含量、总黄酮含量、总花青素含量、 L^* 之间有明显相关性，系数分别为-0.988，-0.985，-0.994，0.980；总酚含量与总黄酮含量、总花青素含量之间也明显相关(0.981，0.993)；总黄酮含量与总花青素含量也明显相关，系数为0.994。

表4 不同微波处理时间黑米酒活性物质与 L^* 、 a^* 、 b^* 的相关性[†]

Table 4 Correlation between active substances of black rice wine and L^* , a^* , b^*

指标	总酚含量	总黄酮含量	总花青素含量	L^*	a^*	b^*
微波时间	-0.988*	-0.985*	-0.994**	-0.980*	-0.892	0.660
总酚含量		0.981*	0.993*	0.053	0.683	-0.565
总黄酮含量			0.994*	0.222	0.744	-0.652
总花青素含量				0.140	0.708	-0.626
L^*					0.656	-0.339
a^*						-0.374

[†] * 具有显著性差异, $P < 0.05$; ** 具有极显著差异, $P < 0.01$ 。

2.2.3 抗氧化活性变化 由图 4 可知,随着微波时间的增加,黑米酒对 DPPH·、 O_2^- ·、·OH 和抗脂质过氧化能力呈逐渐减弱的趋势。未处理酒样、微波处理 5.0 min 酒样、微波处理 7.5 min 酒样、微波处理 10.0 min 酒样、微波处理 12.5 min 酒样、微波处理 15.0 min 酒样对 DPPH·清除能力分别为 50.93%, 48.36%, 47.93%, 46.02%, 44.09%, 42.28%; 对 O_2^- ·清除能力分别为 61.52%, 59.67%, 57.74%, 56.26%, 53.60%, 52.36%; 对 ·OH 清除能力分别为 54.10%, 53.05%, 48.45%, 40.05%, 35.54%, 26.10%; 抗脂质过氧化能力分别为 48.50%, 47.71%, 45.83%, 42.81%, 40.41%, 38.70%。随着微波处理酒样时间的延长,黑米酒对 DPPH·、 O_2^- ·、·OH 清除能力和抗脂质过氧化能力均呈下降趋势,可能与微波处理后酒样中总酚、总黄酮和总花青素类等活性成分的含量降低有关。

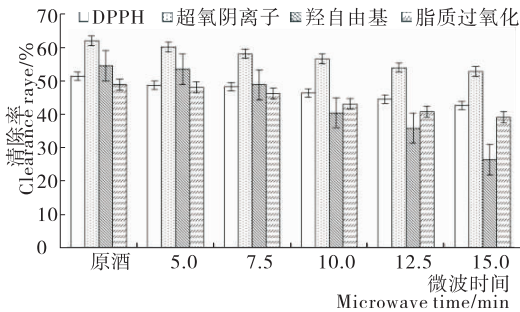


图 4 微波时间对清除 DPPH 自由基、超氧阴离子、羟自由基和抗脂质过氧化能力的影响

Figure 4 Effect of microwave time on DPPH radical, superoxide anion, hydroxyl radical scavenging capacity and anti-lipid peroxidation inhibition capacity

2.3 微波温度对黑米酒中主要活性物质、颜色及抗氧化活性的影响

2.3.1 主要活性成分变化 由图 5 可知,与未经处理的黑米酒相比,随着微波处理温度的增加,黑米酒总酚含量与总黄酮含量均呈下降趋势;不同微波温度处理对黑米酒中总花青素含量影响较为显著,80℃时下降幅度为 79.92%。由此可知,黑米酒中主要活性成分含量随着微

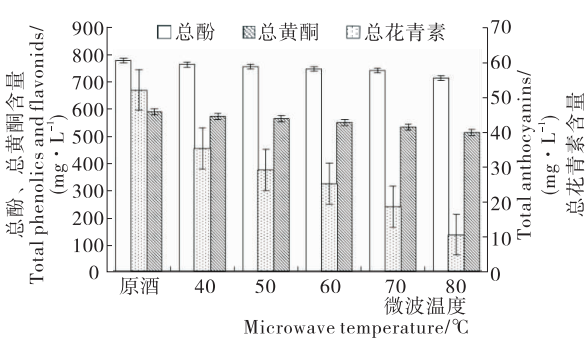


图 5 微波温度对黑米酒中总酚、总黄酮、总花青素含量的影响

Figure 5 Effect of microwave time on the content of total phenols, total flavonoids and total anthocyanins in black rice wine

波温度的增加而减小,说明微波催陈黑米酒时温度不宜过高。过高的温度对黑米酒有加热的功能,因此应避免过高的微波温度影响黑米酒的风味。

2.3.2 颜色变化 由表 5 可知,黑米酒的 L^* 、 a^* 、 b^* 值均发生了不同程度的变化。微波处理温度为 80℃时 ΔE^* 的值较高,说明过高的微波温度对黑米酒的颜色影响较大。结合微波温度对黑米酒中主要活性成分和抗氧化活性的影响可知,微波催陈黑米酒宜采用较低的温度处理较为合适。

由表 6 可得,微波温度与总酚含量、总黄酮含量、总

表 5 微波温度对黑米酒 L^* 、 a^* 、 b^* 的影响

Table 5 Effect of microwave temperature on L^* , a^* , b^* of black rice wine

微波温度/℃	L^*	a^*	b^*	ΔE^*
原酒	35.07±0.12	38.90±0.84	31.26±1.04	0.00
40	35.16±0.39	38.60±0.51	31.97±0.28	0.77
50	33.68±0.13	38.47±0.16	31.11±0.37	1.47
60	33.65±0.27	38.66±0.15	31.13±0.23	1.64
70	33.63±0.18	38.70±0.27	31.14±0.52	1.47
80	33.59±0.10	38.54±0.31	31.10±0.24	2.10

表 6 不同微波处理温度黑米酒活性物质与 L^* 、 a^* 、 b^* 的相关性[†]

Table 6 Correlation between active substances of black rice wine and L^* , a^* , b^*

指标	总酚含量	总黄酮含量	总花青素含量	L^*	a^*	b^*
微波温度	-0.972*	-0.996**	-0.994**	-0.740	0.189	-0.711
总酚含量		0.969*	0.978*	0.850	0.543	0.454
总黄酮含量			0.972*	0.813	0.449	0.474
总花青素含量				0.821	0.638	0.377
L^*					0.514	0.775
a^*						0.010

[†] * 具有显著性差异, $P < 0.05$; ** 具有极显著差异, $P < 0.01$ 。

花青素含量之间有明显相关性,系数分别为 -0.972 , -0.996 , -0.994 ;总酚含量与总黄酮含量、总花青素含量也明显相关(0.969 , 0.978);总黄酮含量与总花青素含量明显相关(0.972)。

2.3.3 抗氧化活性变化 由图6可知,随着微波温度的增加,黑米酒对DPPH $\cdot$ 、 $O_2^{\cdot-}$ 、 $\cdot$ OH和抗脂质过氧化能力呈逐渐减弱的趋势。与未处理黑米酒(DPPH $\cdot$ 清除活性为50.93%)酒样相比,微波温度为80℃的酒样DPPH $\cdot$ 清除活性最弱,为30.24%。与未处理黑米酒($O_2^{\cdot-}$ 清除活性为61.52%)酒样相比,微波温度40℃增加到80℃的酒样 $O_2^{\cdot-}$ 清除活性从54.83%下降到40.78%。与未处理黑米酒($\cdot$ OH清除活性为54.10%)酒样相比,微波温度为40,50,60,70,80℃时对 $\cdot$ OH清除活性分别为49.68%,37.15%,31.65%,26.10%,18.34%,下降幅度为66.09%。与未处理黑米酒(抗脂质过氧化能力为48.50%)酒样相比,微波温度从40℃增加到80℃的酒样抗脂质过氧化能力从45.18%下降到29.97%,下降幅度为33.67%。总体而言,不同微波时间处理的酒样抗氧化活性变化与总酚、总黄酮和总花青素的含量变化存在一致性,说明微波可能是通过影响黑米酒中活性成分的含量进而影响清除DPPH $\cdot$ 、 $O_2^{\cdot-}$ 、 $\cdot$ OH能力和抗脂质过氧化能力。

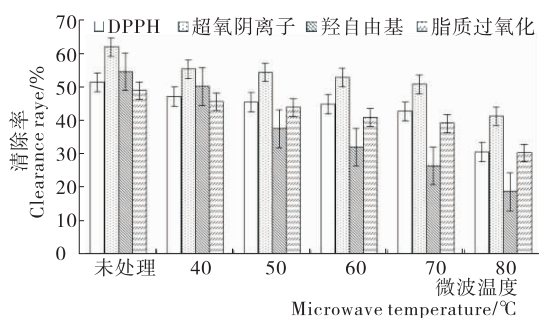


图6 微波温度对清除DPPH自由基、超氧阴离子、羟自由基和抗脂质过氧化能力的影响

Figure 6 Effect of microwave temperature on DPPH radical, superoxide anion, hydroxyl radical scavenging capacity and anti-lipid peroxidation inhibition capacity

3 结论

通过试验可知,不同微波功率、微波温度、微波时间处理后,黑米酒中总酚含量、总黄酮含量、总花青素含量以及黑米酒的抗氧化活性随着微波功率的增大、温度的升高、时间的延长均有不同程度的下降,且对黑米酒的亮度、红色及黄色等颜色特性值也有不同程度的影响,但总体影响不大。主要原因是微波产生的高频振荡使黑米酒中分子的运动更加复杂,化学变化也更加明显。对于黑

米酒的抗氧化能力而言,其变化趋势与主要活性成分含量存在高度相关性,黑米酒中总酚含量、总黄酮含量、总花青素含量和抗氧化活性的变化与陈酿过程中变化大致相同,说明微波处理可以有效地催陈黑米酒,但微波处理对于黑米酒中其他物质的影响和具体处理参数还需进一步试验研究。

参考文献

- [1] 马萍,郭希娟,郭增旺. 黑米黑色素微波辅助提取工艺优化[J]. 食品与机械, 2014, 30(5): 229-231.
- [2] 王越涛,尹海庆,王生轩,等. 黑色稻米的营养保健价值及开发应用前景[J]. 中国稻米, 2005(2): 39-40.
- [3] 周宝龙,吴三桥,江海,等. 陕西朱鹮黑米酒氨基酸成份分析[J]. 氨基酸和生物资源, 2009, 31(1): 79-80, 83.
- [4] 郑向华,叶宁,程朝平,等. 黑米酒的营养保健功效[J]. 福建稻麦科技, 2014, 32(4): 88-94.
- [5] WANG Yu-tang, LIU Yuan-yuan, XIAO Chun-xia, et al. Simultaneous determination of 15 phenolic constituents of Chinese black rice wine by HPLC-MS/MS with SPE[J]. Journal of Food Science, 2014, 79(6): 1 100-1 105.
- [6] 刘长姣,于徊萍,孟宪梅. 黑米色素成分和提取工艺研究进展[J]. 中国食品添加剂, 2015(11): 141-145.
- [7] 张苗苗,曹国珍,缪建顺,等. 物理方法在酿造酒催陈中的研究进展[J]. 食品工业科技, 2015, 36(12): 395-399.
- [8] 战吉成,马婷婷,黄卫东,等. 葡萄酒人工催陈技术研究进展[J]. 农业机械学报, 2016, 47(3): 186-199.
- [9] 桑亚新,李彩,周国红,等. 人工催陈技术对白酒的影响[J]. 食品工业, 2013, 34(2): 107-109.
- [10] 张媛渊,王如福,郎繁繁,等. 超声波催陈新醋的工艺研究[J]. 中国酿造, 2018, 37(12): 46-51.
- [11] 张清安,史芳芳,王袭,等. 超声波处理对黑米酒中酚类物质颜色及抗氧化性的影响[J]. 食品与机械, 2016, 32(12): 1-6.
- [12] CHEMAT Farid, CRAVOTTO Giancarlo. Microwave-assisted extraction for bioactive compounds[M]. New York: Food Engineering, 2013: 53-68.
- [13] JOSHUA Godshaw, HELENE Hopfer, JENNY Nelson, et al. Comparison of dilution, filtration, and microwave digestion sample pretreatments in elemental profiling of wine by ICP-MS[J]. Molecules, 2017, 22(10): 1 609.
- [14] 谢炎福. 三种不同催陈方法对西瓜酒的影响[J]. 中国酿造, 2014, 33(1): 109-113.
- [15] 胡诗琪,栾东磊,樊玉霞,等. 白酒微波催陈及其工艺优化[J]. 食品与机械, 2019, 35(3): 189-194.
- [16] 江京,王武,常鹏. 微波催陈黄酒的研究[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(23): 14 374-14 376.
- [17] 李聪,霍兴荣,郑先哲,等. 微波催陈条件对干红葡萄酒颜色和pH的影响[J]. 东北农业大学学报, 2010, 41(1): 124-129.

(下转第215页)

特色酵子的发酵特性及对馒头品质的影响

Fermentation characteristics of local stater Jiaozi and its influence on the quality of steamed bread

王雯斐¹ 路源² 汪雅馨³

WANG Wen-fei¹ LU yuan² WANG Ya-xin³

于吉斌⁴ 孙俊良¹ 师玉忠¹

YU Ji-bin⁴ SUN Jun-liang¹ SHI Yu-zhong¹

(1. 河南科技学院食品学院, 河南 新乡 453003; 2. 河南科技学院新科学院, 河南 新乡 453003;

3. 漯河食品职业学院, 河南 漯河 462000; 4. 新乡富元食品有限公司, 河南 新乡 453300)

(1. Food College of Henan University of Science and Technology, Xinxiang, Henan 453003, China;

2. Xinke College, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang, Henan 453003, China;

3. Luohe Vocational College of Food, Luohe, Henan 462000, China; 4. Xinxiang Fuyuan Food

Co., Ltd., Xinxiang, Henan 453300, China)

摘要:以河南商丘(1#)、南阳(2#)、新乡(3#)3个地区的特色酵子为研究对象,通过测定酵子的发酵力、面筋指数、淀粉酶活力、pH值与可滴定酸度,并对其制作馒头的比容、白度、质构进行比较分析。结果表明:来自新乡的3#酵子的发酵力、淀粉酶活力及产酸量都明显优于其他两种酵子,其制作的馒头具有较大的比容,质构特性优于其他两种酵子馒头。说明来自新乡的3#酵子更适合应用于馒头生产。

关键词:特色酵子;发酵特性;馒头;质构分析

Abstract: Taking the local starter Jiaozi of shangqiu (1#), nanyang (2#) and xinxiang (3#) in Henan province as the research objects, the fermentation power, gluten index, amylase activity, pH value and titratable acidity of Jiaozi were determined, and the specific volume, whiteness and texture of the steamed bread were compared and analyzed. The results showed that 3# Jiaozi from Xinxiang was superior to the other two Jiaozi in fermentation capacity, amylase activity and acid production, and the steamed bread made by 3# Jiaozi had larger specific volume and better texture characteristics than the other two Jiaozi steamed bread. Therefore, 3# Jiaozi from Xinxiang could be more suitable for the production of steamed bread.

Keywords: characteristic Jiaozi; fermentation characteristics; steamed bread; texture analysis

中国传统面食发酵剂制作历史悠久,品种众多。作为重要发酵剂之一的酵子,是一种多菌种混合发酵剂^[1],其发酵时间长,能改善面团的流变特性,使面团组织结构更细腻,且发酵过程中会发生复杂的化学反应如糖化、酯化等,从而产生各种风味物质^[2-3]。此外,酵子还具有调节人体生理功能和提高产品营养价值等优点^[4]。目前,对传统酵子的研究较多,但有关不同地区特色酵子的发酵特性及其对馒头质构的研究较少。苏东民等^[5]研究发现,不同菌种在发酵过程中的产酸量和可溶性糖含量不同。陈军丽等^[6]以传统酵子为试验材料,发现添加浓度为 10^{-10} 乳酸菌的酵子发酵力最强,而添加浓度梯度为 10^{-9} 乳酸菌的酵子酯化力最强。由于地域气候条件和制作方法的不同,各地制作的土麩中微生物体系也存在差异,制作出的酵子品质有所不同。

试验拟收集河南3个不同地区的酵子作为试验材料,通过测定酵子的发酵力、面筋指数、淀粉酶活力、pH值及可滴定酸度,并对其制作的馒头比容、白度、质构进行比较分析,探究不同地区特色酵子的发酵特性及对馒头质构的影响,以期对馒头生产中的应用提供理论支撑。

1 材料与方法

1.1 原材料采集

试验所用酵子采集于中国以馒头为主食的河南地

基金项目:河南省产学研合作项目(编号:182107000018)

作者简介:王雯斐,女,河南科技学院在读硕士研究生。

通信作者:师玉忠(1965—),男,河南科技学院副教授,博士。

E-mail: syz6511@126.com

收稿日期:2019-12-11