

芝麻组分对芝麻酱贮藏稳定性的影响

宋国辉, 芦鑫, 孙强, 张丽霞, 黄纪念*, 曹世娜
(河南省农业科学院农副产品加工研究中心, 河南省农产品
生物活性物质工程技术研发中心, 河南郑州 450006)

摘要:研究芝麻主要组分对芝麻酱的贮藏稳定性的影响,进而建立芝麻酱加工适宜性评价模型。以来自河南、安徽和湖北三个芝麻主产区较大规模种植的10个芝麻品种为研究对象,采用相关性分析,重点考察不同芝麻组分与贮藏稳定性指标的影响规律。结果表明:灰分、粗脂肪含量与离心析油率、沉降析油率呈较强的正相关,不利于芝麻酱体的稳定,而可溶性糖、粗蛋白含量与离心析油率、沉降析油率呈负相关,有利于芝麻酱体的稳定。根据各组分与芝麻酱贮藏稳定性的相关性大小,建立了基于芝麻组分含量的芝麻酱加工适宜性的评分模型,计算出适宜加工芝麻酱排名前三的芝麻品种依次为:鄂芝4号、郑太芝13号、皖芝3号。

关键词:芝麻,组分,芝麻酱,贮藏稳定性

Effect of sesame components on sesame paste storage stability

SONG Guo-hui, LU Xin, SUN Qiang, ZHANG Li-xia, HUANG Ji-nian*, CAO Shi-na

(Research Center of Agricultural and Sideline Products Processing, Henan Engineering Research Centre of Bioactive Substances in Agricultural Products, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450006, China)

Abstract: Effect of sesame main components on sesame paste storage stability was researched and the suitability evaluation model of sesame paste processing was established. Ten varieties of sesame were used as the research objects which collected from Henan, Anhui, Hubei province. Correlation analysis was used to investigate of the interrelation among the various components and the storage stability indexes. Results showed that the ash content and crude fat content were positively correlated with the centrifugal oil rate and sedimentation rate, which had a negative effect on the stability of sesame paste. The content of soluble sugar and crude protein had a negative correlation with the centrifugal oil rate and sedimentation oil rate, which had a positive effect on the stability of sesame paste. According to the degree of correlation between the components content and the sesame paste storage stability, there was established the sesame processing suitability evaluation model of sesame main components content. Furthermore, proper processing of sesame top three sesame varieties was calculated as follows: Ezhi No.4, Zheng Taizhi No.13, Wanzhi No.3.

Key words: sesame; components; sesame pastes; storage stability

中图分类号: TS201.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2017)18-0025-06

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2017.18.005

芝麻(*Sesamum indicum*),又称为胡麻、脂麻、油麻,一年生草本植物,既可以食用,又可以作为油料,是世界上最古老的油料作物之一。芝麻在我国已经有2000多年的栽培历史,是我国重要的油料作物之一。芝麻营养丰富,脂肪含量达50%以上,其脂肪中油酸和亚油酸占85%,蛋白质含量20%左右,且富含芝麻木脂素和维生素E等抗氧化及生理活性物质^[1-2]。当前对芝麻功能性的研究主要集中于芝麻中木脂素的生理活性,发现它具有抗氧化^[3]、抗菌^[4]、调节血脂、稳定血压^[5]、保护肝功能^[6]及抑制肿瘤^[7]等多种药理作用。

芝麻酱是一种具有丰富营养价值的调味食品,在我国的华北、东北、华中等地区,深受广大消费者青睐^[8-9]。然而,目前芝麻酱在市场流通过程中稳定性较差,放置一个月后就会有浮油析出,放置时间越长,浮油越多。芝麻酱的浮油现象,不仅导致感官品质下降,还伴随下层酱体板结变硬,严重影响芝麻酱的商品价值^[10-11]。使芝麻酱保持较高的稳定性,减缓或防止芝麻酱浮油析出,是目前芝麻酱生产中亟需解决的关键难题。开展芝麻酱加工原料适宜性评价研究,优选符合要求的原料,是解决芝麻酱浮油问题的关键着手点之一。在原料品质与加工特性的研究

收稿日期: 2017-02-07

作者简介: 宋国辉(1980-),男,硕士,副研究员,研究方向:油料资源精深加工及其活性物质开发, E-mail: sigehe@126.com。

* 通讯作者: 黄纪念(1971-),男,博士,研究员,研究方向:农产品精深加工与功能食品开发, E-mail: hjinian@sina.com。

基金项目: 2016年度河南省农业科学院自主创新基金项目(2016ZC67)。

和应用方面,目前国内外在小麦蛋白含量与加工品质方面^[12-15]、大豆豆浆专用品种筛选^[16-17]、玉米品质育种^[18-19]、油用花生与花生酱品质评价模型的建立^[20-21]等方面都有比较深入的研究和应用报道,而关于芝麻加工特性与原料品质方面的相关研究尚未见报道。

综上,本文从芝麻主要组分与芝麻酱贮藏稳定性这一加工特性的相关性研究入手,探究芝麻组分对芝麻酱的影响关系,进而建立基于芝麻组分含量的芝麻酱加工适宜性评价模型,以期为宜芝麻酱加工的品种选育和原料优选提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

10个品种芝麻 鄂芝4号、鄂芝6号、鄂芝8号(湖北省襄阳市农业科学院提供);皖芝1、皖芝3、皖芝6(安徽省农业科学院提供),郑芝13、郑太芝1、豫芝11、98N09(河南省农业科学院芝麻研究中心提供)。

K-05型自动定氮仪 上海晟声自动化分析仪器有限公司;TM型陶瓷纤维马弗炉 北京盈安美诚科学仪器有限公司;RE-3000型旋转蒸发器 上海亚荣生化仪器厂;SOX406型脂肪测定仪 济南海能仪器有限公司;JM-L80型胶体磨 浙江省温州市龙湾华威机械厂;LD5-1型低温离心机 长沙平凡仪器仪表有限公司;DFY-1000型摇摆式高速万能粉碎机 浙江省温岭市林大机械有限公司;TN16手持红外测温仪测温范围 江苏省无锡辰光隆兴工控仪器有限公司;实验型导热油平底炒锅 河南省农业科学院农副产品加工研究中心与河南亚临界萃取有限公司联合制造。

1.2 实验方法

1.2.1 芝麻中主要组分测定 水分含量测定参照GB 20262-2006^[22];粗蛋白含量测定参照GB 50095-2010^[23];粗脂肪含量测定参照GB/T 14772-2008^[24];灰分含量测定参照GB 20262-2006^[25]。

可溶性糖含量测定,参考文献[26]的方法,标准曲线为 $y = 6.117x + 0.006$ ($R^2 = 0.999$), x 为可溶性糖浓度 mg/mL , y 为吸光度。待测样品的制备及处理步骤如下:准确称取1.000 g脱脂芝麻粕,加入40 mL蒸馏水,摇匀后加入10 mL乙酸锌溶液和10 mL亚铁氰化钾溶液,剧烈振荡混匀,超声辅助20 min,取出后加水定容至100 mL,过滤后得到上清液,即为待测液(1)。

测定前将待测液(1)稀释6.25倍,准确量取1 mL该稀释液于试管中,按照标准曲线的绘制方法,测出吸光度,代入标准曲线方程,计算出可溶性糖浓度。同时用蒸馏水做空白。

可溶性糖的计算见式(1):

$$W = C \times f \times V / m \quad \text{式(1)}$$

式中, W :芝麻脱脂粕中可溶性糖(以葡萄糖计)的含量, mg/g ; C :由标准曲线计算出的可溶性糖浓度, mg/mL ; f :稀释倍数; V :样品定容体积, mL ; m :称样质量, g 。

1.2.2 芝麻酱制取 根据芝麻酱传统工艺进行改

进,采用平底导热油炒锅炒制芝麻,设定温度为 $230\text{ }^\circ\text{C}$,待达到设定温度后,加入芝麻1000 g并保持搅拌,红外测温仪测定芝麻温度达 $150\text{ }^\circ\text{C}$ 出料,经降温至 $110\text{ }^\circ\text{C}$ 后,采用胶体磨循环磨酱2次,即得芝麻酱。

1.2.3 芝麻酱沉降析油率的测定 参考文献[27]乳化层的测定方法,进行改进。取约400 g芝麻酱于细高刻度瓶中,室温放置,每隔30 d测量析油层高度,公式(2)为芝麻酱沉降析油率的计算公式。

$$\eta_s(\%) = \frac{H_1}{H} \times 100 \quad \text{式(2)}$$

式中, η_s 为沉降析油率,%; H_1 为析油层的高度, mm ; H 为芝麻酱总高度, mm 。

1.2.4 离心析油率的测定 芝麻酱放置一段时间后的析油程度是芝麻酱的贮藏稳定性的判定标准,用沉降析油率进行准确表征。但该指标的测定需要放置较长时间,周期以月计,不利于对芝麻酱稳定性的考察和工艺改进。离心沉淀法是测定饮料稳定性常用的快速表征方法^[27-29],用离心沉淀率作为指标,离心沉淀率越低,饮料的稳定性越强。本研究借鉴饮料稳定性的快速表征方法,采用离心处理,快速地将芝麻酱中的液相与固相分离,测定离心析油率,考察离心析油率作为芝麻酱稳定性的快速表征指标的可行性。

参考文献[27]中乳化层的测定方法,进行改进。取30 g芝麻酱于50 mL离心管中,10000 r/min离心15 min后,取上层浮油称重,离心析油率计算见式(3)。

$$\eta_c(\%) = \frac{m_1}{30} \times 100 \quad \text{式(3)}$$

式中, η_c 为离心析油率,%; m_1 上层浮油质量, g ;30为芝麻酱总质量, g 。

1.2.5 芝麻酱加工适宜性评价模型的建立 根据芝麻组分与芝麻酱贮藏稳定性的相关性分析结果,结合营养品质指标,确定用于建立芝麻酱加工适宜性评分模型的组分,并根据相关性程度,赋以适宜的权重,采用计算式(4)进行评分:

$$Y_s = \sum A_i [100(X_{is} - X_{\min i}) / D_i] \quad \text{式(4)}$$

式中, Y_s 为品种加工适宜性得分, A 为组分指标的计算权重, X_{is} 为对应样品及指标的数值, i 为组分指标的编号, $X_{\min i}$ 为对应组分含量的最小值, D 为对应组分含量的极差($X_{\max} - X_{\min}$), s 为芝麻品种编号。

1.3 数据处理

无特殊说明,所有实验平行测定3次。采用SAS

8.1软件对数据进行ANOVA分析和相关性分析。

2 结果与分析

2.1 不同品种芝麻中主要组分的测定及相关性分析

10个不同芝麻品种主要组分的测定结果见表1,芝麻中水分、灰分、可溶性糖、粗脂肪和粗蛋白的含量范围分别为2.37%~4.29%、4.32%~5.83%、2.55%~3.48%、50.84%~56.01%、17.76%~26.14%。其中鄂芝系列芝麻的灰分和粗脂肪含量相对较低,而粗蛋白含量相对较高。皖芝系列的粗脂肪含量相

表1 不同品种芝麻中主要组分的含量
Table 1 Contents of main components in different sesame cultivars

品种名称	组分含量				
	水分(%)	灰分(%)	可溶性糖(%)	粗脂肪(%)	粗蛋白(%)
鄂芝4号	4.25 ± 0.45 ^a	4.32 ± 0.20 ^a	3.40 ± 0.02 ^a	50.84 ± 0.06 ^c	26.14 ± 0.14 ^a
鄂芝6号	4.19 ± 0.49 ^a	4.56 ± 0.06 ^a	2.75 ± 0.02 ^c	52.06 ± 0.50 ^d	24.86 ± 1.00 ^b
鄂芝8号	4.19 ± 0.40 ^a	4.61 ± 0.02 ^a	2.96 ± 0.04 ^d	53.22 ± 0.22 ^c	22.61 ± 0.20 ^c
皖芝1号	4.04 ± 0.50 ^a	5.18 ± 0.30 ^b	2.55 ± 0.03 ^f	56.01 ± 0.40 ^a	17.76 ± 1.00 ^c
皖芝3号	2.37 ± 0.30 ^b	4.93 ± 0.03 ^b	3.26 ± 0.02 ^b	55.06 ± 0.60 ^b	19.28 ± 0.10 ^d
皖芝6号	3.88 ± 0.40 ^a	5.83 ± 0.30 ^c	2.88 ± 0.03 ^d	55.01 ± 0.10 ^b	19.53 ± 0.13 ^d
郑芝13号	3.88 ± 0.35 ^a	5.21 ± 0.21 ^b	3.48 ± 0.20 ^a	54.65 ± 0.65 ^b	18.91 ± 0.41 ^d
郑太芝1号	4.29 ± 0.40 ^a	4.99 ± 0.09 ^b	3.11 ± 0.05 ^c	53.19 ± 0.50 ^c	23.45 ± 0.45 ^c
豫芝11号	3.86 ± 0.45 ^a	5.79 ± 0.21 ^a	3.18 ± 0.01 ^b ^c	53.27 ± 0.50 ^c	19.70 ± 0.20 ^d
98N09	4.11 ± 0.30 ^a	5.04 ± 0.08 ^b	2.71 ± 0.02 ^c	53.41 ± 0.41 ^c	22.82 ± 0.20 ^c

注:表中同列不同小写字母表示差异显著($p < 0.05$),表4同。

对较高,粗蛋白含量相对较低。对不同品种芝麻主要组分的方差分析见表2,结果表明芝麻品种之间水分、灰分、可溶性糖、粗脂肪和粗蛋白的5个指标的含量均具有显著性差异($p < 0.01$)。

表2 芝麻品种主要组分的方差分析
Table 2 Variance analysis of cultivars of main components in sesame

组分	自由度	均方	F值	显著性
水分	9	0.950	5.662	**
灰分	9	0.728	22.212	**
可溶性糖	9	0.287	60.207	**
粗脂肪	9	7.142	37.146	**
粗蛋白	9	24.114	95.044	**

注:*表示在0.05水平显著,**表示在0.01水平显著;表5同。

不同品种芝麻各组分之间的相关性分析见表3,其中粗脂肪与灰分之间呈较强的正相关性,灰分与粗蛋白之间呈现极强的负相关性,粗脂肪与粗蛋白含量呈极强的负相关,其余组分之间无相关性。这种相关性规律对芝麻品种的选育或栽培具有一定的指导意义,如种植或筛选高蛋白的芝麻品种可选择低矿物质含量土壤,筛选高含油芝麻品种可选择高矿物质含量土壤。

2.2 不同品种芝麻加工芝麻酱的贮藏稳定的测定及相关性分析

表4为不同芝麻品种所制取芝麻酱的离心析油

表3 不同芝麻品种组分间的相关性分析

Table 3 Correlation analysis of main components in sesame

指标	编码	x ₁ 水分(%)	x ₂ 灰分(%)	x ₃ 可溶性糖(%)	x ₄ 粗脂肪(%)	x ₅ 粗蛋白(%)
水分(%)	x ₁	1.0000				
灰分(%)	x ₂	-0.1592	1.0000			
可溶性糖(%)	x ₃	-0.2805	-0.0933	1.0000		
粗脂肪(%)	x ₄	-0.4683	0.6035*	-0.2664	1.0000	
粗蛋白(%)	x ₅	0.4871	-0.7285**	0.0731	-0.9300**	1.0000

注:相关系数 < 0.5 无相关性,* :相关系数在 0.5~0.7 之间表示较强相关,** :相关系数大于 0.7 表示极强相关,“-”表示负相关,表6、表7同。

率和存放 30、60、90 d 的沉降析油率的测定结果。鄂芝系列品种所制的芝麻酱无论是离心析油率还是自然沉降的析油率都相对较低,皖芝系列和河南地区系列品种所制的芝麻酱的析油率都相对较高。同一品种的沉降析油率随着静置时间的增加呈增加趋势。表5为芝麻酱离心沉淀和静置沉降的析油率等指标的方差分析结果。结果表明芝麻品种之间离心析油率、乳化层比重、静置 30 d、静置 60 d 和静置 90 d 的沉降析油率 5 个指标均具有显著性差异($p < 0.01$)。

表5 离心析油率和静置沉降析油率方差分析
Table 5 Variance analysis of cultivars of centrifugal oil rate and sedimentation oil rate

	指标	自由度	均方	F值	显著性
离心沉淀	析油率	9	32.707	2622.820	**
	乳化层比重	9	15.698	18.086	**
静置沉降	析油率(30 d)	9	0.925	25.630	**
	析油率(60 d)	9	4.127	20.884	**
	析油率(90 d)	9	5.143	38.964	**

表6为不同稳定性表征指标间的相关性分析结果。离心析油率与乳化层比重呈较强负相关,与静置 30 d 的沉降析油率呈极强正相关,与静置 90 d 的沉降析油率呈较强正相关,可见用离心析油率可以作为静置 30 d 和 90 d 贮藏稳定性的快速表征指标。乳化层比重与不同时间的静置沉降析油率之间无相关性。静置 30 d 和静置 60 d 的沉降析油率都与静置 90 d 的沉降析油率呈较强的正相关。

表4 不同品种芝麻制取芝麻酱离心析油率和静置析油率

Table 4 Centrifugal oil rate and sedimentation oil rate of sesame pastes in different sesame cultivars

品种名称	离心沉淀		静置沉降		
	析油率(%)	乳化层比重(%)	30 d 析油率(%)	60 d 析油率(%)	90 d 析油率(%)
鄂芝4号	5.02 ± 0.10 ^f	26.11 ± 1.04 ^a	1.52 ± 0.22 ^c	4.55 ± 0.55 ^{bc}	4.55 ± 0.35 ^e
鄂芝6号	6.27 ± 0.07 ^e	23.76 ± 0.76 ^b	1.79 ± 0.19 ^c	4.55 ± 0.40 ^{bc}	5.30 ± 0.30 ^d
鄂芝8号	5.02 ± 0.12 ^f	26.07 ± 1.07 ^a	2.27 ± 0.27 ^b	5.30 ± 0.40 ^{ab}	6.06 ± 0.16 ^c
皖芝1号	12.52 ± 0.22 ^b	25.44 ± 0.90 ^a	3.03 ± 0.23 ^a	6.06 ± 0.36 ^a	8.33 ± 0.33 ^a
皖芝3号	11.91 ± 0.11 ^c	21.95 ± 0.95 ^c	2.27 ± 0.20 ^b	3.03 ± 0.50 ^d	4.55 ± 0.45 ^e
皖芝6号	13.17 ± 0.07 ^a	22.74 ± 0.74 ^{bc}	3.03 ± 0.18 ^a	6.06 ± 0.40 ^a	6.06 ± 0.46 ^c
郑芝13号	10.66 ± 0.06 ^d	21.39 ± 1.09 ^{cd}	2.27 ± 0.17 ^b	3.03 ± 0.40 ^d	5.30 ± 0.39 ^d
郑太芝1号	10.66 ± 0.10 ^d	20.13 ± 0.97 ^d	3.03 ± 0.13 ^a	3.79 ± 0.49 ^{cd}	6.06 ± 0.28 ^c
豫芝11号	11.91 ± 0.08 ^c	21.65 ± 0.65 ^{cd}	2.27 ± 0.15 ^b	4.55 ± 0.45 ^{bc}	7.58 ± 0.28 ^b
98N09	13.17 ± 0.10 ^a	20.23 ± 1.03 ^d	3.03 ± 0.10 ^a	6.06 ± 0.46 ^a	7.58 ± 0.50 ^b

表6 离心析油率与静置沉降析油率之间的相关性分析

Table 6 Correlation analysis of centrifugal oil rate and sedimentation oil rate

指标	编码	y ₁ 离心析油	y ₂ 乳化层	y ₃ 静置(30 d)	y ₄ 静置(60 d)	y ₅ 静置(90 d)
离心析油	y ₁	1.0000				
乳化层	y ₂	-0.6560 *	1.0000			
静置(30 d)	y ₃	0.7698 **	-0.4575	1.0000		
静置(60 d)	y ₄	0.1489	0.3195	0.4430	1.0000	
静置(90 d)	y ₅	0.5240 *	-0.116	0.6476 *	0.6554 *	1.0000

表7 芝麻主要组分含量与芝麻酱析油率相关性分析

Table 7 Correlation analysis of main components and oil rate

指标	编码	y ₁ 离心析油	y ₂ 乳化层	y ₃ 静置(30 d)	y ₄ 静置(60 d)	y ₅ 静置(90 d)
水分含量	x ₁	-0.3630	0.2193	0.0479	0.4658	0.3240
灰分含量	x ₂	0.7977 **	-0.4746	0.5803 *	0.1961	0.5069 *
可溶性糖含量	x ₃	-0.2257	-0.1449	-0.5183 *	-0.7903 **	-0.6539 *
粗脂肪含量	x ₄	0.7389 **	-0.2029	0.6647 *	0.0974	0.3828
粗蛋白含量	x ₅	-0.7211 **	0.1963	-0.4910	0.0008	-0.4030

2.3 芝麻组分对芝麻酱稳定性的影响

表7为芝麻主要组分与芝麻酱稳定考察指标的相关性分析表。结果表明灰分与离心析油率呈极强的正相关,与静置30 d、静置90 d的沉降析油率呈较强的正相关。可溶性糖与静置30、90 d的沉降析油率呈较强的负相关,与静置60 d的沉降析油率呈极强的负相关。粗脂肪与离心析油率呈极强的正相关,与静置30 d的析油率呈较强正相关。粗蛋白含量与离心析油率呈极强的负相关。析油率越高,芝麻酱稳定性越差,可见芝麻主要组分中,灰分与脂肪对芝麻酱贮藏稳定性呈负作用,可溶性糖与粗蛋白则对芝麻酱的贮藏稳定性起积极作用。

芝麻酱是一种由固相和液相组成的多相热力学不稳定体系^[30]。其稳定性受体系的粒径、液固比例、各组分的相容性等因素的影响^[31]。原料组分对芝麻酱稳定性的不同影响则可能与这些物质自身的物化特性有关。在芝麻酱体系中,蛋白、灰分、碳水化合物等则是以固态的形式悬浮在脂类物质中。灰分与脂肪对芝麻酱贮藏稳定性呈负作用,可能与灰分与粗脂肪的极性相斥有关。液态的脂类属于弱极性成分,固相中的灰分则属于强极性成分,这两者极性相

斥,对芝麻酱体系的稳定性起不利影响。粗蛋白则对芝麻酱的贮藏稳定性起积极作用,可能与蛋白含有亲水和亲油基团,具有亲水/亲油的特性,对体系中的极性和非极性成分共存起调和作用有关。可溶性糖对芝麻酱体系的稳定起积极作用,初步分析可能是:可溶性糖可作为糖类的一种指示指标,其含量越高,表明体系中低聚糖、淀粉等碳水化合物的含量也越高。而碳水化合物具有较强的吸附作用,可吸附油脂阻止其外溢,相当于起到稳定剂的作用。这几种主要物质组成的芝麻酱胶体存在一种动态的平衡比例。当油脂组分和灰分含量高于平衡比例,则不利于体系的稳定,蛋白与糖类含量等促进体系稳定的物质的含量提高,则会促进芝麻酱体系的稳定。

2.4 芝麻酱的加工适宜性评价模型的建立

对芝麻酱贮藏稳定性进行评价,最直接、准确的方法是将不同品种芝麻加工成芝麻酱,长期存放,通过析油程度进行判定,但需要的周期长达几个月,不利于科研与开发工作的应用。通过芝麻组分与芝麻酱贮藏稳定性各指标的相关性分析可知,灰分、可溶性糖的含量与芝麻酱长期贮藏(90 d)的稳定性具有较强的相关性,因此,选取这两个芝麻组分的含量作

为芝麻酱稳定性的评价指标。粗蛋白和粗脂肪与贮藏 90 d 的析油率无相关性,作为芝麻酱的营养品质指标。综合各指标对芝麻酱贮藏稳定性的贡献度、不同品种间的差异性,赋予各指标适宜的权重,结合计算式(4),建立兼具贮藏稳定性和营养品质的评分模型。

计算式中各关键参数的取值见表 8。D 值取值根据组分含量与芝麻酱稳定性的关系进行修正,其中灰分含量数值高稳定性差,因此 D 值取 $-(X_{\max} - X_{\min})$ 。根据评分模型,具有低灰分、高可溶性糖、高蛋白、高脂肪特征芝麻得分高,适宜芝麻酱加工。根据计算出的得分高低,作为芝麻酱加工适宜性的评价依据。

表 8 芝麻酱稳定性评价模型相关指标及关键取值

Table 8 Related index and its key dates of sesame paste stability evaluation model

	灰分	可溶性糖	粗脂肪	蛋白质
X_{\min}	4.32	2.55	50.84	17.76
$D(X_{\max} - X_{\min})$	-1.51	0.93	5.17	8.38
A(权重)	0.3	0.4	0.1	0.2
i	1	2	3	4

采用上述确定的评分模型,对 10 个品种芝麻酱的加工品质进行了评分,结果见表 9。综合加工芝麻酱的贮藏稳定性和营养品质,受试样品的评分值与测定的贮藏 90 d 的沉降析油率的结果基本一致,且兼具了营养品质的评价,所建模型具有较高的可靠性。其中适宜加工芝麻酱排名前三的芝麻品种依次为:鄂芝 4 号、郑太芝 13 号、皖芝 3 号。

表 9 芝麻品种芝麻酱加工适宜性评分

Table 9 Sesame paste processing suitability score of sesame cultivars

品种	编号(s)	得分	测定静置 90 d 的 沉降析油率	排名
鄂芝 4 号	1	56.56	4.55	1
鄂芝 6 号	2	23.14	5.3	6
鄂芝 8 号	3	28.05	6.06	5
皖芝 1 号	4	-7.09	8.33	10
皖芝 3 号	5	30.21	4.55	3
皖芝 6 号	6	-3.52	6.06	9
郑芝 13 号	7	32.43	5.3	2
郑太芝 1 号	8	28.90	6.06	4
豫芝 11 号	9	7.22	7.58	8
98N09	10	9.62	7.58	7

3 结论

探明了芝麻组分之间的影响规律以及芝麻组分对芝麻酱贮藏稳定性的影响规律,并利用这些规律,建立了兼具芝麻酱贮藏稳定性和营养品质的加工适宜性评分模型。虽然受限于芝麻品种数量的收集,建立的芝麻酱加工适宜性的评分模型需要更多样本的检验。但建立的评分模型具有开放性和包容性,在固定评判指标为灰分、可溶性糖、粗脂肪、粗蛋白

的含量以及对应的权重的前提下,随着样本数量的增加,与计算结果有关的 D 值、 X_{\min} 等数值可以不断地动态调整,进而可以使评价模型不断优化。该评价模型不仅可以用来对芝麻品种进行评价,为芝麻品种选育提供参考,同时也可以用于芝麻酱加工企业原料评级和优选,为提高芝麻酱加工产品的品质和稳定性提供保障。

参考文献

- [1] 沈旭丽.芝麻的营养成分及保健价值[J].中国食物与营养,2006(7):51-52.
- [2] 焦宏廷,路风银,孙文喜,等.河南省芝麻发展前景及对策[J].河南农业科学,2006(2):53-54.
- [3] M Nakai, M Harada, K Nakahara, et al. Novel Antioxidative Metabolites in Rat Liver with Ingested Sesamin [J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2003, 51(6):1666-1670.
- [4] 王康,徐英黔,张杨,等.芝麻饼粕中活性物质对食品腐败菌的抑制研究[J].食品研究与开发,2009,30(4):19-21.
- [5] 孔祥,杨解人,郭利群,等.芝麻素对肾性高血压伴高血脂大鼠心肌肥厚的影响[J].中国实验方剂学杂志,2008,14(12):44-47.
- [6] 郭莉群,杨解人,孔祥.芝麻素对代谢综合征性脂肪肝大鼠肝组织 iNOS 和 NT 表达的影响[J].中国病理生理杂志,2010,26(2):337-340.
- [7] H Hibasami, T Fujikawa, H Takeda, et al. Induction of apoptosis by Acanthopanax senticosus HARMS and its component, sesamin in human stomach cancer KATO III cells [J]. Oncology Reports, 2000, 7(6):1213-1216.
- [8] 杨湄,黄凤洪.中国芝麻产业现状与存在问题发展趋势及对策建议[J].中国油脂,2009,34(2):7-12.
- [9] 梁少华,汪学德,魏安池,等.芝麻加工贸易现状及技术需求的调研[J].中国油脂,2009,34(8):10-15.
- [10] Deniz C, Talip K. Colloidal stability and rheological properties of sesame paste [J]. Journal of Food Engineering, 2008(87):428-435.
- [11] 侯利霞,刘玉兰,汪学德,等.芝麻油酱的胶体稳定性及流变学特性[C].中国粮油学会油脂分会第二十一届学术年会暨中国食用油产业发展论坛会议论文集,2012:202-205.
- [12] Dong H, Scars R G, Cox T S, et al. Relationships Between Protein Composition and Mixograp and Loaf Characteristics in Wheat [J]. Cereal Chem, 1992, 69(2):132-136.
- [13] 黑龙江省农科院农产品质量安全研究所.小麦品种品质分类:GB/T 17320-2013 [S].北京:中国标准出版社,2013:1-12.
- [14] 张国增,郑学玲,钟葵,等.小麦面粉蛋白品质与其加工特性的关系[J].核农学报,2012(7):1012-1017.
- [15] 杨炜,蔺艳君,刘丽娅,等.小麦馒头品质评价方法优化[J].食品科学技术学报,2016,24(2):31-38.
- [16] 滕卫丽.中国专用大豆品种培育研究进展[J].大豆科技,2013(5):5-11.
- [17] 王德亮,蒋红鑫,王继亮,等.豆浆用大豆品种的筛选[J].大豆科技,2013(5):25-30.

(下转第 35 页)

- [5] 纪丽丽, 王浩, 李瑞伟, 等. 奥尼和吉富罗非鱼营养成分研究[J]. 食品研究与开发, 2009, 29(12): 129-132.
- [6] 段振华. 水产品干燥技术研究[J]. 食品研究与开发, 2012, 33(5): 213-216.
- [7] 尹凯丹, 刘军, 龚丽, 等. 罗非鱼干燥加工技术的研究进展[J]. 现代农业装备, 2014(6): 50-56.
- [8] 刘兵, 段振华, 于群, 等. 渗透条件对罗非鱼肉渗透-真空微波干燥的影响[J]. 肉类研究, 2016, 30(4): 17-20.
- [9] Koprivica G B, Pezo LL, Ćurčić B L, et al. Optimization of osmotic dehydration of apples in sugar beet molasses[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2014, 38(4): 1705-1715.
- [10] Badwaik L S, Choudhury S, Borah P K, et al. Optimization of osmotic dehydration process of bamboo shoots in mixtures of sucrose and sodium chloride solutions[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2013, 37(6): 1068-1077.
- [11] 王隽冬, 张国琛, 王麓璐, 等. 微波真空干燥技术及其在水产品加工中的应用[J]. 大连水产学院学报, 2009, 24(S1): 202-205.
- [12] Therdthai N, Zhou W B, Pattanapa K. Microwave vacuum drying of osmotically dehydrated mandarin cv. (Sai-Namphaung)[J]. International Journal of Food Science and Technology, 2011, 46(11): 2401-2407.
- [13] Changrue V, Orsat V, Raghavan G S V. Osmotically dehydrated microwave-vacuum drying of strawberries[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2008, 32(5): 798-816.
- [14] Nimmanpipug N, Therdthai N, Dhamvithee P. Characterisation of osmotically dehydrated papaya with further hot air drying and microwave vacuum drying[J]. International Journal of Food Science and Technology, 2013, 48(6): 1193-1200.
- [15] 中华人民共和国卫生部. GB 5009.3-2010 食品中水分的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [16] 李婧怡, 段振华, 刘怡彤. 黄秋葵真空微波干燥特性及其动力学研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(22): 285-289.
- [17] 赵莹婷, 王为为, 庄玮婧, 等. 莲子微波真空干燥特性及动力学模型的研究[J]. 食品工业科技, 2016, 37(18): 111-121.
- [18] Doymaz I. Thin-layer drying of spinach leaves in a convective dryer[J]. Journal of Food Process Engineering, 2009, 32(1): 112-125.
- [19] Kashaninejad M, Mortazavi A, Safekordi A, et al. Thin-layer drying characteristics and modeling of pistachio nuts[J]. Journal of Food Engineering, 2007, 78(1): 98-108.
- [20] Motevali A, Minaei S, Banakar A, et al. Energy analyses and drying kinetics of chamomile leaves in microwave-convective dryer[J]. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 2016, 15(2): 179-187.
- [21] Sharma G P, Verma R C, Pathare P. Mathematical modeling of infrared radiation thin layer drying of onion slices[J]. Journal of Food Engineering, 2005, 71(3): 282-286.
- [22] Pu Y Y, Sun D W. Vis-NIR hyperspectral imaging in visualizing moisture distribution of mango slices during microwave-vacuum drying[J]. Food Chemistry, 2015, 188: 271-278.
- [23] Xu S, Chen Q Q, Bi J F, et al. Infrared radiation and microwave vacuum combined drying kinetics and quality of raspberry[J]. Journal of Food Process Engineering, 2015, 39(4): 1-14.
- [24] 李维新, 魏巍, 何志刚, 等. 糖浆间歇微波真空干燥特性及动力学模型[J]. 农业工程学报, 2012, 28(S1): 262-266.
- [25] 黄婷, 乔庆杰, 张海晖, 等. 萝卜缨微波真空干燥动力学研究[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(36): 13024-13027.
- [26] 段振华, 于晓阳, 汪菊兰, 等. 罗非鱼片的热风微波复合干燥动力学[J]. 食品研究与开发, 2009, 30(12): 37-40.
- [27] 李顺峰, 王安建, 侯传伟, 等. 废弃双孢蘑菇柄微波真空干燥特性及动力学模型[J]. 中国食品学报, 2016, 16(2): 181-188.
- [28] Zhang J, Zhang M, Shan L, et al. Microwave-vacuum heating parameters savory crisp bighead carp (*Hypophthalmichthys nobilis*) slices[J]. Journal of Food Engineering, 2007, 79(3): 885-891.
- [29] Dong Z Z, Gu F L, Xu F, et al. Comparison of four kinds of extraction techniques and kinetics of microwave-assisted extraction of vanillin from *Vanilla planifolia* Andrews[J]. Food Chemistry, 2014, 149(15): 54-61.
- [18] 王敏杰. 玉米品质育种研究进展[J]. 农业科技与装备, 2009(6): 1-3.
- [19] 郭祯祥, 赵仁勇. 干法加工专用玉米的品质研究[J]. 粮食与饲料工业, 2003(2): 5-7.
- [20] 王丽, 刘红芝, 刘丽, 等. 油用花生品质评价模型的建立及其加工适宜性研究[J]. 食品科学技术学报, 2016, 34(1): 21-27.
- [21] 巩阿娜, 刘红芝, 刘丽, 等. 原料特性与花生酱品质间关系模型的建立[J]. 食品科学技术学报, 2016, 34(2): 24-30.
- [22] 卫生部. 食品中水分的测定: GB/T 5009.3-2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [23] 国家质量监督检验检疫总局, 国家标准化管理委员会. 食品中粗脂肪的测定: GB/T 14772-2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [24] 国家质量监督检验检疫总局, 国家标准化管理委员会. 食品中蛋白质的测定: GB/T 5009.5-2003[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [25] 国家质量监督检验检疫总局, 国家标准化管理委员会. 食品中灰分的测定: GB/T 5009.4-2010[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [26] 翁霞, 辛广, 李云霞. 蒽酮比色法测定马铃薯淀粉总糖的条件研究[J]. 食品研究与开发, 2013, 34(17): 86-88.
- [27] 高金龙, 莎丽娜, 格日勒图. 羊皮胶原蛋白乳化性与乳化稳定性的研究[J]. 食品工业科技, 2011, 32(1): 65-67.
- [28] 张薇, 宋春春, 徐玉娟, 等. 米糠蛋白复合乳饮料制备及其乳化稳定性[J]. 乳业科学与技术, 2013, 36(4): 7-10.
- [29] 于泓鹏, 陈运生, 吴克刚, 等. 罗非鱼酶解多肽的乳化性及乳化稳定性研究[J]. 中国食品添加剂, 2015(2): 94-100.
- [30] 毕海燕, 邵悦, 马勇. 乳化剂对芝麻酱稳定性的影响[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(1): 5-8.
- [31] 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.

(上接第 29 页)