

含生鲜辣根芥末酱货架期预测模型的建立

李兆雯^{1,2}, 吴新^{1,2*}, 王志海^{1,2}

(1. 珠海天禾食品有限公司, 广东珠海 519090; 2. 江南大学-天禾食品食品高新技术联合研究中心, 江苏无锡 214122)

摘要 为了预测含生鲜辣根芥末酱的货架期, 研究了其在 278、298、310 K 温度储藏条件下辣度、过氧化值及菌落总数的变化情况, 并建立了对应指标的动力学模型来预测芥末酱的货架期, 模型的活化能 E_a 分别为 24.54、2.59、30.85 kJ/mol。经验证, 此动力学模型可快速预测贮藏温度在 278~310 K 贮藏条件下芥末酱的货架期。

关键词 芥末酱; 货架期; 预测

中图分类号 TS205 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2019)13-0176-03

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2019.13.054



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Establishment of a Prediction Model for the Shelf-life of Wasabi Paste Containing Fresh Horseradish

LI Zhao-wen^{1,2}, WU Xin^{1,2}, WANG Zhi-hai^{1,2} (1. Zhuhai Kingzest Food Co., Ltd., Zhuhai, Guangdong 519090; 2. Jiangnan University-Kingzest Food High-technology Food Innovation Center, Wuxi, Jiangsu 214122)

Abstract In order to predict the shelf-life of wasabi paste containing fresh horseradish, we investigated the changes of the pungency value, peroxide value and total bacterial count of wasabi paste containing fresh horseradish during the storage at different temperatures (278, 298, 310 K). Kinetic models of the pungency value, peroxide value and total bacterial count for predicting the shelf-life of wasabi paste were established with E_a (activation energy) of 24.54, 2.59, 30.85 kJ/mol. It proved that the kinetic models could predict the shelf-life of wasabi paste at storage rapidly under 278-310 K storage conditions.

Key words Wasabi paste; Shelf-life; Prediction

芥末酱是一种应用日益广泛的调味品, 具有杀菌消毒、增进食欲的作用, 深受人们的喜爱。但目前市场上的芥辣大多由干燥脱水后的辣根制粉, 添加水、胶、芥末香精等原料制成, 风味单一, 呛辣太过刺激, 从而影响了食物本身的风味。添加生鲜辣根的芥末酱, 是不同于传统以脱水辣根粉为主要原料的新式调味酱, 风味独特, 含有新鲜辣根的自然清香, 因此具有广阔的市场空间。但由于其添加了生鲜原料, 其货架期是否也可达到传统芥末酱 18 个月的时长, 尚有待进一步研究。

预测食品的货架期是新品上市的一个重要环节。近年来, 许多学者对食品货架期的预测做过研究。吴新等^[1]和齐娜等^[2]研究了不同储藏温度条件下梨汁的感官、理化及微生物等指标的变化规律, 并建立了货架期预测模型; 笔者也在此前的研究中研究了榴莲酱在贮藏过程中的感官品质、过氧化值及微生物的变化, 并建立了榴莲酱的货架期预测模型。笔者以含生鲜辣根的芥末酱为研究对象, 研究了在不同储藏温度下其品质的变化, 并采用加速货架期试验(ASLT)建立动力学方程来预测货架期。

1 材料与方

1.1 材料 含生鲜辣根的芥末酱, 购自珠海一统实业有限公司; 乙醇、氨水、硝酸银、硫酸铁氨、硼酸、重铬酸钾、氯化钠、硫氰酸铵、碘化钾、三氯甲烷、冰乙酸、硫代硫酸钠、磷酸二氢钾、淀粉指示剂、营养琼脂培养基均为分析纯, 购自国药集团化学试剂有限公司。

1.2 测定指标与方法 取相同批次的含生鲜辣根的芥末酱, 复合管包装(43 g), 分别置于 278、298 及 310 K 温度条件

下储藏, 在不同储藏时间点测定样品的辣度、过氧化值及菌落总数。

1.2.1 辣度的测定。 辣度的测定以异硫氰酸异丙酯计, 具体参照 GH/T 1174—2017《脱水辣根》中规定方法操作。

1.2.2 过氧化值的测定。 过氧化值的测定参照 GB 5009.227—2016《食品安全国家标准 食品中过氧化值的测定》中规定方法。

1.2.3 菌落总数的测定。 菌落总数的测定参照国家标准 GB/T 4789.2—2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》中规定方法。

1.3 芥末酱货架期的预测 一级反应动力学模型在食品加工过程中的应用较为广泛^[3-20], 它可以体现食品储藏品质变化与时间的关系, 一级反应动力学方程如下:

$$A = A_0 e^{-kt} \quad (1)$$

食品品质变化与温度的关系可以用 Arrhenius 方程进行分析, Arrhenius 方程如下:

$$k = k_0 \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \quad (2)$$

对公式(2)两边取对数, 得:

$$\ln k = \ln k_0 - \frac{E_a}{RT} \quad (3)$$

根据公式(1)、(2)可推导出芥末酱在不同储藏温度条件下的货架期模型:

$$t = \frac{\ln(A/A_0)}{k_0 \exp(-E_a/RT)} \quad (4)$$

式(1)~(4)中, A 为样品储藏至第 t 天时的品质指标值, A_0 为样品的初始品质指标值, k 为样品品质指标变化速率常数, t 为样品的贮藏时间(d), k_0 和 E_a 都是反映系统物质本性的有关经验常数, 其中 k_0 为指前因子, E_a 为样品贮藏品质指标

作者简介 李兆雯(1985—), 女, 新疆乌鲁木齐人, 从事调味品研发工作。* 通信作者, 硕士, 从事调味品研发工作。

收稿日期 2019-01-23

变化反应的活化能(J/mol), R 为气体常数(8.314 4 J/mol·K), T 为热力学温度。

1.4 数据处理 每次试验取3个平行样,分别重复3次,结果取平均值,利用 Excel 2016 软件计算平均值及标准偏差,并进行相关性分析。

2 结果与分析

2.1 不同储藏温度下辣度的变化 感官指标是评价产品好坏的重要指标,而辣度是体现芥末酱品质的重要感官指标,因此也是确定其货架期的重要因素,芥末酱的辣度在不同储藏温度下的变化见图1。由图1可以看出,芥末酱的辣度随着贮藏时间的延长而逐步下降,在不同储藏温度下均呈相同的趋势,辣度的下降主要是因为异硫氰酸烯丙酯水解造成的。陈丽兰等^[4]在研究牛油火锅底料时、齐娜等^[2]研究梨汁时、吴新等^[1]对榴莲酱的研究时,均发现感官品质在储藏过程中存在类似的变化趋势。

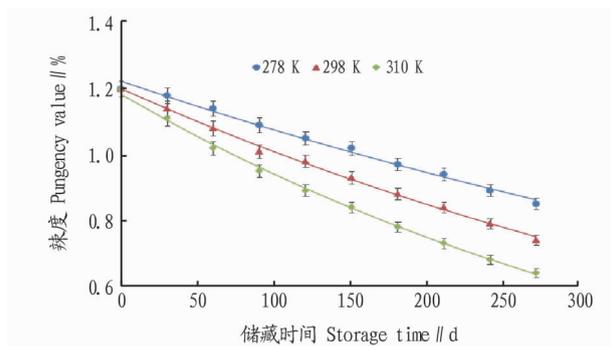


图1 芥末酱辣度在不同储藏温度下的变化

Fig. 1 The pungency value changes of wasabi paste during the storage period at different temperatures

2.2 不同储藏温度下过氧化值的变化 过氧化值是表示油脂和脂肪酸等被氧化程度的一个指标,可以用其判定含油量较高食品的品质。芥末酱的过氧化值在不同储藏温度下的变化见图2。由图2可知,芥末酱的过氧化值随着贮藏时间的延长而逐步升高,在各储藏温度下均呈相同的变化趋势,且温度越高,过氧化值的变化幅度越大。田文^[3]研究高纤维大豆沙拉酱时、吴新等^[1]研究榴莲酱时均发现过氧化值在储藏过程中有与此类似的变化趋势。

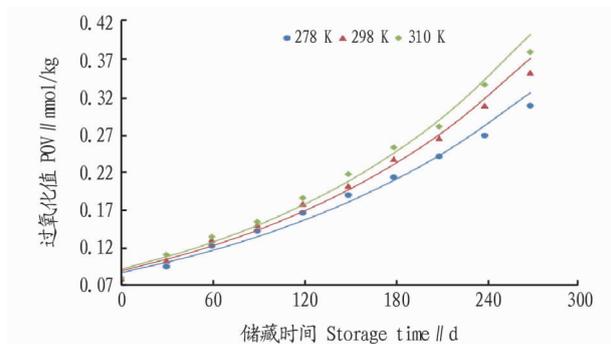


图2 芥末酱过氧化值在不同储藏温度下的变化

Fig. 2 POV changes of wasabi paste during the storage period at different temperatures

2.3 不同储藏温度下菌落总数的变化 造成食品变质的一

大主因是微生物的生长。为了保证产品的风味,芥末酱采用冷加工工艺,没有经过灭菌,其起始菌落总数不低,芥末酱的菌落总数在不同储藏温度下的变化见图3。由图3可知,芥末酱的菌落总数随着储藏时间的延长而增多,且温度越高,菌落总数的增加幅度越大。田文^[3]研究高纤维大豆沙拉酱时、吴新等^[1]研究榴莲酱时发现其菌落总数也有类似的变化趋势。

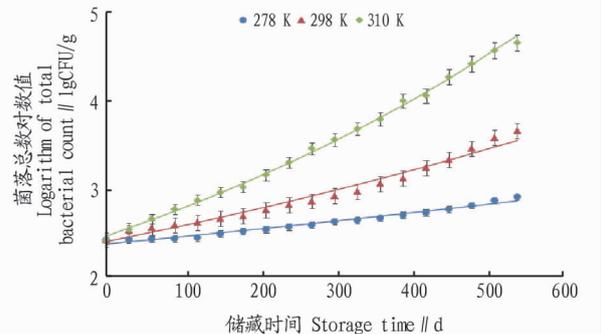


图3 芥末酱菌落总数在不同储藏温度下的变化

Fig. 3 Changes in total bacterial count of wasabi paste during the storage period at different temperatures

2.4 芥末酱货架期模型的建立 根据 Q/ZHYT 0001S—2016《广东省食品安全企业标准 芥末调味酱》中相关指标规定,将芥末酱货架期终点的辣度值(以异硫氰酸烯丙酯计)设定为0.3%,过氧化值设定为2.5 g/kg,菌落总数设定为 3×10^3 CFU/g。

将278、298及310 K储藏条件下测得的芥末酱辣度、过氧化值及菌落总数代入公式(1)进行分析,其品质变化的动力学模型参数见表1。回归系数 R^2 越大,说明总体线性关系越好。由表1可知,不同储藏温度条件下各回归方程的 R^2 值均大于0.9,表明该回归方程具有很高的拟合精度。

表1 不同储藏温度下芥末酱的品质变化动力学模型参数

Table 1 Parameters of kinetic model in quality change of wasabi paste during the storage period at different temperatures

指标 Index	贮藏温度 Storage temperature K	初始值 Initial value (A_0)	反应速率常数 Reaction rate constant (k)	回归系数 Regression coefficient (R^2)
辣度 Pungency value	278	1.2	-0.001	0.992 6
	298	1.2	-0.002	0.997 4
	310	1.2	-0.003	0.998 4
过氧化值 POV	278	0.002	0.004 9	0.984 1
	298	0.002	0.005 3	0.986 0
	310	0.002	0.005 5	0.984 4
菌落总数对数值 Logarithm of total bac- terial count//lgCFU/g	278	2.41	0.000 3	0.978 0
	298	2.41	0.000 7	0.975 8
	310	2.41	0.001 2	0.998 0

根据“1.3”计算出上述温度储藏条件下芥末酱辣度变化的指前因子 k_0 为-40.667,活化能 E_a 为24.54 kJ/mol;过氧化值变化的指前因子 k_0 为0.015 0,活化能 E_a 为2.59 kJ/mol;菌落总数变化的指前因子 k_0 为185.675,活化能 E_a 为30.85 kJ/mol,将指前因子、活化能代入公式(4),分

别得到辣度、过氧化值及菌落总数的货架期预测模型:

$$\text{辣度货架期的预测模型: } t_{\text{ld}} = \frac{\ln(A/A_0)}{-40.667 \times \exp\left(-\frac{24\,540}{RT}\right)}$$

$$\text{过氧化值货架期的预测模型: } t_{\text{POV}} = \frac{\ln(A/A_0)}{0.015\,0 \times \exp\left(-\frac{2\,590}{RT}\right)}$$

$$\text{菌落总数货架期的预测模型: } t_{\text{dbc}} = \frac{\ln(A/A_0)}{185.675 \times \exp\left(-\frac{30\,850}{RT}\right)}$$

2.5 芥末酱货架期模型的验证 选择芥末酱商业流通的常温温度点 293 K (20 ℃) 和 303 K (30 ℃) 储藏条件下进行验证, 比较货架期的预测值和实测值, 结果见表 2。由表 2 可知, 应用该研究建立的芥末酱货架期预测模型所获得的辣度值、过氧化值及菌落总数货架期的预测值准确率达到 ±10% 以内, 可以快速预测在 278~310 K 温度储藏条件下芥末酱的货架期。

表 2 货架期预测模型验证

Table 2 Validation of shelf-life prediction model

指标 Index	贮藏温度 Storage temperature K	货架期预测值 Predicted value of shelf life//d	货架期实测值 Actual value of shelf life//d	相对误差 Relative error %
辣度	293	808	754	7.16
Pungency value	303	579	551	5.08
过氧化值 POV	293	929	897	3.57
	303	897	872	2.87
菌落总数对数值 Logarithm of total bacterial count	293	681	664	2.56
	303	449	465	-3.56

当确定芥末酱的货架期时, 为保证产品的各项指标均在 Q/ZHYT 0001S—2016《广东省食品安全企业标准 芥末调味酱》中相关指标规定范围内, 应使用辣度、过氧化值及菌落总数 3 个模型分别计算出货架期预测值, 以最小值作为其理论预测货架期^[1-4]。

3 结论

(1) 在不同储藏温度条件下, 含生鲜辣根芥末酱的辣度值随着储藏时间的延长而降低, 过氧化值及菌落总数均随着

储藏时间的延长而升高, 且随着温度的升高, 各指标变化加快, 且变化符合一级反应动力学模型。

(2) 通过研究含生鲜辣根的芥末酱在不同储藏温度下辣度值、过氧化值及菌落总数的变化规律, 建立了相应品质参数的货架期预测模型, 根据此模型可以预测储藏温度在 278~310 K 下芥末酱的理论货架期。

参考文献

- [1] 吴新, 李兆雯, 王志海. 榴莲酱货架期预测模型的建立[J]. 食品工业科技, 2018, 39(5): 65-68, 75.
- [2] 齐娜, 李娜, 李涵, 等. 100% 梨汁饮品储藏品质的变化及货架期预测[J]. 保鲜与加工, 2016, 16(2): 53-58.
- [3] 田文. 高纤维大豆沙拉酱的研制[D]. 无锡: 江南大学, 2013.
- [4] 陈丽兰, 尼海峰, 闫志农, 等. 牛油火锅底料品质变化特征及货架期预测[J]. 食品科学, 2012, 33(24): 339-342.
- [5] EL MARRAKCHI A, BENNOUR M, BOUCHERITI N, et al. Sensory, chemical, and microbiological assessments of Moroccan sardines (*Sardina pilchardus*) stored in ice[J]. Journal of food protection, 1990, 53(7): 600-605.
- [6] DAVAD K, PERSIS S. The stability and shelf life of food[M]. Cambridge: Wood Head Publishing Limited, 2000: 6-13.
- [7] SOCARRS S, MAGARI R T. Modeling the effects of storage temperature excursions on shelf life[J]. Journal of pharmaceutical and biomedical analysis, 2009, 49(2): 221-226.
- [8] IFT. Shelf life of foods[J]. Journal of food science, 1984, 39: 861-964.
- [9] 贺雪华, 李林, 白登荣, 等. 改进型城口腊肉贮藏过程中的品质变化及货架期预测[J]. 食品科学, 2017, 38(11): 249-255.
- [10] 佟懿, 谢晶. 鲜带鱼不同贮藏温度的货架期预测模型[J]. 农业工程学报, 2009, 25(6): 301-305.
- [11] 尼海峰. 复合调味料风味物质及品质变化动力学模型研究[D]. 成都: 四川大学, 2012.
- [12] 田秋实, 谢晶, 励建荣. 白鲢鱼糜制品货架期模型的建立[J]. 食品工业科技, 2009, 30(4): 70-73.
- [13] LABUZA T P, SHAPERO M. Prediction of nutrient losses[J]. J Food Proc and Pres, 1978, 2(2): 91-99.
- [14] RATKOWSKY D A, OLLEY J, MCMEEKIN T A, et al. Relationship between temperature and growth rate of bacterial cultures[J]. J Bacterial, 1982, 149(1): 1-5.
- [15] 朱耀强, 龚婷, 赵思明, 等. 生鲜鲢鱼片货架期预测模型的建立与评价[J]. 食品工业科技, 2012, 33(2): 380-383, 388.
- [16] 余亚英, 袁唯. 食品货架期概述及其预测[J]. 中国食品添加剂, 2007(5): 77-79, 76.
- [17] 姜颖, 徐世明, 孙承锋, 等. 烤肠中芽孢杆菌生长动力学模型及货架期预测[J]. 食品与机械, 2012, 28(2): 161-164.
- [18] 史波林, 赵镭, 支瑞聪. 基于品质衰变理论的食品货架期预测模型及其应用研究进展[J]. 食品科学, 2012, 33(21): 345-350.
- [19] 王延丽. UHT 乳货架期及预测模型的研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2008.
- [20] 张丽平, 余晓琴, 童华荣. 动力学模型预测板鸭货架期寿命[J]. 食品科学, 2007, 28(11): 584-586.