

Weibull危害分析法研究压缩饼干的主要劣变指标

孟萌菲, 肖龙恩, 李 博*

(中国农业大学食品科学与营养工程学院, 北京 100083)

摘要:对压缩饼干贮藏过程中主要劣变指标进行了研究。测定了压缩饼干常温(25℃)贮藏下色泽、酸价、过氧化值及菌落总数的变化,选取45℃进行加速实验,测定了加速贮藏过程中压缩饼干感官指标(硬度和色泽)及理化指标(酸价、过氧化值、水分含量)的变化,确定压缩饼干的主要品质劣变指标,同时采用感官可接受性评价和Weibull危害分析法确定出压缩饼干酸价可接受终点值。结果表明:压缩饼干贮藏过程中主要的品质劣变指标为酸价和硬度,酸价可接受终点值为3.28mg/g。

关键词:压缩饼干,劣变指标,感官评价,Weibull危害分析法

Study on the deterioration indexes of compressed biscuits by Weibull hazard analysis

MENG Meng-fei, XIAO Long-en, LI Bo*

(College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083)

Abstract:The main deterioration indexes of compressed biscuits were studied. The accelerated experiments were conducted at 45℃. The changes of chromatic aberration, acid value, peroxide value, and total number of colonies at 25℃ during storage were determined. The sensory indexes (hardness and chromatic aberration) and the physical and chemical indexes at accelerated temperatures (acid value, peroxide value and water content) were all determined. Weibull hazard analysis was used to determine the acceptable terminal point of compressed biscuits at 45℃ in term of sensory evaluation. The results showed that acid value and hardness were the major factors during quality deterioration and the sensory acceptance limit of acid value was at 3.28mg/g.

Key words: compressed biscuits; deterioration indexes; sensory evaluation; Weibull hazard analysis

中图分类号: TS205.9

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2015)10-0339-06

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2015.10.063

压缩饼干是一种热量高、方便快捷、快速补充能量的高能食品^[1]。由于其营养全面、体积小、质量轻等优点,压缩饼干成为一种广泛应用的应急食品,如野外生存或自然灾害短期食品供应^[2]。压缩饼干货架期长达3~5年,在长期贮藏过程中,会发生一系列的品质变化,包括物理的^[3](水分、硬度),化学的(脂肪酸败、色泽)和微生物生长^[4]等,造成其质量下降,达到货架寿命终点。因此,对压缩饼干品质劣变指标的研究具有重要的现实意义。

高蜀英等^[5]以761压缩干粮为对象,以酸价和感官实验为指标找到了压缩饼干卫生检验的一种操作简便,结果可靠的方法。李彭^[6]采用酸价和过氧化值作为指示军用脱水米饭品质劣变的主要指标,通过加速实验测定指标变化规律建立了质量损失动力学

模型。Vito Verardo等^[7]通过控制温度条件,以过氧化值和氧化脂肪酸为主要指标,通过加速实验对富含长链n-3多不饱和脂肪酸的意大利面脂质氧化程度进行评价。但很少有人将感官可接受评价和Weibull危害分析法联用来研究压缩饼干的主要劣变指标,预测压缩饼干货架期。Gacula等^[8]提出了Weibull模型应用于感官评定作为货架期终点指标时的货架寿命测定,随后Labuza给出了具体的实验设计及计算方法^[9]。相对其他常用方法而言,Weibull危害分析法不仅可以准确预测食品货架期,而且能够在统计学上掌握食品随时间发生失效的可能性。

本实验的目的是研究压缩饼干在常温和加速贮藏条件下的品质变化,确定其贮藏过程中主要的品质劣变指标。同时对样品进行感官评定,分析感官指

收稿日期:2014-08-04

作者简介:孟萌菲(1990-),女,硕士研究生,研究方向:功能食品。

* 通讯作者:李博(1970-),女,博士,副教授,研究方向:功能食品。

标与理化指标之间的相关性,利用Weibull危害分析法确定货架终点,并得出货架终点时的理化指标值。从而为压缩饼干货架期预测提供依据,同时也为其他包装食品货架期预测提供参考。

1 材料与方 法

1.1 材料与仪器

09压缩饼干 由北京总后勤部军需装备研究所提供,250g/盒,4小块/盒,每块长/宽/高:76cm/50cm/16cm。

YS-04型小型高速粉碎机 北京燕山正德机械设备有限公司;LHS-250HC-II型恒温恒湿箱 上海一恒科学仪器有限公司;RGT-2型微机控制电子万能试验机 深圳市瑞格尔仪器有限公司;RE-52型旋转蒸发器 上海亚荣生化仪器厂。

1.2 实验方法

1.2.1 油脂提取 每次取压缩饼干样品1盒(约250g),用粉碎机打成粉末状,置于1L锥形瓶中,加入压缩饼干质量1.2倍体积的石油醚(mL/g),摇匀使其充分混合。浸泡过夜(14~18h),将压缩饼干和石油醚混合液全部倒入抽滤瓶中进行抽滤15min后,取上清液50℃旋转蒸发15min,减压回收溶剂,并于50℃鼓风干燥箱中挥发石油醚1h得油脂样本,备用。

1.2.2 酸价测定 采用GB/T 5009.37-2003中方法测定。

1.2.3 过氧化值测定 准确称取2.00~3.00g样品,置于250mL碘瓶中,加入30mL三氯甲烷-冰乙酸混合液(2:3,V/V),使样品充分溶解,加入1.00mL饱和碘化钾溶液,紧密盖好瓶盖,并轻摇0.5min,置暗处3min,取出加100mL水,摇匀,立即用硫代硫酸钠标液(0.002mol/L)滴定,至淡黄色时,加1mL淀粉指示剂,继续滴定至蓝色消失,计算过氧化物含量,以100g脂肪中含有过氧化值表示:

$$X = (V_2 - V_3) \times C_2 \times 0.1269 / m_2 \times 100$$

式中,X为样品的过氧化值(g/100g);V₂为样品消耗硫代硫酸钠标准滴定溶液体积(mL);V₃为试剂空白消耗硫代硫酸钠标准滴定溶液体积(mL);m₂为样品质量(g)。

1.2.4 水分含量测定 采用GB 5009.3.85中直接干燥法测定。

1.2.5 色泽测定 将压缩饼干用粉碎机打碎,称取约5g样品放入粉末测试盒中,使用色差仪测定L*,a*,b*,每次测定4个平行,取平均值。

1.2.6 菌落总数测定 采用GB/T 04789.02-2003方法测定。

1.2.7 压缩饼干硬度测定 采用RGT-2型微机控制

电子万能试验机测定压缩饼干的硬度。首先打开包装盒以块为单元,每块选择两边1/4中心处作为测量位置,以10mm/min的加载速度插入样品中(探头是圆柱形,其直径为5mm);穿入样品过程中所加载的最大力(破裂力)为压缩饼干硬度的参考值。为了尽可能减小样品间差异,每个温度下不同贮藏时间的硬度测定都以盒为单位,即每次测定8个值,并计算其平均值作为最终的硬度值。

1.2.8 Weibull危害分析法 食品失效时间的分布服从Weibull模型(WHA),WHA不仅可以准确地预测食品货架寿命,而且还能够在统计学上掌握食品随时间发生失效的可能性^[10]。

假设t_i(=1,2...k)是一系列观察到的失效食品,按照时间从后到前的倒序排列,即t_k是第k个失效食品。威布尔模型中h(t)称为危险函数。且h(t)=100/k,则累积危险函数H(t)有:

$$H(t) = \sum_{i=1}^k h(t_i)$$

威布尔模型的累积分布函数F(t)表示为:

$$F(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta\right]$$

累积危险函数H(t)与累积分布函数F(t)存在如下关系:

$$H(t) = -\ln[1 - F(t)] = \left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta$$

对数变形得到:

$$\lg t = \frac{1}{\beta} \lg H + \lg \alpha$$

式中:t表示失效时间,β是形状参数,β>0,α是尺度参数,α>0。β数值的大小描述失效速率的增加或降低。

只有当Weibull分布的形状系数2<β<4的时候,所建立的Weibull模型才能对货架寿命有一个较好的预测效果。一旦感官评价实验超过了样品货架期还在进行,那么大多数样品突然变得不可接受且β值偏离这个最佳预测范围。因此在这种情况下作图时累积危害值只描绘到100即可^[11]。

1.2.9 感官评定方法 遵循Weibull模型原则,这种方法要求对产品的货架期终点有一个预先估计,即预估货架寿命限,然后将这一时间限分成若干区间,在每一点评定人员对产品进行接受性评定。当有50%及以上的评定人员对产品评定为“不接受”时,下个时间点评定时,评定人员增加的数量为U,其中U为前一评定点的失效样品数。

本评价小组由30人组成(男女各半),年龄在20~

表1 压缩干粮感官评价表

Table 1 Sensory evaluation

评定项目	请在相应的框内打“√”						
整体色泽	<input type="checkbox"/> 差	<input type="checkbox"/> 较差	<input type="checkbox"/> 一般	<input type="checkbox"/> 较好	<input type="checkbox"/> 好	<input type="checkbox"/> 可接受	<input type="checkbox"/> 不可接受
气味	<input type="checkbox"/> 差	<input type="checkbox"/> 较差	<input type="checkbox"/> 一般	<input type="checkbox"/> 较好	<input type="checkbox"/> 好	<input type="checkbox"/> 可接受	<input type="checkbox"/> 不可接受
硬度	<input type="checkbox"/> 硬	<input type="checkbox"/> 较硬	<input type="checkbox"/> 尚可	<input type="checkbox"/> 较酥脆	<input type="checkbox"/> 酥脆	<input type="checkbox"/> 可接受	<input type="checkbox"/> 不可接受
口感滋味	<input type="checkbox"/> 差	<input type="checkbox"/> 较差	<input type="checkbox"/> 一般	<input type="checkbox"/> 较好	<input type="checkbox"/> 好	<input type="checkbox"/> 可接受	<input type="checkbox"/> 不可接受
综合评价						<input type="checkbox"/> 可接受	<input type="checkbox"/> 不可接受

30岁之间。此30人为感官评价候选人,根据实验设置选择相应人数。实验前先对样品进行随机密码编号,检验样品也随机化。并让评定人员明确实验的目的和意义以及感官评定的指标和注意事项。评定过程每次评定后评定人员用清水来漱口,且要求2min后才进行下一样品的品尝。运用Weibull分布,评定人员评定时仅作出“接受”或“坏、不接受”的判断,不进行分值的评定。当有50%的评定人员对产品评定为“不接受”时判定感官失效,即达到货架寿命终点。

此感官评价实验采用5分制综合打分,每隔1分为一标准。以表1中气味指标为例:差代表1分,较差代表2分,一般代表3分,较好代表4分,好代表5分,并根据个人喜好选择可接受或不可接受。当某一感官指标分数低于3分视为该指标达到货架终点,当综合分数低于3分视该产品感官达到货架终点。参评人员只需在相应的框内打“√”即可,分数的换算由实验者完成。

1.2.10 数据处理与分析 采用SPSS 16.0软件对感官评分与理化指标进行相关性分析,其他图表制作与数据分析均用Excel 2007处理。

2 结果与分析

2.1 常温贮藏下压缩饼干品质指标变化

由图1可知,压缩饼干常温贮藏过程中,色泽的变化十分缓慢,几乎是在同一水平内波动。在650d内压缩饼干的酸价从初始的1.133mg/g,增加到1.986mg/g,其增长速度十分缓慢。压缩饼干的过氧化值整体变化规律不明显,一直较小,400d内其值始终在0.02以下,远远低于GB中规定的限制值(0.25g/100g)。压缩饼干在常温25℃贮藏时菌落总数变化很小,并且都远远小于GB中规定的极限值750cfu/g。这是由于压缩饼干运用了特殊的生产工艺和包装材料(避光防潮、隔氧抽真空包装),生产时对水分活度进行了很好的控制,使其在贮藏过程中一直保持在很低的水平(A_w 约为0.315),微生物的生长得到了有效的抑制。

综上,压缩饼干在常温贮藏下品质指标变化十分缓慢,很难确定其劣变指标,因此有必要在加速温度下对其品质变化情况作进一步的研究。45℃条件既能达到加速实验的目的,又最接近常温贮藏条件。因此本实验选择以45℃为加速实验对压缩饼干的品质指标作进一步的研究,以期能确定出品质劣变指标。同时对样品进行感官评定,分析感官指标与理化指标之间的相关性,利用Weibull危害分析法确定货架终点,并得出货架终点时的理化指标值。

2.2 45℃加速贮藏下压缩饼干品质指标变化

2.2.1 感官指标变化 由图2可知,不同贮藏时间下压缩饼干的亮度值 L^* 随着贮藏时间的延长而有所降低,红度值 a^* 和黄度值 b^* 均有所增加,但增加都十分缓慢,不明显。通常压缩类食品的硬度较其他食品要高,其在硬度上的可接受性,是消费者评价其是否变质的重要指标之一。在45℃贮藏下,压缩饼干随着贮藏时间的增加硬度值增加十分迅速,在50d内硬度值从初始的173N增加到了413.5N,共增加了240.5N。虽

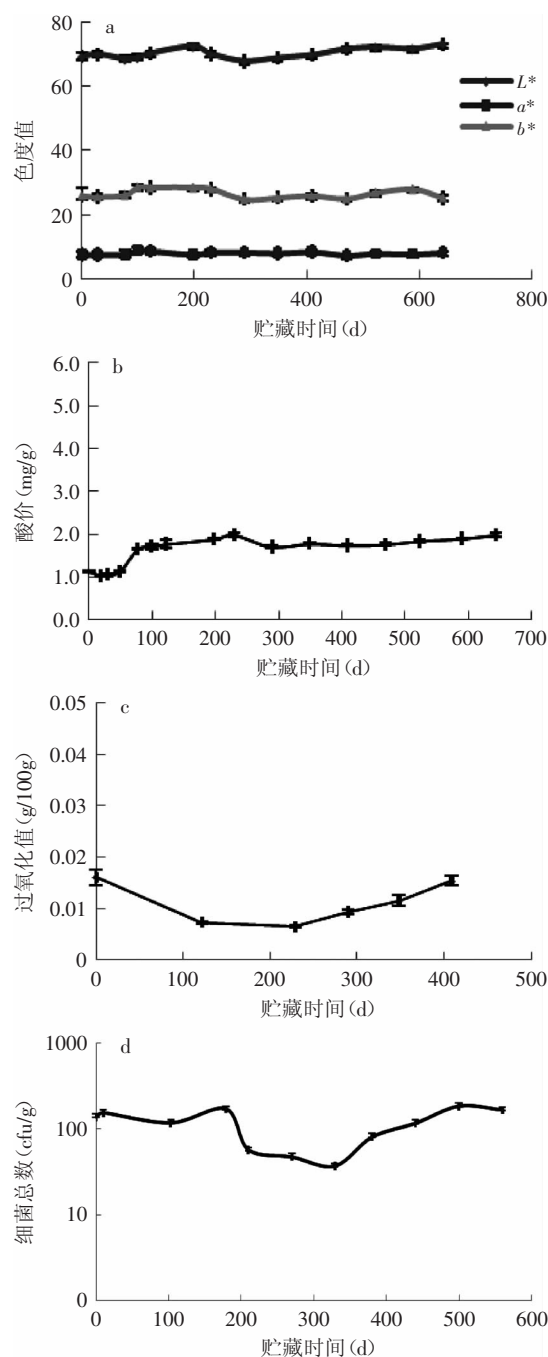


图1 常温贮藏下压缩饼干品质指标变化
Fig.1 Changes of quality indexes of compressed biscuits at 25°C during storage

在100d检测时,硬度值又降低到307N,150d和200d时硬度值又不断回升至400N,再随着时间的延长压缩饼干的值保持在300~500N之间波动。因此,硬度是压缩饼干品质劣变的重要指标。

2.2.2 理化指标的变化情况 由图3可知,压缩饼干在45℃加速贮藏条件下过氧化值整体变化规律不明显,一直较小,有时甚至超出了测定灵敏度的极限值,远远低于国标中规定的限制值(0.25g/100g)。压缩饼干中水分含量随贮藏时间的延长始终维持在5%~6%左右,这主要是因为压缩饼干采用了良好的避光防潮隔氧的包装材料,且是真空包装。45℃下压

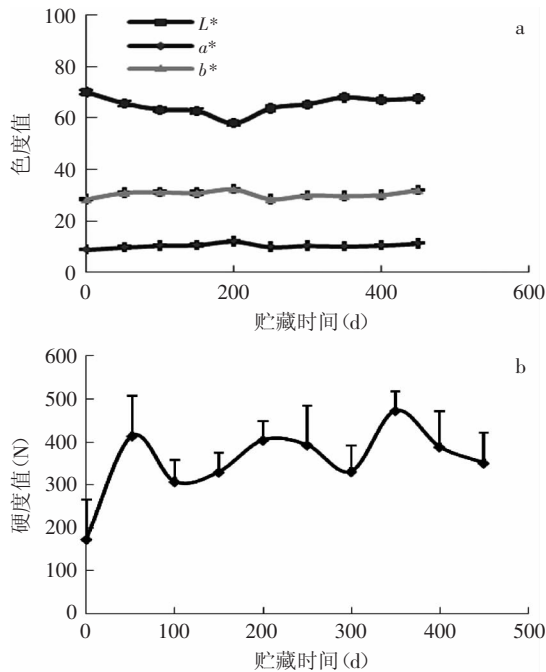


图2 45℃加速贮藏下压缩饼干感官指标变化

Fig.2 Changes of sensory indexes of compressed biscuits at 45°C during storage

缩饼干的酸价随着贮藏时间的延长而增加,而且增加的趋势明显,速度较快。按照GB中规定,压缩饼干中酸价的极限值为5.0mg/g,当酸价超过5.0mg/g时,货架期即结束。如图3所示,当酸价为5.0时,45℃下压缩饼干的贮藏时间约为400d。

综上,压缩饼干在贮藏一定时间后,酸价很快 就达到国标中规定的极限值,是造成其货架期结束的主要原因之一。因此,确定酸价为压缩饼干的主要劣变指标。

2.2.3 压缩饼干感官评价 对于大多数食品来说,感官评价是确定货架寿命的关键因素,也是最直接的方法,因此,通过感官评价来进行确定压缩饼干的货架寿命分析。由表2可知,在45℃贮藏条件下,随着贮藏时间的增加,压缩饼干的各项感官指标变化情况各异。最先达到不可接受的是硬度指标,在贮藏50d进行感官就已经达到不可接受,其感官评分只有1.7分。随着时间的延长,其硬度指标一直处于不可

表2 45℃加速贮藏下压缩饼干感官评价结果

Table 2 Sensory evaluation of samples at 45°C during storage

贮藏天数 (d)	气味评分	整体色泽评分	硬度评分	口感滋味评分
0	4.8±0.4	4.7±0.5	4.9±0.3	4.6±0.5
50	4.5±0.5	4.8±0.4	1.7±0.8	4.5±0.5
100	4.2±0.6	4.6±0.5	1.2±0.4	4.3±0.6
150	3.9±0.8	4.8±0.4	1.3±0.5	4.0±0.8
200	3.5±1.0	4.7±0.5	1.3±0.5	3.6±1.0
250	3.2±0.9	4.5±0.5	1.2±0.4	3.3±0.9
300	2.7±0.8	4.0±0.6	1.3±0.5	2.6±0.7
325	2.4±0.7	3.8±0.8	1.3±0.5	2.4±0.7
350	2.2±0.8	3.7±0.7	1.1±0.3	2.1±0.8

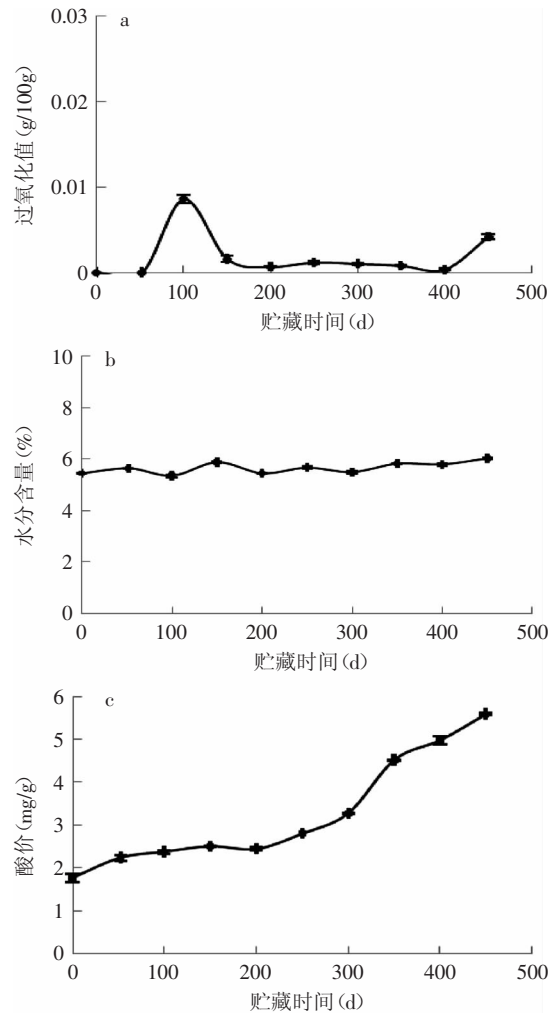


图3 45℃加速贮藏下压缩饼干理化指标变化

Fig.3 Changes of physical and chemical indexes of compressed biscuits at 45°C during storage

接受。其次是气味、口感滋味指标达到不可接受,其感官评分随着贮藏时间的延长逐渐降低,在贮藏时间达到300d时,其感官评分分别为2.7和2.6,均低于3,表明此时气味和口感滋味已经不被消费者接受,达到了货架终点。

在整个感官评价中,色泽一直处于被消费者接受的状态,其感官评分均高于3分。并且在贮藏初期其感官评分甚至有升高的趋势,这可能是在贮藏的过程中,其亮度值 L^* 降低不明显,而红度值 a^* 和黄度值 b^* 有所增加,导致整体色泽呈现出类似烘烤后的金黄色,反而增加了消费者的喜好。后期贮藏250d以后,随着贮藏时间的再延长,其感官评分逐渐下降。

2.2.4 压缩饼干各感官指标评分与理化指标相关性分析结果 应用SPSS 16.0对感官评价的各个感官指标的感官评分(见表2)与酸价进行pearson积差相关分析,结果显示:酸价指标与气味、色泽和口感滋味的相关系数 R^2 分别为0.936、0.93和0.946 ($p < 0.01$),由于气味和口感滋味较色泽指标先达到不可接受,且气味与口感滋味之间的相关系数为0.993 ($p < 0.01$),所以可选择气味或口感滋味进行Weibull危害分析,以确定货架终点。由于食品中气味的变化主要是因

表3 45℃加速贮藏下气味感官评定结果
Table 3 Sensory data for Compression biscuit at 45℃ during storage

贮藏时间 (d)	感官评价																								整体描述	AV (mg/g)	
	个体描述																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+																acceptable	1.774
50	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+																acceptable	2.241
100	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+																acceptable	2.379
150	+	+	+	+	+	+	-37	+	+	+																acceptable	2.507
200	+	+	+	+	+	+	-35	-36	+	+																acceptable	2.443
250	+	+	+	+	+	-32	-33	-34	+	+																acceptable	2.800
300	+	-27	-28	-29	+	+	-30	-31	+	+																unacceptable	3.279
325	-18	+	-19	-20	-21	+	-22	-23	+	+	+	-24	+	-25	-26											unacceptable	3.756
350	+	-1	-2	-3	+	+	-4	+	-5	-6	+	-7	-8	-9	+	-10	-11	-12	-13	+	-14	-15	-16	-17	unacceptable	4.520	

注: +: 评价人员可接受; -: 评价人员不可接受。

为油脂氧化引起的,所以本文选择以气味为感官指标进行Weibull危害分析。

2.2.5 以气味为感官指标的Weibull危害分析结果
压缩饼干在45℃贮藏条件下气味指标的感官评价结果见表3, Weibull累积危害排列结果见表4所示。使用Weibull危害分析法对感官指标进行分析^[12]: 对表3中列出的37个不可接受点进行倒序排列(37~1), 依据表3的结果列出Weibull累积危害排列列表(表4), 表4中H值为100除不可接受点的序列号所得值, ΣH为累积危害值, 将累积危害值与时间运用Weibull方程进行拟合即得表4。从表中能够看出气味的第一个不可接受点出现在贮藏的第150d, 然而在150~250d的贮

表4 威布尔危害排列列表
Table 4 Weibull hazard ranking table

排列	贮藏天数 (d)	H值	ΣH	排列	贮藏天数	H值	ΣH
37	150	2.70	2.70	18	325	5.56	76.20
36	200	2.78	5.48	17	350	5.88	82.09
35	200	2.86	8.34	16	350	6.25	88.34
34	250	2.94	11.28	15	350	6.67	95.00
33	250	3.03	14.31	14	350	7.14	102.15
32	250	3.13	17.43	13	350	7.69	109.84
31	300	3.23	20.66	12	350	8.33	118.17
30	300	3.33	23.99	11	350	9.09	127.26
29	300	3.45	27.44	10	350	10.00	137.26
28	300	3.57	31.01	9	350	11.11	148.37
27	300	3.70	34.72	8	350	12.50	160.87
26	325	3.85	38.56	7	350	14.29	175.16
25	325	4.00	42.56	6	350	16.67	191.83
24	325	4.17	46.73	5	350	20.00	211.83
23	325	4.35	51.08	4	350	25.00	236.83
22	325	4.55	55.62	3	350	33.33	270.16
21	325	4.76	60.3				
8	2	350	50.00	320.16			
20	325	5.00	65.38	1	350	100.00	420.16
19	325	5.26	70.65				

藏时间内不可接受的样品数并没有急剧增加。只有300d的时候样品才被超过50%的评价人员拒绝, 而此时所对应的酸价为3.28mg/g。将气味指标的感官评价结果运用Weibull方程进行拟合后结果如图4所示, 拟合方程为:

$$\ln t = 0.2131 \ln H(t) + 4.9336$$

相关系数 $R^2=0.9148$, 其中, $\beta=4.69$, 当50%消费者拒绝时, $H(t)=34.72$ 得 $t=296d$ 。在45℃贮藏296d, 以气味判断压缩饼干的货架终点, 此时对应的酸价约为3.28mg/g。

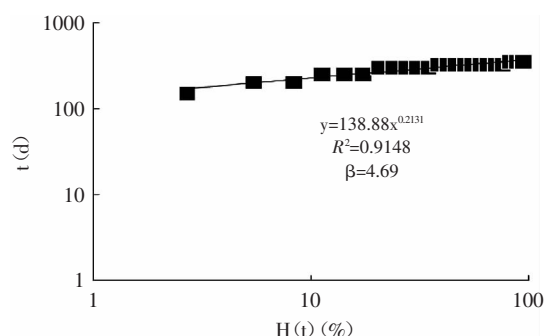


图4 45℃加速贮藏下气味指标的危害累积

Fig.4 The Weibull distribution of flavor at 45℃ during storage

3 结论

压缩饼干在贮藏过程中,随着时间的延长,酸价及硬度指标变化明显,对压缩饼干品质下降起到了主要影响,而过氧化值、色泽、水分含量和微生物指标变化不明显且一直在可接受范围之内,对其品质影响较小。因此,最终确定酸价和硬度为压缩饼干的主要劣变指标。

对45℃条件下贮藏的压缩饼干进行感官评价,通过相关性分析,发现压缩饼干的酸价与色泽、气味及口感滋味均具有较好的相关性,但由于气味指标较色泽指标先达到不可接受,其在食品中的存在和变化与油脂氧化高度相关,最终建立起了以气味为指标Weibull累计危害分析模型,确定了当压缩饼

(下转第348页)

参考文献

- [1] 赵云峰, 林河通, 林娇芬, 等. 果实软化的细胞壁降解酶及其调控研究进展[J]. 仲恺农业技术学院学报, 2006(1):65-70.
- [2] 张广华, 葛会波, 张进献, 等. 草莓果实软化机理及调控研究进展[J]. 果树学报, 2001(3):172-177.
- [3] 张进献, 李冬杰, 李宏杰. 果实软化过程中细胞壁结构和组分及细胞壁酶的变化[J]. 河北林果研究, 2007(2):180-182, 186.
- [4] Sun X, Yang Q, Guo W, et al. Modification of cell wall polysaccharide during ripening of chinese bayberry fruit [J]. Scientia Horticulturae, 2013, 160(8):155-162.
- [5] Yashoda H M, Prabha T N, Tharanathan R N. Mango ripening—chemical and structural characterization of pectic and hemicellulosic polysaccharides[J]. Carbohydrate Research, 2005, 340(7):1335-1342.
- [6] Manrique G D, Lajolo F M. Cell-wall polysaccharide modifications during postharvest ripening of papaya fruit (Carica Papaya) [J]. Postharvest Biology and Technology, 2004, 33(1):11-26.
- [7] Raffo M D, Ponce N, Sozzi G O, et al. Changes on the cell wall composition of tree-ripened “Bartlett” pears (Pyrus Communis L.) [J]. Postharvest Biology and Technology, 2012, 73(11):72-79.
- [8] Cheng G, Jiang Y, Chen S, et al. Combined effects of pectic enzymes on the degradation of pectin polysaccharides of banana fruit [J]. Pakistan Journal of Botany, 2011, 43(3):1501-1505.
- [9] 李红卫, 韩涛, 晋彭辉, 等. 冬枣后熟软化过程中细胞壁多糖降解特性的研究[J]. 中国食品学报, 2014, 14(2):109-117.
- [10] Rosli H G, Civello P, Martínez G. Changes in cell wall composition of three fragaria x ananassa cultivars with different softening rate during ripening [J]. Plant Physiology and Biochemistry, 2004, 42(10):823-831.
- [11] Cordeiro N, Sousa L, Freitas N, et al. Changes in the mesocarp of annona cherimola mill ‘Madeira’ during postharvest ripening [J]. Postharvest Biology and Technology, 2013, 85:179-184.
- [12] 许彬, 陈发河. 果实成熟衰老过程中软化机理研究进展[J].

农产品加工: 学刊, 2011(6):10-13.

- [13] 吴延军, 杨莉, 王春生, 等. 冬枣采后软化衰老研究[J]. 中国农学通报, 2003(3):47-50.
- [14] Gwanpua S G, Van Buggenhout S, Verlinden B E, et al. Pectin modifications and the role of pectin-degrading enzymes during postharvest softening of jonagold apples [J]. Food Chemistry, 2014, 158(9):283-291.
- [15] Yoshioka H, Hayama H, Tatsuki M, et al. Cell wall modifications during softening in melting type peach “Akatsuki” and non-melting type peach “Mochizuki” [J]. Postharvest Biology and Technology, 2011, 60(2):100-110.
- [16] 吴炼, 王仁才, 张政兵. 猕猴桃果实软化衰老机理初探[J]. 安徽农业科学, 2008(3):881-883, 937.
- [17] 王淑琴, 颜廷才, 李江阔. 减压贮藏对朝阳大平顶枣衰老软化影响的研究[J]. 食品科技, 2010, 35(10):60-65.
- [18] Zhou H W, Sonogo L, Khalchitski A, et al. Cell wall enzymes and cell wall changes in flavortop ‘Nectarines’: mRNA abundance, enzyme activity, and changes in pectic and neutral polymers during ripening and in woolly fruit [J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 2000, 125(5):630-637.
- [19] 韩雅珊. 食品科学实验指导[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1996.
- [20] 刘丽娟, 王萍, 郝丽珍, 等. 南瓜果实贮藏期果胶含量的变化研究[J]. 内蒙古农业大学学报: 自然科学版, 2007, 28(3):231-234.
- [21] 张桂霞, 王英超, 张晓磊, 等. 柿果软化过程中果胶含量和细胞膜透性的变化[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(18):9779-9780.
- [22] 韩苗苗, 李范沫, 张先. 苹果梨果实生育期果胶物质的研究[J]. 食品工业科技, 2010, 31(6):105-107, 110.
- [23] Hadfield K A, Bennett A B. Polygalacturonases: many genes in search of a function [J]. Plant Physiology, 1998, 117, 337-343.
- [24] 茅林春, 张上隆. 果胶酶和纤维素酶在桃果实成熟和贮藏中的作用[J]. 园艺学报, 2001, 28(2):107-111.
- [25] 吴石金, 汪劼. 内切 β -葡聚糖苷酶的分离纯化及酶学性质[J]. 科技通报, 2006(1):51-55.

(上接第343页)

干不被接受时的酸价值, 为3.28mg/g。

参考文献

- [1] 阮美娟, 朱华平, 王越鹏. 压缩饼干中糖类优化及其功能性评价[J]. 食品科学, 2005(12):208-211.
- [2] 肖龙恩, 钱平, 董新娜. 压缩饼干硬度临界值的确定以及加速实验条件下硬度的变化规律[J]. 食品科技, 2012, 37(5):52-56.
- [3] 仇顺海, 侯建设, 薛凤照, 等. 高纤维压缩饼干的研制[J]. 食品研究与开发, 2001, 22(1):14-16.
- [4] 高建华, 宁正祥. 压缩饼干的成分分析[J]. 广州食品工业科技, 2004, 20(4):101-103.
- [5] 高蜀英, 徐之明, 王育才. 761压缩干粮卫生检验[J]. 人民军医, 1984(9):20-21.
- [6] 李彭, 向红. 军用快餐米饭货架寿命加速实验研究[J]. 包装工程, 2007(5):33-36.

- [7] Vito V, Federico F, Ylenia R. Evaluation of lipid oxidation in spaghetti pasta enriched with long chain n-3 polyunsaturated fatty acids under different storage conditions [J]. Food Chemistry, 2009, 114:472-477.
- [8] Gacula MC, Kubala JJ. Statistical models for shelf life failures [J]. Journal of Food Science, 1975, 40(2):404-409.
- [9] Labuza TP, Schmidt MK. Use of sensory data in the shelf life testing of foods: principles and graphical methods for evaluation [J]. Cereal Foods World, 1988, 33(2):193-206.
- [10] 曹平, 于燕波, 李培荣. 应用Weibull Hazard Analysis方法预测食品货架寿命[J]. 食品科学, 2007(8):487-491.
- [11] Cardelli C, Labuza TP. Application of Weibull hazard analysis to the determination of the shelf life of roasted and ground coffee [J]. LWT Food Science and Technology, 2001, 34(5):273-278.