

# 降低水分活度和脱氧包装对半干面常温 货架期及品质的影响

Effect of reducing water activity and deoxygen packaging on  
shelf life and quality of semi-dried noodles

姜 云 朱科学 郭晓娜

JIANG Yun ZHU Ke-xue GUO Xiao-na

(江南大学食品学院, 江苏 无锡 214122)

(School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China)

**摘要:**为了延长半干面在常温贮藏条件下的货架期。首先研究了不同水活降低剂降低  $A_w$  的效果, 优选出了降低半干面  $A_w$  的水活降低剂组合(3%的山梨糖醇液、0.10%的丙二醇、2.0%的食盐、0.8%的复合磷酸盐), 使半干面的  $A_w$  从 0.945 降低至 0.867。然后对比研究了降低  $A_w$  组、脱氧包装组和二者联合作用组的半干面在贮藏过程中菌落总数、水分含量、 $A_w$ 、质构特性和感官品质的变化。结果表明: 与对照组半干面相比, 降低  $A_w$  组和脱氧包装组以及二者联合作用组都有效地延长了半干面的常温货架期, 分别延长了 3, 7, 48 d。联合作用组协同抑制微生物生长, 并且水分散失速度较缓, 同时明显地减缓了质构及感官的劣变速度。

**关键词:**半干面; 货架期; 水活降低剂; 脱氧包装; 水分活度 ( $A_w$ )

**Abstract:** In order to prolong the shelf life of semi-dried noodles at normal temperature, In this paper, the effects of different water activity lowering agents on water activities were investigated, A combination of 3% sorbitol solution, 0.10% propylene glycol, 2% salt, 0.8% complex phosphate reduced the water activity of semi-noodles from 0.945 to 0.867. Then changes in total plate count (TPC), water content, water activity, texture and sensory quality of the semi-dried noodles of the reducing the water activity group, the deoxygen packaging group and the combined action group were measured. The results showed that compared with the control group, the three experimental groups effectively prolonged the shelf life of the semi-dried

noodles, and extended for 3 days, 7 days and 48 days, respectively. The combined action group synergistically inhibited the growth of microorganisms, and the speed of water dispersion was slow, while the speed of deterioration of texture and sensory was obviously slowed down.

**Keywords:** semi-dried noodles; shelf life; water activity lowering agents; deoxygen packaging; water activity ( $A_w$ )

半干面 (Semi-dried noodles) 是由和面、醒发、压延、切条、部分脱水、包装而成的面条, 其加工过程中既不需油炸也不需要高强度脱水, 最终的含水量在 20%~25%, 被称为“第四代方便面”<sup>[1]</sup>。半干面温和的加工工艺使其具有生鲜面的爽口、劲道、麦香纯正等优点, 但半干面含水量高、营养丰富的特点又导致了微生物生长繁殖迅速, 使面条极易腐败变质。

$A_w$  是影响食品中腐败微生物生长速率的关键因素, 合理控制  $A_w$  对抑制微生物生长很重要。Beuchat 等<sup>[2]</sup> 研究认为  $A_w$  是决定微生物生长所需要水的下限值, 大部分腐败细菌在  $A_w < 0.91$  时停止生长, 霉菌生长所需要的  $A_w$  较低 ( $< 0.80$ ), 当  $A_w$  降到 0.70 以下时, 绝大多数微生物已不能生长。经高温除水后的半干面虽然水分含量得到了一定的控制, 但  $A_w$  仍高达 0.940 以上, 微生物增殖迅速, 半干面货架期短。降低食品  $A_w$  的方法主要有两种: ① 通过适当方法脱水降低水分含量; ② 添加水活降低剂。因为半干面的属性, 不能进一步降低水分含量, 因此采取添加水活降低剂来降低半干面的  $A_w$ 。氧气是食品变质的另一重要原因, 不仅影响微生物的生长速度, 而且与其他组分的变化密切相关, 如脂肪氧化等。故除去包装食品中的氧气可以减缓食品的变质速度, 延长保质期。脱氧包装是一种活性包装<sup>[3]</sup>, 利用脱氧剂除去包装袋中的氧气, 使袋中的氧气含量急剧降低其

**基金项目:**国家自然科学基金面上项目(编号:31371849); 全国粮食行业青年拔尖人才服务行业需求自主选题项目(编号:LQ2016202); 江苏省“六大人才高峰”高层次人才资助项目; 江苏省“现代粮食流通与安全协同创新中心”资助项目

**作者简介:**姜云, 女, 江南大学在读硕士研究生。

**通信作者:**朱科学(1978—), 男, 江南大学教授, 博士生导师, 博士。  
E-mail: kxzh@jiangnan.edu.cn

**收稿日期:**2017—10—15

至达到无氧的状态,这样可以抑制大部分菌的生长。脱氧包装在面条制品中的应用较少。

本试验拟研究降低  $A_w$ 、脱氧包装以及二者联合作用对半干面常温贮藏期的影响。通过菌落总数、水分含量、 $A_w$ 、质构特性和感官品质指标在半干面贮藏期间的变化,判定3种方式对半干面品质及货架期的影响,以期得到一种既可以延长货架期又可以维持半干面品质的保鲜技术。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与仪器

#### 1.1.1 材料与试剂

金龙鱼麦芯粉:水分含量 12.7%,蛋白质含量 12.34% (湿面筋含量 30.05%),灰分含量 0.46%,益海嘉里粮油有限公司;

食盐:江苏井神盐化股份有限公司;

丙二醇、山梨糖醇:食品级,山东优索化工科技有限公司;

复合磷酸盐(三聚磷酸钠、六偏磷酸钠、焦磷酸钠):食品级,南京乔贝琳生物科技有限公司;

热封包装袋:PA/PE,郑州博利达塑料包装有限公司;

脱氧剂:100#,广州科技实业有限公司;

平板计数琼脂培养基:国药集团化学试剂有限公司。

#### 1.1.2 主要仪器设备

真空和面机:HWJZ-5型,南京市扬子粮油食品机械有限公司;

面条机:JM TD-168/140型,北京东孚久恒仪器技术有限公司;

数显电热干燥箱:GZX-9246 MEB型,上海博讯实业有限公司;

微电脑自动真空包装机:DZ-300/5SA型,东莞市益健包装机械有限公司;

超净工作台:SW-CJ-1FD型,苏净集团苏州安泰空气技术有限公司;

水分活度仪:LabSwift-aw型,瑞士 Novasina 公司。

### 1.2 方 法

1.2.1 半干面的制作 称取一定量的小麦粉于真空和面机中,水粉比为 33:100 (mL/g),将水活降低剂溶于和面用水中,然后将和面用水缓慢地加入真空和面机中和面,和好的面团经静置熟化 20 min 后在面条机上逐步压延成厚 1 mm 的面带,切成 1 mm 宽的长条,并剪成 20 cm 长的面条,置于 105 °C 的烘箱中干燥 190 s,25 °C 均湿 3 h,最后在包装袋中加入脱氧剂进行脱氧包装。为了模拟工业化生产的条件,制作面条前喷洒 75% 酒精对实验室进行杀菌,制作面条用的水为煮沸灭菌冷却后的水,包装袋在使用前经 75% 酒精擦拭并经紫外照射 20 min,所有的制面设备都用 75% 酒精擦拭。

#### 1.2.2 水分含量及 $A_w$ 的测定

(1) 水分含量:按 GB 5009.3—2010《食品中水分的测定》执行。

(2)  $A_w$ :采用水分活度仪,将制好的半干面条剪成小碎粒,平铺于样品盒中,覆盖样品盒底为准,然后将样品盒的盖子打开放在样品池中,扣紧样品池开始测定,等到仪器稳定报警后直接读出样品的  $A_w$ 。

1.2.3 等温吸湿曲线的绘制 根据 Li 等<sup>[4]</sup>的方法,修改如下,将均湿后的半干面放于研磨杯中打碎,平均分装于多个铝盒当中,置于烘箱中,每隔一定时间取出一个铝盒,将铝盒中的面条转移到自封袋中,在 25 °C 下均湿一段时间,然后同时测定面条的水分含量和  $A_w$ ,然后以水分含量为纵坐标, $A_w$  为横坐标,绘制出空白组与最优水活降低剂组的半干面常温下的等温吸湿曲线。

1.2.4 菌落总数的测定 按 GB 4789.2—2010《食品微生物学检测菌落总数测定》执行。

1.2.5 质构特性的测定 根据魏晓明等<sup>[5]</sup>的方法,修改如下,取 20 根半干面样品,放入 450 mL 沸腾的去离子水中,煮至最佳蒸煮时间(350 s)后将面条用滤网捞出,将其中的水分沥干,并用滤纸将面条表面的水分吸干,然后用质构仪测定半干面的性质。质构剖面分析(TPA)测定:探头型号为 HDP/PFS,测试前速度 2 mm/s,测试中和测试后速度 0.8 mm/s,形变量 75%,感应力 5 g,两次压缩的时间间隔 1 s;拉伸测定:探头型号为 A/SPR,测试前和测试后速度 2 mm/s,测试后速度 10 mm/s,感应力 5 g,起始距离 50.0 mm,拉伸距离 90.0 mm。每个样品进行 6 次平行试验,去掉最大值和最小值,取剩下 4 个值的平均值。

1.2.6 感官评价 根据 Costa 等<sup>[6]</sup>的方法,修改如下,由 10 名女性和 5 名男性组成感官评价小组,评价小组的成员都进行了感官评价的培训,对半干面在常温贮藏期间的总体可接受度进行了评价,评分标尺采用的是 9 点数字标度,1 代表的是极不喜欢,9 代表的是极喜欢,5 则为可接受的最低限值。

1.2.7 数据处理与统计分析 试验测试均重复 3 次(特殊说明除外),应用 Origin 8.5 软件作图,应用 SPSS 17.0 软件进行数据分析,结果的表示形式为平均值±标准差,使用 Duncan 测试,在  $P < 0.05$  的检测水平下进行显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 水活降低剂对半干面 $A_w$ 的影响

根据 GB 2760—2016 的规定,本研究选择了食盐、丙二醇、山梨糖醇液和复合磷酸盐作为半干面中的水活降低剂。从图 1 中可以看出,盐类和多元醇可以显著地降低半干面的  $A_w$ ,这与其他报道<sup>[7]</sup>相似。盐类的亲水性极好,能够将水分牢牢地锁住,提高食品的渗透压,因此经常被用于肉制品、酱料等的保藏<sup>[8]</sup>。从图 1 还可以看出,食盐降低  $A_w$  的作用效果最明显,当添加量达到 2% 时,可以将  $A_w$  从 0.947 降到 0.901。多元醇是大分子类亲水物质,有较多的亲水基团,所以多元醇也能较好地降低半干面的  $A_w$ 。盐类和多元醇等水活降低剂的作用能力随食品体系的改变而不尽相同<sup>[9]</sup>。

由表 1 可以看出,复配的水活降低剂组比单一水活降低剂的作用效果好,与 Cui 等<sup>[10]</sup>的研究结论一样,不同的水活降低剂组合在一起会有协同作用。最佳的水活降低剂组合

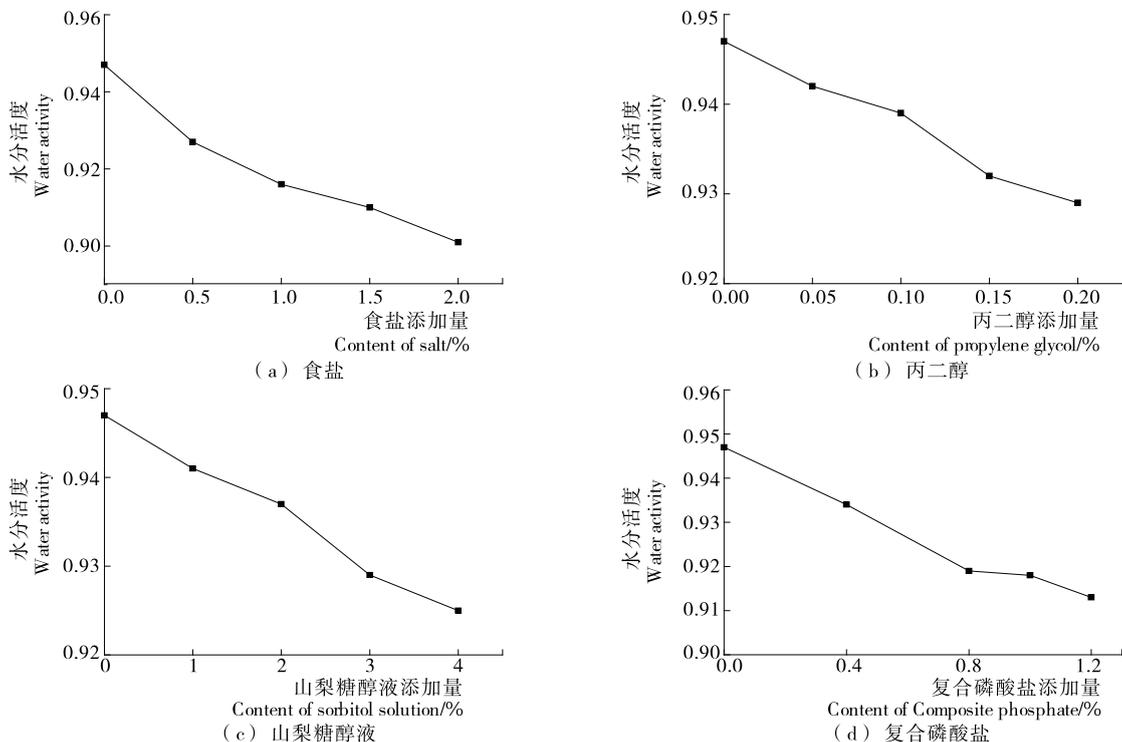
图 1 不同水活降低剂对半干面  $A_w$  的影响

Figure 1 Effect of different water retention agents on the water activity of semi-dried noodles

表 1 不同水活降低剂组合降低  $A_w$  的作用效果<sup>†</sup>

Table 1 Effect of different combinations of water retention agents

组别	山梨糖醇液/%	丙二醇/%	食盐/%	复合磷酸盐/%	$A_w$
A	0	0.00	0.0	0.0	0.945±0.001 <sup>a</sup>
B	3	0.00	0.0	0.0	0.929±0.002 <sup>c</sup>
C	0	0.15	0.0	0.0	0.932±0.002 <sup>b</sup>
D	0	0.00	2.0	0.0	0.901±0.001 <sup>e</sup>
E	0	0.00	0.0	1.0	0.918±0.001 <sup>d</sup>
F	1	0.05	1.0	0.8	0.892±0.001 <sup>g</sup>
G	3	0.15	1.5	1.0	0.887±0.001 <sup>h</sup>
H	3	0.10	2.0	0.8	0.867±0.002 <sup>j</sup>
I	2	0.10	1.5	1.0	0.885±0.001 <sup>i</sup>
J	1	0.10	1.0	0.6	0.895±0.001 <sup>f</sup>

<sup>†</sup> 同列不同字母表示有显著性差异( $P < 0.05$ )。

为 H 组—3%的山梨糖醇液,0.10%的丙二醇,2.0%的食盐,0.8%的复合磷酸盐,该组合可以将水分含量为 22.5%左右的半干面的  $A_w$  从 0.945 降低到 0.867,筛选出合适的水活降低剂来降低  $A_w$  是一种有效延长食品货架期的方法<sup>[11]</sup>。

一般情况下很难对食品的  $A_w$  进行比较,因为很难使 2 种食品的水分含量或  $A_w$  完全一样<sup>[12]</sup>,因此通常会用等温吸湿曲线来进行比较,见图 2。从图 2 中可以看出,最优水活降低剂组的等温吸湿曲线明显高于空白组,也就是说当两者的水分含量相同时,最优水活降低剂组的  $A_w$  大大降低,再此  $A_w$  下,绝大多数细菌及部分霉菌均不能增长,此时再进

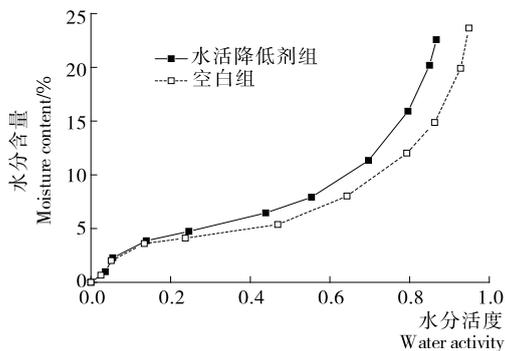


图 2 空白组(A)与最佳水活降低剂组(H)的等温吸湿曲线图

Figure 2 Water sorption isotherms of group A and H

行脱氧包装,有望将半干面的保质期大幅度地延长。

## 2.2 降低 $A_w$ 和脱氧包装对半干面常温贮藏期间微生物的影响

合理控制水分活度可以有效抑制食品中的微生物<sup>[13]</sup>。将空白对照组、降低  $A_w$  组、脱氧包装组以及联合作用组的半干面贮藏在 25 °C 的常温环境中,然后定期检测其菌落总数(TPC)的变化。据 Li 等<sup>[14]</sup>的研究结果可知,当 TPC 达到 6 lg CFU/g 时,半干面达到腐败变质的极限,也就是半干面的常温货架期的检测限值,当 TPC 超过这个检测限值时就不再检测。

从图 3 中可以看出,4 个组的半干面的初始含菌量相差不大,但空白组半干面的微生物增殖非常迅速,3 d 后 TPC 就超过了 6 lg CFU/g,而其他 3 组的增长趋势较缓,均不同程度上抑制了面条中微生物的生长繁殖,延长了半干面的货架期。水活降低剂组与脱氧包装组分别在 6,9 d 时超过检测

限值,但水活降低剂结合脱氧包装的联合作用组表现出较强的贮藏稳定性,在60 d时才超过检测限值,说明降低Aw与脱氧包装具有协同作用,延长半干面的保质期。

### 2.3 降低Aw和脱氧包装对半干面常温贮藏期间水分含量与Aw的影响

在食品中,水分子的结合能力和流动性有极为重大的意义,因为它与许多食品的流变性质、稳定性等有直接的关系。Aw是微生物生长的决定性因素之一<sup>[15]</sup>,较高的水分含量可以保证面条的口感,较低的Aw可以抑制微生物的生长。由表2可知,4组半干面的水分含量呈现出先降低后升高的趋势,水活降低剂组与联合作用组的水分含量降低的较慢,说明水活降低剂具有较好的保水作用。在贮藏前期,微生物的

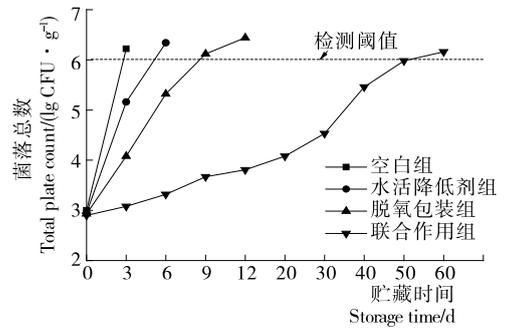


图3 半干面常温贮藏期间菌落总数(TPC)的变化  
Figure 3 Changes of total plate count (TPC) of semi-dried noodles during storage at room temperature

表2 降低Aw组、脱氧包装组以及联合作用组对半干面水分含量和Aw的影响<sup>†</sup>

Table 2 Effect of moisture retention agent group, deoxygenation packing group and combined packing group on moisture content and water activity of Semi-dried noodles

贮藏时间/d	空白组		降低Aw组		脱氧包装组		联合作用组	
	水分含量/%	Aw	水分含量/%	Aw	水分含量/%	Aw	水分含量/%	Aw
0	22.53±0.04 <sup>a</sup>	0.945±0.002 <sup>a</sup>	22.42±0.09 <sup>a</sup>	0.866±0.001 <sup>a</sup>	22.32±0.11 <sup>a</sup>	0.946±0.003 <sup>a</sup>	22.35±0.12 <sup>a</sup>	0.865±0.001 <sup>a</sup>
1	22.09±0.08 <sup>b</sup>	0.934±0.001 <sup>b</sup>	22.39±0.05 <sup>a</sup>	0.863±0.001 <sup>a</sup>	21.89±0.06 <sup>b</sup>	0.940±0.001 <sup>ab</sup>	22.23±0.07 <sup>ab</sup>	0.863±0.001 <sup>a</sup>
3	22.34±0.11 <sup>ab</sup>	0.942±0.001 <sup>a</sup>	22.28±0.02 <sup>a</sup>	0.861±0.002 <sup>a</sup>	21.63±0.02 <sup>ab</sup>	0.934±0.002 <sup>bc</sup>	22.15±0.03 <sup>ab</sup>	0.860±0.002 <sup>ab</sup>
6	—	—	22.30±0.03 <sup>a</sup>	0.864±0.001 <sup>a</sup>	21.47±0.11 <sup>bc</sup>	0.933±0.001 <sup>c</sup>	22.01±0.05 <sup>bc</sup>	0.856±0.001 <sup>bc</sup>
9	—	—	—	—	21.35±0.04 <sup>c</sup>	0.930±0.001 <sup>c</sup>	21.83±0.08 <sup>cd</sup>	0.855±0.001 <sup>bc</sup>
12	—	—	—	—	21.68±0.06 <sup>ab</sup>	0.932±0.002 <sup>c</sup>	21.69±0.03 <sup>d</sup>	0.855±0.002 <sup>bc</sup>
20	—	—	—	—	—	—	21.42±0.04 <sup>e</sup>	0.854±0.003 <sup>bc</sup>
40	—	—	—	—	—	—	21.38±0.08 <sup>e</sup>	0.853±0.001 <sup>c</sup>
60	—	—	—	—	—	—	21.40±0.04 <sup>e</sup>	0.855±0.02 <sup>bc</sup>

† “—”表示已经变质;同列不同字母表示在P<0.05水平上有显著差异。

生长较为缓慢,食品中的水分主要以水蒸气的形式散失,水活降低剂组和联合作用组的水分散失较慢,所以这2组在前期水分含量降低较慢,当贮藏到一定时间(TPC超阈值)时,由于微生物的大量繁殖,消耗有机物代谢生成水,所以半干面的水分含量在后期略微升高。Aw的变化与水分含量的变化呈现显著正相关的关系(P<0.05)。从表2还可以看出, Aw在贮藏后期增大,一部分原因是半干面水分含量升高,还有一部分原因是贮藏后期半干面中的大分子化合物(蛋白质和碳水化合物等)因微生物生长繁殖而发生降解,使得其结合水的能力下降,结合水转化成游离水,与Giannuzzi等<sup>[16]</sup>的研究结果相一致。

### 2.4 降低Aw和脱氧包装对半干面常温贮藏期间质构特性的影响

面条的质构特性能够客观地反应面条的品质,硬度和拉伸力2个指标与面条中的蛋白<sup>[17]</sup>、淀粉<sup>[18]</sup>的存在状态有密切的关系。半干面中由于较高的水分含量和丰富的营养物质使得微生物极易生长繁殖,蛋白质与碳水化合物被微生物分解,面条内部的蛋白网络结构被破坏,半干面的品质发生劣变。从图4、5中可以看出,随着贮藏时间的延长,4组半干面的硬度和拉伸力都在不断变小,与空白组相比,其他3组均在一定程度上减缓了半干面品质的劣变,联合作用组的劣

变趋势最为缓慢,并且贮藏后期与前期相比,半干面的硬度和拉伸力分别降低了22.25%,8.99%。根据隋苗苗等<sup>[19]</sup>的研究结果,面条在贮藏期间硬度值下降30%时,面条可能已经发生变质。降低Aw结合脱氧包装抑制了微生物的生长繁殖,从而减缓了面条品质劣变的发生,两者具有协同作用。

### 2.5 降低Aw和脱氧包装对半干面常温贮藏期间感官品质的影响

食品的感官特性能直观地反映该食品的商用价值,并且能影响消费者的消费行为<sup>[20]</sup>。由图6可知,刚制作的半干面

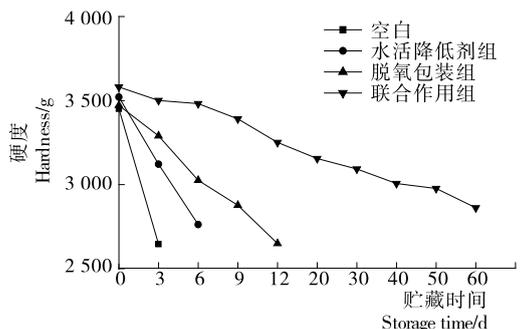


图4 半干面常温贮藏期间硬度值的变化  
Figure 4 Changes of hardness value of semi-dried noodles during storage at room temperature

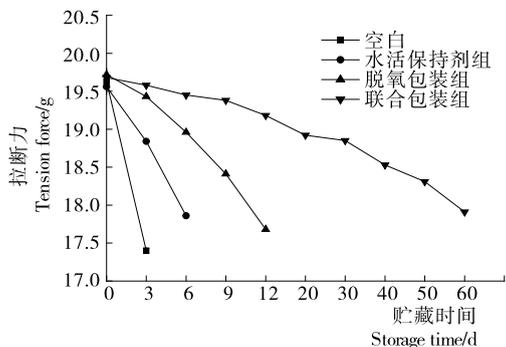


图 5 半干面常温贮藏期间拉断力的变化

Figure 5 Changes of tensile force of semi-dried noodles during storage at room temperature

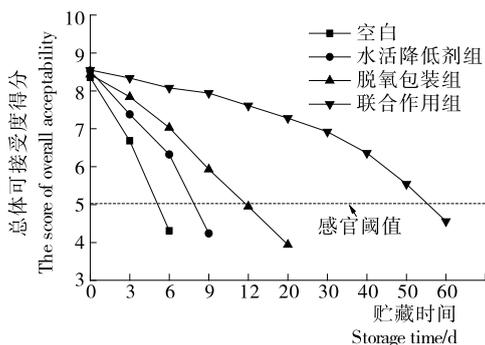


图 6 半干面常温贮藏期间总体可接受度的变化

Figure 6 Changes of overall acceptability of semi-dried noodles during storage at room temperature

都有着较高的总体接受度,随着贮藏时间的延长,总体可接受度的得分均呈现下降的趋势,与 TPC 的变化呈显著负相关 ( $P < 0.05$ )。与空白组相比,其他 3 组的下降趋势较缓,其中水活降低剂结合脱氧包装的联合作用组在 50 d 时的总体可接受度得分仍然保持在 5 分以上,说明联合作用不仅延长了半干面的货架期,还较好地保持了半干面在贮藏期间的感官品质。

### 3 结论

选择合适的水活降低剂组合可以将半干面的  $A_w$  从 0.945 降低至 0.867。降低  $A_w$  和脱氧包装都能在一定程度上延长半干面的货架期,二者的联合作用效果更好。联合作用组不仅有效地延长了半干面的货架期,还减缓了面条的水分散失,同时明显地减缓了质构及感官的劣变,维持了半干面在贮藏期间的食用品质。因此,降低  $A_w$  结合脱氧包装是一种可以代替添加化学防腐剂,应用于半干面保鲜的联合作用方式。

### 参考文献

[1] 陈建国. 中日两国挂面生产技术的现状和对比[J]. 食品科技, 2002(8): 60-63.  
 [2] BEUCHAT L R. Microbial stability as affected by water activity [J]. Cereal Foods World, 1981, 26(7): 345-349.  
 [3] 林灿煌. 脱氧包装原理及脱氧剂的研究和发展状况[J]. 食品工业科技, 2004, 25(5): 115-116, 119.  
 [4] LI Man, LUO Li-jun, ZHU Ke-xue, et al. Effect of vacuum mixing on the quality characteristics of fresh noodles[J]. Journal

of Food Engineering, 2012, 110(4): 525-531.

[5] 魏晓明, 郭晓娜, 彭伟, 等. 谷氨酰胺转氨酶对荞麦面条品质的影响[J]. 食品与机械, 2016, 32(3): 188-192.  
 [6] COSTA C, LUCERA A, MASTROMATTEO M, et al. Shelf life extension of durum semolina-based fresh pasta [J]. International Journal of Food Science & Technology, 2010, 45(8): 1 545-1 551.  
 [7] GLIEMMO M F, CAMPOS C A, GERSCHENSON L N. Effect of several humectants and potassium sorbate on the growth of *Zygosaccharomyces bailii*, in model aqueous systems resembling low sugar products[J]. Journal of Food Engineering, 2006, 77(4): 761-770.  
 [8] SYAMALADEVI R, TADAPANENI R K, XU Jie, et al. Water activity change at elevated temperatures and thermal resistance of salmonella in all purpose flour and peanut butter[J]. Food Research International, 2016, 81: 163-170.  
 [9] 罗海波, 杨性民, 刘青梅, 等. 水分活度降低剂在虾干加工中的应用研究[J]. 食品科学, 2005, 26(8): 181-184.  
 [10] CUI Hong-bo, XUE Chang-hu, XUE Yong, et al. Development of shelf-stable, ready-to-eat (RTE) shrimps (*Litopenaeus vannamei*) using water activity lowering agent by response surface methodology[J]. Journal of Food Science & Technology, 2013, 50(6): 1 137-1143.  
 [11] LOMBARD G E, WEINERT I A G, MINNAAR A, et al. Preservation of south African steamed bread using hurdle technology[J]. LWT-Food Science and Technology, 2000, 33(2): 138-143.  
 [12] 严维凌, 任莉萍, 沈菊泉, 等. 山梨糖醇添加量对牛肉干等温吸湿线的影响研究[J]. 食品科学, 2007, 28(8): 82-86.  
 [13] SAUTOUR M, SOARES M C, DIVIES C, et al. Comparison of the effects of temperature and water activity on growth rate of food spoilage moulds.[J]. Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology, 2002, 28(6): 311-315.  
 [14] LI Man, ZHU Ke-xue, GUO Xiao-na, et al. Effect of water activity ( $a_w$ ) and irradiation on the shelf-life of fresh noodles[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2011, 12(4): 526-530.  
 [15] FARAHNAKY A, ANSARI S, MAJZOBI M. Effect of glycerol on the moisture sorption isotherms of figs[J]. Journal of Food Engineering, 2009, 93(4): 468-473.  
 [16] GIANNUZZI L. Shelf-life of fresh filled pasta. hazard analysis and critical control points of the manufacturing process and household practices[J]. Journal of Food Processing & Preservation, 1998, 22(6): 449-461.  
 [17] 陆启玉, 章绍兵. 蛋白质及其组分对面条品质的影响研究[J]. 中国粮油学报, 2005, 20(3): 13-17.  
 [18] 陆启玉, 尉新颖. 小麦淀粉对面条品质的影响[J]. 食品科技, 2009(9): 153-156.  
 [19] 隋苗苗, 姜秀学, 金铁. 乙醇处理湿面在贮藏期间 TPA 质构特性变化[J]. 延边大学农学报, 2013, 35(3): 238-242.  
 [20] CORDELLA C B Y, LEARDI R, RUTLEDGE D N. Three-way principal component analysis applied to noodles sensory data analysis[J]. Chemometrics & Intelligent Laboratory Systems, 2011, 106(1): 125-130.