

陈丹, 王月慧, 朱玥, 等. 壳寡糖对面团、酥性饼干品质及抗氧化性的影响 [J]. 食品工业科技, 2023, 44(18): 84-90. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022110208

CHEN Dan, WANG Yuehui, ZHU Yue, et al. Effect of Chito-oligosaccharide on the Quality and Antioxidation of Dough and Crispy Biscuits[J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(18): 84-90. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022110208

· 研究与探讨 ·

壳寡糖对面团、酥性饼干品质及 抗氧化性的影响

陈丹¹, 王月慧^{2,3,*}, 朱玥¹, 陈磊^{1,3}

(1. 武汉轻工大学食品科学与工程学院, 湖北武汉 430040;

2. 武汉轻工大学硒科学与工程现代产业学院, 湖北武汉 430040;

3. 教育部大宗粮油精深加工重点实验室, 湖北武汉 430040)

摘要: 本研究探究了不同比例壳寡糖 (0~2.0%, wt%) 对低筋小麦粉特性、面团流变特性、酥性饼干品质及其在储藏期 (35 °C, 28 d) 中抗氧化性的影响, 旨在评估壳寡糖在面团及其制品的潜在应用。结果显示: 随着壳寡糖添加量增加, 面团的形成时间、稳定时间延长、吸水率降低、弱化度减小, 筋力减弱, 黏弹性降低; 当壳寡糖添加量为 1.5% 时, 饼干硬度和咀嚼性最低, 分别为 9422.80、2816.95 gf, 口感更酥脆。但随着壳寡糖添加量的增加, 饼干色泽逐渐加深; 当添加量为 1.0% 时, 饼干的质构特性与添加量为 1.5% 的饼干差异不显著 ($P>0.05$), 且色泽金黄, 感官评分最高。综合考虑消费者整体可接受度, 选择 1.0% 壳寡糖为最适添加量。经过储藏 (35 °C, 28 d) 实验后, 添加壳寡糖的酥性饼干酸价、过氧化值和丙二醛 (TBA) 要显著低于空白组 ($P<0.05$)。研究表明, 壳寡糖的添加可以改善面团及饼干品质, 并延缓储藏期饼干的氧化酸败, 可用于小麦制品的品质改良。

关键词: 壳寡糖, 流变特性, 酥性饼干, 品质特性, 抗氧化性

中图分类号: TS213.2

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2023)18-0084-07

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2022110208



本文网刊:

Effect of Chito-oligosaccharide on the Quality and Antioxidation of Dough and Crispy Biscuits

CHEN Dan¹, WANG Yuehui^{2,3,*}, ZHU Yue¹, CHEN Lei^{1,3}

(1. College of Food Science and Engineering, Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430040, China;

2. Selenium Science and Modern Industrial Engineering, Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430040, China;

3. Key Laboratory of Intensive Processing of Staple Grain and Oil, Ministry of Education, Wuhan 430040, China)

Abstract: In this work, the different proportions (0~2.0%, wt%) of chito-oligosaccharides were added into the low gluten wheat flour to prepare the crisp cookie, and the variations of flour properties, dough rheological properties, crisp cookie quality and antioxidation during storage (35 °C, 28 d) were also investigated to evaluate the potential application of chito-oligosaccharides in flour food. Results showed that the addition of chito-oligosaccharide extended the formation time and stability time of dough but reduced the water absorption, weakening degree, gluten strength and viscoelasticity. Moreover, from the texture measurement, the crisp cookies containing 1.5% chito-oligosaccharide displayed the lowest hardness (9422.80 gf) and chewability (2816.95 gf), which was accordance to the result of crisp taste test. However, color of the samples was gradually deepened with the increasing chito-oligosaccharide. In the sensory experiment, when the addition amount was 1.0%, the texture characteristics of cookies were not significantly different from those with 1.5% ($P>0.05$), and the color was golden with the highest sensory score. Therefore, the cooky with 1.0% chito-oligosaccharide showed

收稿日期: 2022-11-21

基金项目: 湖北省自然科学基金 (2016CFC727)。

作者简介: 陈丹 (1998-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 谷物资源开发与利用, E-mail: cd15207141130@163.com。

* 通信作者: 王月慧 (1971-), 女, 硕士, 教授, 研究方向: 谷物科学, E-mail: whwangyh@163.com。

the overall higher acceptability of consumers than that of others. Remarkably, the acid value, peroxide value and malondialdehyde (TBA) of the cookies with chito-oligosaccharide were lower than those of control group ($P < 0.05$) after the storage (35 °C, 28 d) experiment. These results indicated that the addition of chito-oligosaccharide could effectively promote the quality of cooky and delay the oxidation rout of cookies during the storage period, it could be used for quality improvement of wheat products.

Key words: chito-oligosaccharide; rheology characteristic; crisp biscuit; quality characteristics; antioxidation

壳寡糖(Chito-oligochitosan)是壳聚糖降解得到的一种由 2~20 个氨基葡萄糖以 β -1,4 糖苷键连接组成的寡糖,具有调节血糖和血脂、降胆固醇、调节免疫、抗菌、抗氧化、抗炎、抗肿瘤和抗癌等多种生物活性,且相较于壳聚糖,壳寡糖更易溶于水,易被人体吸收和利用^[1-3]。

在食品加工行业中,壳寡糖的应用包括作为保鲜剂运用于果蔬保鲜^[4]、作为食品添加剂用于食品防腐保质^[5]、或是用于保健功能食品用来提高免疫力、增殖某些人体有益菌、预防疾病^[6-7]等,其中作为食品添加剂在面制品中的应用研究较少。柯媛^[8]研究了三种不同的多糖对面团及辣条品质的影响,研究表明添加壳寡糖会加深辣条色泽,膨胀度和吸油率,降低辣条硬度。杨航^[9]研究了壳聚糖和壳寡糖对小麦面团及其成品品质特性的影响,表明壳寡糖的添加会影响面包内部组织结构,加速面包老化,影响口感;而添加壳寡糖的面条延伸度减小,溶胀指数降低,硬度增大。Rakkhumkaew 等^[10]用壳寡糖替代面粉制作面包,发现壳寡糖对食源性致病菌、腐败菌和真菌均有明显的抑制作用,对延长面包保质期有显著作用。Kerch 等^[11]研究了壳聚糖和壳寡糖对面团结构和性质的影响及其在贮藏过程中的变化,壳寡糖的添加会使面包的美拉德反应加剧,导致面包皮偏暗。

饼干作为日常生活中重要的烘焙产品,深受消费者喜爱。由于饼干含油量高,放置一段时间后容易发生氧化酸败产生哈喇味等不良现象,导致饼干食用品质下降,目前商业产品加工中主要通过添加化学防腐剂来生产制作饼干,延长储藏期,但食用过多防腐剂对人体健康有害,且过量使用反而会影响到食品风味和品质,因此现在研究倾向于添加天然抗氧化剂或富含蛋白质、纤维素等营养物质的谷物粉来制作饼干,以提高饼干的抗氧化性,丰富饼干营养,改善饼干食用品质。壳寡糖作为一种天然抗氧化剂,来源于虾蟹昆虫等动物外骨骼,原料丰富易得,本研究将其添加到低筋粉中制作饼干,利用壳寡糖自身抗氧化性强且易溶于水等特性,以期能够改善饼干品质特性及其抗氧化性,延缓饼干变质速度,为壳寡糖应用于更多烘焙产品的品质改良提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

壳寡糖 上海笛柏生物科技有限公司;低筋小麦粉 香港面粉厂有限公司;食盐、泡打粉、奶粉、鸡蛋等 市售;黄油 妙可蓝多天津贸易公司。

Farinograph-E 型粉质仪 德国布拉班德公司;NG 型吹泡-稠度测定仪 法国肖邦技术公司;Discovery HR-2 型流变仪 美国 TA Instruments 公司;TA.XTC 质构仪 上海保圣有限公司;SMZ1270/1270i 型体式显微镜 北京京百卓显科技有限公司;CR-10 型色差仪 苏州圣光仪器公司;JHF-500A 型高速多功能粉碎机 昆明铁申商贸有限公司;HM925S-A 型电动打蛋器 广东东菱电器公司;TU-1900 型双光束紫外可见分光光度计 北京普析仪器公司。

1.2 实验方法

1.2.1 混合粉的制备 以壳寡糖和小麦粉干重为基础计算,将壳寡糖按不同比例添加到小麦粉中,制得小麦粉混合粉。

1.2.2 混合粉粉质特性的测定 根据杨航^[9]的研究以及前期预实验,确定壳寡糖添加比例为 0%、0.4%、0.8%、1.2%、1.6% 和 2.0%,按照 GB/T 14614-2019 对添加不同比例的壳寡糖的面粉进行粉质特性的测定。

1.2.3 混合粉面团吹泡特性的测定 按照 GB/T 14614.4-2005 对添加了 0%、0.4%、0.8%、1.2%、1.6% 和 2.0% 壳寡糖的面粉进行吹泡特性的测定。

1.2.4 混合粉面团动态流变特性的测定 在面粉中添加不同比例(0%、0.4%、0.8%、1.2%、1.6% 和 2.0%)的壳寡糖,利用粉质仪制成面团,所有面团均达到最佳吸水率,将制成的面团用保鲜膜包裹置于 30 °C 的恒温恒湿箱中 30 min,备用。设备实验条件参考杨航^[9],选用 40 mm 的平板探头,先通过应变扫描实验确定线性黏弹区,固定频率为 1 Hz,应变为 0.1%~20%,然后采用动态频率扫描模式,设置夹缝距离 4000 μ m,温度 30 °C,频率为 0~10 Hz,应变最终确定为 0.02%。

1.2.5 酥性饼干的制作工艺 根据 SB/T 10141-93《酥性饼干用小麦粉》标准稍作修改,制作酥性饼干。配方如下:按原料低筋小麦粉 100% 计,辅料加入占原料的 4.6% 的全脂奶粉,28.6% 的白砂糖,17% 黄油,0.3% 的盐,0.5% 泡打粉,20% 的鸡蛋液。

根据前期实验效果,为结合实际生产应用,方便后期实验操作,将制作产品时的壳寡糖添加量调整为 0%、0.5%、1.0%、1.5%、2.0%,用不同比例的壳寡糖替代低筋粉,制备壳寡糖酥性饼干。制作过程如下:称取白砂糖、黄油、鸡蛋,混合,并用打蛋器低挡搅拌均匀,再加入食盐、泡打粉和水,继续低挡搅

匀。将过筛奶粉和低筋粉与不同添加量的壳寡糖, 搅拌混匀, 加入上述辅料, 翻拌均匀, 揉成面团后放置 5~10 min, 手工压片, 使面片厚约 2.5~3 mm, 烘烤, 烤箱上火温度 180 ℃, 下火温度 160 ℃。

1.2.6 酥性饼干质构特性的测定 参照 Duta 等^[12]的方法, 采用全质构模式, 选用 P/4 平板探头, 测前速度 6.0 cm/min, 测中速度 6.0 cm/min, 测后速度 60 cm/min, 探头下压位移 0.3 cm, 出发点数值 5 g。

1.2.7 酥性饼干色泽的测定 色泽是决定消费者对饼干接受度的重要指标。本实验用便携式色差仪测定饼干的 L^* 值(亮度)、 a^* 值(红色/绿色)、 b^* 值(黄色/蓝色)。将仪器校准后, 设置测定模式, 对酥性饼干进行色度值测定。每个添加量取三块饼干测定, 最后取平均值。

1.2.8 酥性饼干内部结构的观察 用 SMZ1270/1270i 体视显微镜在 2 倍倍数下对饼干的横截面进行拍照, 观察饼干内部组织结构。

1.2.9 酥性饼干感官评分 参考韩小存^[13]对酥性饼干的感官评价方法对壳寡糖酥性饼干进行感官评价, 评价指标主要包括色泽, 口感, 外观, 组织结构以及整体可接受度, 感官评定小组由经过培训的 8 人组成, 男女比例 1:1, 感官评定采用 9 分嗜好评分法, 感官评分标准见表 1。

表 1 酥性饼干感官评分标准
Table 1 Sensory rating criteria for crisp biscuits

项目	评分标准	总分
色泽	呈棕黄色或金黄色, 无白粉	7~9
	色泽较暗但基本均匀	4~6
	色泽呈焦黑色或面白色且不均匀	1~3
口感	具有香味, 无异味, 口感酥脆, 不粘牙	7~9
	香味较淡, 无异味, 酥脆度一般, 较粗糙	4~6
	没有香味, 有异味, 口感不酥脆, 较粘牙	1~3
外观	外形完整, 厚薄均匀, 没有较大或较多的凹底	7~9
	外形大致完整, 厚薄基本均匀, 无裂痕	4~6
	外形残缺变形, 厚薄不一, 有裂痕	1~3
组织结构	断面结构呈多孔状, 细密, 无大孔洞	7~9
	断面结构呈多孔状, 孔洞大小不一, 分布较均匀	4~6
	断面结构参差不齐, 孔洞大小不一, 分布杂乱	1~3
整体可接受度	非常喜欢	7~9
	既不喜欢也不讨厌	4~6
	非常不喜欢	1~3

表 2 壳寡糖添加量对面粉粉质特性的影响

Table 2 Effect of chito-oligosaccharide addition on flour properties

壳寡糖添加量(%)	吸水率(%)	形成时间(min)	稳定时间(min)	弱化度(FU)	粉质质量指数
0	53.53±0.91 ^d	1.23±0.21 ^a	2.50±0.36 ^a	73.67±6.81 ^d	23.00±1.00 ^a
0.4	52.33±0.46 ^c	1.47±0.25 ^a	3.47±0.32 ^b	54.00±3.61 ^c	37.33±3.51 ^b
0.8	51.33±0.06 ^{ab}	1.57±0.21 ^a	4.00±0.20 ^{bc}	49.33±4.16 ^{bc}	38.67±7.09 ^b
1.2	52.07±0.42 ^{bc}	1.63±0.40 ^a	4.33±0.35 ^c	37.00±3.64 ^a	35.67±4.16 ^b
1.6	50.87±0.35 ^a	1.50±0.17 ^a	5.33±0.60 ^d	42.33±4.51 ^{ab}	31.00±6.24 ^{ab}
2.0	50.05±0.07 ^a	1.55±0.05 ^a	6.30±0.20 ^c	40.00±2.00 ^a	31.50±2.50 ^{ab}

注: 同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$); 表4同。

1.2.10 壳寡糖对酥性饼干抗氧化活性的影响 参考李诗炜^[14]、陆林^[15]的方法将焙烤好的饼干冷却 30 min 后分装到自封袋中, 放入恒温(35 ℃)的鼓风干燥箱中, 敞口放置加速储藏, 储藏期设定为 0、7、14、21 和 28 d, 将饼干捣碎, 分别测定饼干的酸价、过氧化值和丙二醛值(TBA)。

按照 GB 5009.229-2016 中滴定法, 通过计算最终消耗的氢氧化钾来计算酸价; 按照 GB 5009.227-2016 方法一通过硫代硫酸钠滴定的消耗量计算出过氧化值含量; 按照 GB 5009.181-2016 方法二测定丙二醛。

1.3 数据处理

本研究的所有数据运用 Excel 对数据进行整理分析, 运用 SPSS 的 Duncan 多重比较对数据进行显著性差异分析, 运用 Origin 9.0 进行绘图, 每个实验进行 3 个平行, 实验数据均用 3 次平行数据的平均值表示。

2 结果与分析

2.1 壳寡糖添加量对面粉粉质特性的影响

在低筋粉中添加不同添加量的壳寡糖的粉质特性变化趋势如表 2 所示。在 0~2.0% 添加量范围内, 随着壳寡糖添加比例的增加, 面粉的吸水率显著降低($P<0.05$), 形成时间呈不显著性增加($P>0.05$), 这可能是由于壳寡糖与小麦蛋白竞争水分, 延缓了小麦面筋蛋白吸收水分, 降低了面筋网络形成速度, 延长了面筋网络形成时间。稳定时间反映了面团的稳定性以及筋力, 弱化度则反映了面团对机械搅拌的耐受程度。从表 2 中可以看出, 面团的稳定时间随着壳寡糖添加比例的增加从 2.50 min 增加至 6.30 min, 面团的弱化度从 73.67 FU 逐渐降低, 在壳寡糖添加量为 1.2% 时, 弱化度最低为 37.00 FU, 说明随着壳寡糖添加比例的增加, 面团的耐搅拌性逐渐增强, 但结合面团的吹泡特性与流变特性分析, 壳寡糖的添加并未增加面粉筋力, 而是由于壳寡糖吸附淀粉, 增加了稠度, 导致面团不易被机械搅拌破坏其结构, 从而延长了面团稳定时间, 降低了弱化度^[16]。

2.2 壳寡糖添加量对面团吹泡特性的影响

吹泡特性是面团流变学特性的重要指标。其中 P 值表示吹泡过程中所需要的压力, 可以反映面粉的筋力和面团的韧性, L 值反映了面团的延展性, W 值

表示气泡膨胀到破裂所需要的能力,反映了面粉的筋力^[17]。由表 3 可以看出,面团的 P 值、W 值均随着壳寡糖添加量的增加呈先减小后增加的趋势,在壳寡糖添加量为 1.6% 时,P 值、W 值最小分别为 56 和 66,L 值总体变化不大。P 值的降低表明面团在吹泡过程中所受阻力降低,面粉筋力变差;表明随着壳寡糖添加比例的增加弱化了面团的筋力,使面团的能量 W 值减小,面粉烘焙特性变差,筋力变差^[18],这与粉质特性的结果一致。

表 3 壳寡糖添加量对面团吹泡特性的影响

Table 3 Effects of chito-oligosaccharide addition on blowing characteristics of dough

壳寡糖添加量(%)	P	L	P/L	W
0	85	28	3.04	105
0.4	75	27	2.78	92
0.8	73	30	2.43	99
1.2	58	25	2.32	67
1.6	56	27	2.07	66
2.0	59	27	2.19	70

2.3 壳寡糖添加量对面团动态流变特性的影响

不同壳寡糖添加量对面团动态流变特性的影响如图 1 所示,储能模量反映的是面团的弹性特征,损耗模量反映的是面团的黏性流动特性。在 0~10 Hz 频率范围内,与空白对照组对比,壳寡糖的添加降低了面团的储能模量(G')和损耗模量(G''),这可能是由于壳寡糖的添加降低了面粉的吸水率,导致面筋蛋白无法充分吸水,形成面筋网络,导致面团的黏弹性减小。 $\tan\delta$ 是损耗模量(G'')和储能模量(G')的比值,从图 1c 可以看出 $\tan\delta$ 始终小于 1,面团的储能模量始终大于损耗模量,说明面团的弹性占主导地位;另一方面,随着壳寡糖添加量的增加, $\tan\delta$ 逐渐增大,说明面团储能模量的减小程度大于损耗模量,弹性的减小说明壳寡糖的添加使面粉的筋力减弱。

2.4 壳寡糖添加量对饼干质构特性的影响

质构特性是对酥性饼干品质评价的重要指标之一。其中硬度表示折断饼干时所需的重力^[19],脆度是探头从接触饼干开始到达到最大压缩力(饼干破碎)时候的距离,距离越短,脆度越小,表示饼干越酥脆^[20-21],由表 4 可知随着壳寡糖添加比例的增加,饼干的硬度显著降低($P<0.05$),相应的,饼干的脆度下降,饼干变酥脆,在添加量为 1.5% 时硬度和脆度最低,分别为 9422.80、8103.94 gf,说明壳寡糖添加量为 1.5% 左右时饼干最酥脆,这可能是由于壳寡糖

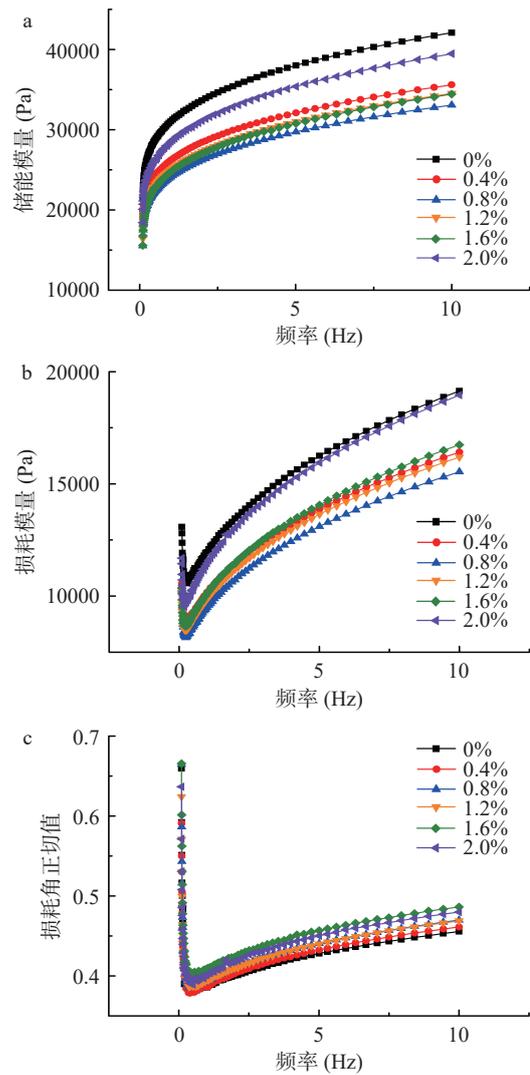


图 1 添加壳寡糖对面团动态流变特性的影响

Fig.1 Effects of chito-oligosaccharide on dynamic rheological properties of dough

吸水性较强,与面筋竞争水分,导致面筋吸水速度减慢,延缓了面筋网络形成,造成饼干硬度和脆度下降,饼干内部结构变得酥松^[16],这对于酥性饼干是有利的。

咀嚼性反映的是饼干对牙齿咀嚼的抵抗性,咀嚼性越小,饼干越容易被嚼碎,表明饼干的酥松性越好^[22]。黏聚性在感官上是指黏牙的感觉,当黏附性绝对值过大时,酥性饼干会黏附在口腔壁上,对饼干口感产生非常不利的影响^[23]。从表 4 可知,添加了壳寡糖后,饼干的黏聚性差异不显著,饼干的咀嚼性先降低后增加,在添加量为 1.5% 时最低为 2816.95 gf,

表 4 壳寡糖添加量对饼干质构特性的影响

Table 4 Effects of chito-oligosaccharide addition on texture properties of biscuits

壳寡糖添加量(%)	硬度(gf)	脆度(gf)	咀嚼性(gf)	黏聚性
0	14126.71±833.49 ^b	14126.71±833.49 ^b	6047.57±3215.85 ^b	0.56±0.22 ^a
0.5	11543.69±991.45 ^a	10903.91±723.63 ^a	3797.46±2190.01 ^a	0.52±0.07 ^a
1.0	11327.46±1326.11 ^a	8604.24±2462.64 ^a	3628.10±1322.80 ^a	0.49±0.10 ^a
1.5	9422.80±1741.28 ^a	8103.94±1792.77 ^a	2816.95±944.02 ^a	0.53±0.05 ^a
2.0	11002.80±1446.31 ^a	10773.10±1210.64 ^a	4007.90±1417.80 ^{ab}	0.58±0.10 ^a

说明添加量在 1.5% 时的饼干最容易被嚼碎, 饼干的酥松性最好。

2.5 壳寡糖添加量对饼干色泽的影响

色泽是决定消费者对饼干接受程度的重要因素。不同添加量的壳寡糖对饼干的 L^* 值、 a^* 值和 b^* 值均有显著性影响(见图 2), L^* 值代表样品亮度, L^* 值越大样品表面颜色越浅; a^* 值代表红绿度值, 其中正值表示红色调, 负值表示绿色调; b^* 值代表样品

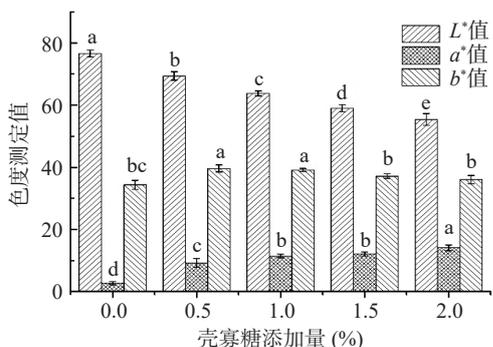


图 2 壳寡糖添加量对酥性饼干 L^* 、 a^* 、 b^* 值的影响

Fig.2 Influence of chito-oligosaccharide addition on L^* , a^* and b^* values of crisp cookies

注: 同一指标不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

黄蓝度值, 正值表示黄色调, 负值表示蓝色调^[24]。从图 2 可以看出, 空白组(壳寡糖添加量为 0%)饼干 L^* 值为 76.60, 随着壳寡糖添加量的增加, 饼干的 L^* 值均显著降低 ($P < 0.05$), a^* 值逐渐增加, 且实验组与空白组差异性显著 ($P < 0.05$); b^* 值的变化趋势趋于平缓, 当添加量达到 1.5% 和 2.0% 时壳寡糖的饼干 b^* 值与空白组相比差异不显著。以上结果表明了壳寡糖的加入会导致酥性饼干颜色变深, 这可能是由于壳寡糖分子量小、聚合度低, 且分子中含有的氨基, 可与糖类物质发生强烈的美拉德反应, 从而加剧了酥性饼干色泽的变化^[25-26]。

2.6 壳寡糖添加量对饼干内部结构的影响

图 3 是添加不同量壳寡糖饼干在体视显微镜成像系统下的内部成像图。从图中可以看出, 在添加量为 1.5% 和 2.0% 时饼干的焦糖色加深, 这与图 2 中色泽变化相符。另外, 从图 3a 中可以看出添加量为 0% 的饼干组织结构有较大的孔洞, 而添加 0.5% 和 1.0% 的壳寡糖后, 饼干的内部结构得到改善, 孔洞变小而均匀, 内部结构变得疏松, 进一步验证了饼干的质构特性变化趋势, 整体来看, 壳寡糖添加量 1.0% 的饼干色泽好, 内部组织结构良好, 可对饼干产生较好的影响。



图 3 酥性饼干横截面体式显微成像图

Fig.3 Cross section microscopic imaging of crisp cookies

注: a、b、c、d、e 分别代表壳寡糖添加量为 0%、0.5%、1.0%、1.5% 和 2.0% 的饼干横截面(2×)。

2.7 壳寡糖添加量对饼干感官评分的影响

由 8 位评分小组成员对酥性饼干的色泽、外观形态、酥松度、滋味与口感、组织结构分别进行品尝打分, 结果见图 4。从外观形态上看, 空白组和实验组的饼干外形完整、厚薄均匀, 裂纹少, 整体差异

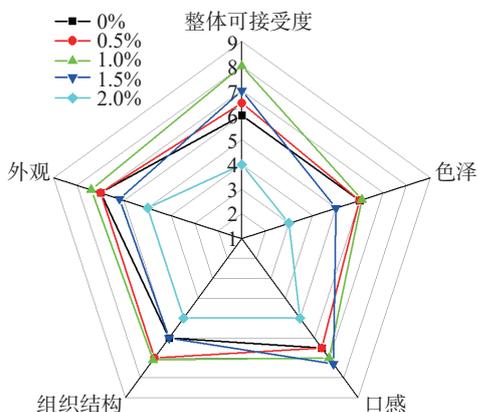


图 4 壳寡糖添加量对酥性饼干感官评分的影响雷达图

Fig.4 Radar map of the effect of chito-oligosaccharide addition on the sensory score of crisp cookies

不大; 在色泽上, 由于壳寡糖在高温焙烤过程中, 易发生美拉德反应及焦糖化反应, 造成了酥性饼干颜色过深, 导致添加了 1.5% 和 2.0% 壳寡糖的酥性饼干色泽评分偏低, 可接受度较小; 从组织结构、滋味口感的评分可以得出, 适当地添加壳寡糖后, 饼干的酥松度、组织结构和滋味口感得到改善, 尤其是在添加量为 1.0% 时, 饼干酥脆性好, 质地均匀, 不粘牙; 但壳寡糖添加量为 2.0% 时又会导致饼干变得粘牙, 酥脆性降低。综合整体评价, 壳寡糖添加量为 1.0% 的酥性饼干的整体评分最高。

2.8 不同添加量壳寡糖对酥性饼干抗氧化性的影响

有研究表明, 壳寡糖作为天然的抗氧化剂, 主要通过清除自由基等方式来发挥抗氧化性, 且分子量越低的壳寡糖抗氧化性越好, 低分子量的壳寡糖结构相对比较松散, 分子内氢键较弱, 分子链上的氨基和羟基活性高, 容易与自由基反应, 发挥更强的清除效果^[27-28]。此外, 有研究基于壳寡糖和还原糖或某类氨基酸发生美拉德反应, 发现制备出的美拉德复合产物也具有提高抗氧化性能的优点^[29-30]。饼干储藏期间品质变化的好坏, 以及样品中油脂酸败的程度

可以通过酸价、过氧化值和丙二醛的变化来判断。GB 7100-2015《饼干》中对酸价和过氧化值的限量标准分别为 $\leq 5 \text{ mg/g}$ 、 $\leq 0.25 \text{ g/100 g}$ 。从图 5~图 7 可以看出,在饼干 28 d 的储藏过程中,实验组酥性饼干的酸价、过氧化值和 TBA 均随着储存天数的增加而显著($P<0.05$)上升,但均在限量标准范围内;其中添加了 1.0%、1.5% 和 2.0% 的壳寡糖的酥性饼干过氧化值在储藏过程中增长趋势都较为平缓,说明壳寡糖可以有效延缓储藏期饼干中脂质的水解和氧化酸败。另外,实验组的酸价、过氧化值和 TBA 显著

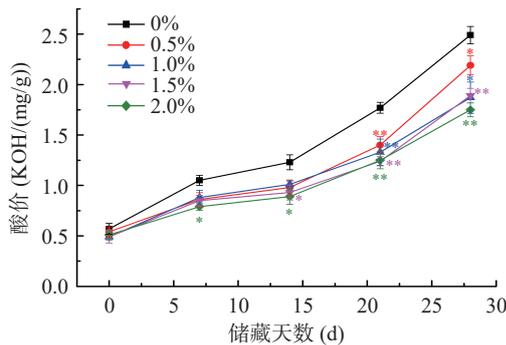


图 5 壳寡糖添加量对饼干酸价的影响

Fig.5 Influence of chito-oligosaccharide addition on acid value of biscuits

注:与空白组对比,*表示具有显著性差异($P<0.05$),**表示具有极显著性差异($P<0.01$);图 6~图 7 同。

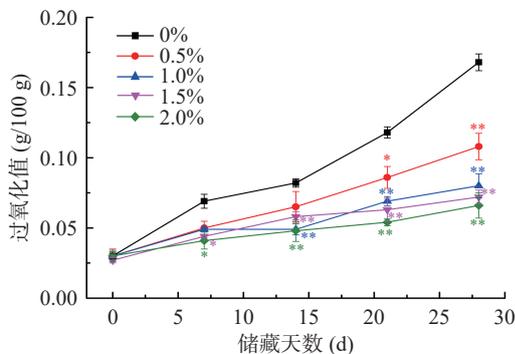


图 6 壳寡糖添加量对饼干过氧化值的影响

Fig.6 Influence of chito-oligosaccharide addition on peroxide value of biscuits

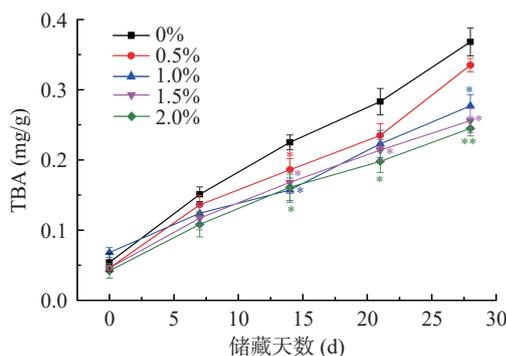


图 7 壳寡糖添加量对饼干 TBA 的影响

Fig.7 Influence of chito-oligosaccharide addition on TBA of biscuits

($P<0.05$)低于空白组,且随着壳寡糖添加量的增加逐渐降低,表明壳寡糖的添加量越多,抗氧化效果越好,对饼干的存放越有利。由此证明了壳寡糖作为一种天然抗氧化剂对延长饼干的货架期具有重要的意义。

3 结论

本文研究了不同添加量的壳寡糖对面团以及酥性饼干品质特性的影响。结果表明,壳寡糖添加比例的增加,显著($P<0.05$)延长了面团的稳定时间,降低了面粉的吸水率和面团弱化度,弱化了面团筋力,提升了面粉的粉质质量指数,这对添加适量的壳寡糖改善酥性饼干品质具有积极作用。通过质构、色泽、体视显微成像、感官评价和抗氧化性五个方面研究了壳寡糖的添加量对酥性饼干品质的影响,结果表明适量添加壳寡糖能够改善饼干的组织结构,使酥性饼干断面结构气孔细密均匀,同时降低饼干的硬度和咀嚼性,提高饼干的酥松度,改善口感滋味。整体来看,当壳寡糖添加量为 1.0% 时制作的酥性饼干,消费者整体可接受度更高;抗氧化性指标结果表明,与空白组对比,添加壳寡糖降低了饼干样品的酸价、过氧化值和 TBA 值,可以有效延缓储藏期饼干的氧化酸败,对延长酥性饼干的保质期可以起到重要作用。综合各实验指标结果,壳寡糖添加量为 1.0% 时酥性饼干的品质最佳,添加壳寡糖对小麦制品的品质改良有积极作用。考虑到其他因素对面制品的影响,未来在实际生产应用中可进一步研究壳寡糖结合不同的包装方式对烘焙产品保质期的影响;也可以探究壳寡糖结合不同添加剂对制作不同面制品品质的改良。

参考文献

- [1] GUAN G P, AZAD M A K, LIN Y S, et al. Biological effects and applications of chitosan and chito-oligosaccharides[J]. *Frontiers in Physiology*, 2019, 10: 1-9.
- [2] KIM S. Competitive biological activities of chitosan and its derivatives: antimicrobial, antioxidant, anticancer, and anti-inflammatory activities[J]. *International Journal of Polymer Science*, 2018: 1-13.
- [3] ZHOU Y, LI S Y, LI D D, et al. Enzymatic preparation of chito-oligosaccharides and their anti-obesity application[J]. *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*, 2020, 84(7): 1460-1466.
- [4] MA Z X, YANG L Y, YAN H X, et al. Chitosan and oligochitosan enhance the resistance of peach fruit to brown rot[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2013, 94(1): 272-277.
- [5] LIN Y, MIN W, MAHMOOD K I, et al. Preparation and characterization of chitosan oligosaccharide derivatives containing cinnamyl moieties with enhanced antibacterial activities[J]. *LWT*, 2021, 147: 1-8.
- [6] 王宗继, 范立强, 蒋丽华. 基于壳寡糖的特殊医学用途配方食品的开发[Z]. 临沂: 山东卫康生物医药科技股份有限公司, 2019-09-20. [WANG Z J, FAN L Q, JIANG L H. Development of special medical formulations based on chito-oligosaccharides[Z]. Linyi: Shandong Weikang Biomedicine Technology Co., Ltd., 2019-09-20.]
- [7] 郭平强. 酶法制备壳寡糖及其保健食品的功能研究[D]. 福州: 福建师范大学, 2018. [GUO P Q. Study on the function of chi-

- tosan oligosaccharides prepared by enzyme and its health food[D]. Fuzhou: Fujian Normal University, 2018.]
- [8] 柯媛. 多糖对辣条品质的影响及体外抑菌作用初探[D]. 武汉: 武汉轻工大学, 2021. [KE Y. Effect of polysaccharides on the quality of spicy strip and the bacteriostatic effect *in vitro*[D]. Wuhan: Wuhan Polytechnic University, 2021.]
- [9] 杨航. 壳聚糖和壳寡糖对小麦面团及其成品特性的影响[D]. 武汉: 武汉轻工大学, 2020. [YANG H. Effects of chitosan and chito-oligosaccharides on the properties of wheat dough and products[D]. Wuhan: Wuhan Polytechnic University, 2020.]
- [10] RAKKHUMKAEW N, PENG S U K C. Chitosan and chito-oligosaccharides from shrimp shell waste: Characterization, antimicrobial and shelf life extension in bread[J]. *Food Science and Biotechnology*, 2018, 27(4): 1201-1208.
- [11] KERCH G, ZICANS J, MERI R M. The effect of chitosan oligosaccharides on bread staling[J]. *Journal of Cereal Science*, 2010, 52(3): 491-495.
- [12] DUTA D E, CULETU A. Evaluation of rheological, physico-chemical, thermal, mechanical and sensory properties of oat-based gluten free cookies[J]. *Journal of Food Engineering*, 2015, 162: 1-8.
- [13] 韩小存. 大豆渣粉在酥性饼干中的应用研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(20): 8223-8228. [HAN X C. Application of soybean residue powder in crisp cookies[J]. *Journal of Food Safety and Quality Inspection*, 2021, 12(20): 8223-8228.]
- [14] 李诗炜. 熟化谷物粉在储藏过程中的氧化及其评价指标分析[D]. 无锡: 江南大学, 2017. [LI S W. Analysis of oxidation and evaluation indexes of instant cereal flours during storage[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2017.]
- [15] 陆林. 鹰嘴豆粉强化对饼干淀粉消化性与质构的影响及其机制[D]. 无锡: 江南大学, 2022. [LU L. The effect and its mechanism of chickpea flour fortification on the starch digestibility and texture of biscuits[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2022.]
- [16] 沈海斌, 杨航, 王月慧, 等. 壳聚糖对小麦面团流变学特性的影响[J]. 食品工业科技, 2018, 39(20): 30-34, 40. [SHEN H B, YANG H, WANG Y H, et al. Effect of chitosan on rheological properties of wheat dough[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2018, 39(20): 30-34, 40.]
- [17] 王俊颖, 许晓云, 翟立公, 等. 紫甘薯粉-黑麦粉混粉理化特性及其对酥性饼干品质的影响[J]. 中国粮油学报, 2020, 35(11): 26-32. [WANG J Y, XU X Y, ZHAI L G, et al. Physicochemical properties of mixed purple sweet potato and rye flour and its effect on the quality of crisp cookies[J]. *Chinese Journal of Grain and Oils*, 2020, 35(11): 26-32.]
- [18] 王晓阳, 王凤成, 肖小洪, 等. 吹泡仪及其在专用面粉研发中的应用[J]. 现代面粉工业, 2009, 23(4): 38-40. [WANG X Y, WANG F C, XIAO X H, et al. Foaming apparatus and its application in development of special flour[J]. *Modern Flour Industry*, 2009, 23(4): 38-40.]
- [19] MILLAR K A, BARRY-RYAN C, BURKE R, et al. Effect of pulse flours on the physicochemical characteristics and sensory acceptance of baked crackers[J]. *International Journal of Food Science and Technology*, 2017, 52(5): 1155-1163.
- [20] 杨涛, 王沛, 周琴, 等. 醇溶蛋白和麦谷蛋白配比对饼干品质的影响[J]. 食品科学, 2020, 41(6): 8-15. [YANG T, WANG P, ZHOU Q, et al. Effect of proportion of glycine and glutenin on quality of biscuit[J]. *Food Science*, 2020, 41(6): 8-15.]
- [21] 赵金梅, 邢灵英, 苑广静, 等. 马铃薯全粉对酥性饼干品质风味及消化特性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2022, 48(1): 218-226. [ZHAO J M, XING L Y, YUAN G J, et al. Effect of potato whole powder on quality, flavor and digestive characteristics of crisp cookies[J]. *Food and Fermentation Industry*, 2022, 48(1): 218-226.]
- [22] 陈金凤, 汪月, 马云翔, 等. 马铃薯淀粉对面团流变学特性及酥性饼干品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(5): 121-127. [CHEN J F, WANF Y, MA Y X, et al. Effects of potato starch on rheological properties of dough and quality of crisp cookies[J]. *Food and Fermentation Industry*, 2020, 46(5): 121-127.]
- [23] 何四云. 甜杏仁粉对酥性饼干品质的影响[J]. 食品科技, 2018, 43(10): 224-228. [HE S Y. Effect of Sweet almond meal on the quality of crisp cookies[J]. *Food Science and Technology*, 2018, 43(10): 224-228.]
- [24] 盛金凤, 何雪梅, 唐雅园, 等. 桑葚全果粉与果渣粉对曲奇饼干品质和抗氧化特性的影响[J]. 食品工业科技, 2021, 42(10): 1-7. [SHENG J F, HE X M, TANG Y Y, et al. Effects of whole fruit powder and fruit residue powder on the quality and antioxidant properties of cookies[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2021, 42(10): 1-7.]
- [25] YU X Q, JING Y J, YAN F. Chito-oligosaccharide-lysine maillard reaction products: Preparation and potential application on fresh-cut kiwifruit[J]. *Food and Bioprocess Technology*, 2019, 12(7): 1133-1143.
- [26] ZHANG H, ZHANG Y, BAO E, et al. Preparation, characterization and toxicology properties of α - and β -chitosan Maillard reaction products nanoparticles[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2016, 89: 287-296.
- [27] SUN T, ZHOU D X, XIE J L, et al. Preparation of chitosan oligomers and their antioxidant activity[J]. *European Food Research and Technology*, 2007, 225(3-4): 451-456.
- [28] 赵盼. 壳聚糖和壳寡糖的抗氧化特性及其抑制苹果果汁褐变机理的研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2011. [ZHAO P. Study on antioxidant properties of chitosan and chito-oligosaccharides and their mechanism of inhibiting browning of apple juice[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2011.]
- [29] JUNG W K, PARK P J, AHN C B, et al. Preparation and antioxidant potential of maillard reaction products from (MRPs) chito-oligomer[J]. *Food Chemistry*, 2014, 145: 173-178.
- [30] YAN F, YU X Q, JING Y J. Optimized preparation, characterization, and antioxidant activity of chito-oligosaccharide-glycine Maillard reaction products[J]. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 2018, 55(2): 712-720.