

牡蛎酶解产物添加量 对苏打饼干品质的影响

杨 昭,姚玉静*,梁瑞进,黄佳佳,梁志理,张 琼,陈丽珊
(广东食品药品职业学院食品学院,广东广州 510520)

摘 要:为探究牡蛎酶解产物添加量对苏打饼干品质的影响,制作牡蛎酶解产物添加量为0、2%、4%、6%、8%、10%的饼干,探究其在感官、色度、质构指标上的差别,并应用固相微萃取气相色谱质谱联用法对挥发性风味成分进行分析鉴定。结果表明:随着牡蛎酶解产物添加量的增加,饼干的外观形态、色泽、风味、组织、口感和综合评分呈现较大的分数差异。牡蛎酶解产物添加量为6%的饼干,呈现最好的外观形态、色泽、组织、口感和综合评分。添加牡蛎酶解产物的饼干, L^* 值和 b^* 值均高于未添加的饼干,而 a^* 值均低于未添加的饼干。添加牡蛎酶解产物的饼干,硬度、内聚性和咀嚼性均高于未添加的饼干。未添加牡蛎酶解产物饼干中鉴定出24个风味成分,而6%牡蛎酶解产物饼干中鉴定出30个风味成分。添加6%牡蛎酶解产物饼干比未添加牡蛎酶解产物饼干的风味物质更加丰富。

关键词:牡蛎,苏打饼干,色度,质构,风味

Effects of Oyster Hydrolysates on the Quality of Soda Biscuits

YANG Zhao, YAO Yu-jing*, LIANG Rui-jin, HUANG Jia-jia, LIANG Zhi-li, ZHANG Qiong, CHEN Li-shan

(School of Food Science, Guangdong Food and Drug Vocational College, Guangzhou 510520, China)

Abstract: In order to explore the effect of oyster hydrolysates on the quality of soda biscuits, the biscuits with 0, 2%, 4%, 6%, 8% and 10% oyster hydrolysates were prepared, and the differences in sensory, chroma and texture indexes were investigated. The volatile flavor components were analyzed and identified using headspace solid phase micro extraction and gas chromatography-mass spectrometry. The results showed that with increasing ratio of oyster hydrolysate, the appearance, color, flavor, texture, taste, and comprehensive score of the biscuits showed significant difference. The biscuits with 6% oyster hydrolysate showed the optimum appearance, color, texture, taste and comprehensive score. The L^* value and b^* value of the biscuits with inclusion of oyster hydrolysate were higher than those without oyster hydrolysate addition, while the a^* values were lower than those biscuits without oyster hydrolysate. The hardness, cohesion and chewiness of biscuits with oyster hydrolysate were higher than those without oyster hydrolysate. Twenty-four flavor components were identified in biscuits without oyster hydrolysate, while thirty flavor components were identified in biscuits with 6% oyster hydrolysate. The biscuits with 6% oyster hydrolysate addition were richer in flavor than those without oyster hydrolysate.

Key words: oyster; soda biscuit; chroma; texture; flavor

中图分类号:TS201.1

文献标识码:A

文章编号:1002-0306(2020)19-0026-07

doi:10.13386/j.issn1002-0306.2020.19.005

引文格式:杨昭,姚玉静,梁瑞进,等.牡蛎酶解产物添加量对苏打饼干品质的影响[J].食品工业科技,2020,41(19):26-32.

牡蛎俗称生蚝,别名蛎黄、蚝白、海蛎子,是世界上第一大养殖贝类,也是我国四大养殖贝类之一^[1]。牡蛎肉味道鲜美,营养价值较高。干牡蛎肉中含高达45%~57%的蛋白质,还含有多种维生素及牛磺酸、硒、铁、锌等生物活性成分^[2]。目前我国牡蛎主要还是以生鲜销售为主,市场上的牡蛎加工产品仅占生鲜总产量的10%左右,且牡蛎加工产品以非即食

蚝干、蚝油为主^[3]。近年来众多研究者利用生物酶法处理牡蛎制备呈味肽和生物活性肽,来提高牡蛎的经济价值^[4]。牡蛎酶解产物含有丰富的肽和氨基酸,并具有抗氧化、降血糖等生物活性^[5]。但将牡蛎酶解产物应用于产品中的研究较少。仅有牡蛎酶解产物应用于饮料开发的报道^[6]。

饼干是深受消费者喜爱的方便食品之一,具有

收稿日期:2019-09-03

作者简介:杨昭(1987-),男,硕士,助教,研究方向:食品深加工及风味化学,E-mail:yangz@gdyzy.edu.cn。

*通讯作者:姚玉静(1979-),女,硕士,副教授,研究方向:食品生物技术、食品检测,E-mail:153183602@qq.com。

基金项目:广东食品药品职业学院自然科学研究项目-自然科学一般项目(2018ZR021);广东高校省级重点平台和重大科研项目-青年创新人才项目(2018GKNCX132);国家自然科学基金项目(31801667);广东省自然科学基金-博士启动项目(2017A030310633)。

广阔的消费市场。已有研究者将动物或植物蛋白酶解产物应用于饼干制作之中。安灿^[7]以龙头鱼为原料,通过酶解筛选咸味最佳的酶解液,将其应用于低钠咸味酥曲奇饼干研发,获得颜色棕黄、口感酥脆的饼干。单凯祥等^[8]发现白果蛋白酶解物能有效提高饼干感官品质,且添加 20% 白果蛋白酶解物可以减少饼干的氧化程度。目前为止,鲜有牡蛎酶解产物应用于饼干中的研究报道。因此,本研究拟探讨牡蛎酶解产物添加量对苏打饼干品质的影响,以期对牡蛎酶解产物在饼干工业中的应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

近江牡蛎肉 购于广东阳江,-18℃冻存;胰蛋白酶(酶活 4000 U/g) 重庆市全新祥盛生物制药有限公司;风味蛋白酶(酶活 500 LAPU/g) 诺维信中国公司;酵母、低筋面粉、食盐、小苏打、烘焙用油 市售。

PB-10 pH 计 梅赛多利斯科学仪器(北京)有限公司;K9840 凯氏定氮仪 济南海能仪器股份有限公司;RE-52AA 旋转蒸发器 上海亚荣生化仪器厂;KVC30 和面机 英国凯伍德(中国)有限公司;SM-503 电烤炉 新麦机械有限公司(中国);NS810 分光测色仪 深圳市三恩驰科技有限公司;CT3 质构仪 美国 Brookfield 公司;家用电动小型压面机 永康市康美佳食品机械厂;手动 SPME 进样手柄、50 μm 二乙苯基/碳分子筛/聚二甲基硅氧烷(DVB/CAR/PDMS)萃取头 美国 supelco 公司;GCMS-QP2010 Ultra 气相色谱质谱联用仪 日本岛津制作所。

1.2 实验方法

1.2.1 牡蛎酶解产物制备 参照姚玉静等^[9]的方法进行略有调整。准确称取 8000 g 解冻的牡蛎肉,加入 4℃预冷的蒸馏水 8000 g,打浆后调整 pH 至 7.5,加入总重量 0.15% 的复合酶(胰蛋白酶与风味蛋白酶质量比为 2:1),搅拌均匀后分装至 2 L 的烧杯中,每个烧杯中盛装 1000 g 浆液,在 55℃水浴摇床中(转速:100 r/min)酶解至水解度达到稳定。煮沸 20 min 灭酶,冷却后过 60 目筛网。滤液在 50℃旋转蒸发器中浓缩至粘稠状,浓缩物合并后-18℃冻存。浓缩物即为牡蛎酶解产物。

1.2.2 牡蛎酶解产物指标测定 蛋白质含量测定采用凯氏定氮法^[10]。水解度测定采用甲醛滴定法^[11]。

水分含量测定采用直接干燥法^[12]。

1.2.3 饼干的制备 饼干制作基础配方参照赵正梅等^[13]的方法略有调整。以低筋面粉质量为烘焙百分比 100%,分别添加 0、2%、4%、6%、8% 和 10% 的牡蛎酶解产物,在每个配方中水的添加量扣除牡蛎酶解产物中所含的水分,配方见表 1。酵母和牡蛎酶解产物混合后,加入 40℃的水搅拌溶解,置于醒发箱中 25℃发酵 1 h,然后加入食盐、小苏打、低筋面粉和植物油。在和面机中将混合物搅拌至面团状,室温下静置 20 min。利用压面机将面团压出厚度为 1 cm 的面片,再用长方形模具压出 5 cm×3 cm 的饼干面胚。焙烤温度上火为 170℃,下火为 160℃,烤制 15 min。最后将焙烤好的饼干自然冷却并密封,置于干燥器中保存^[14]。

1.2.4 饼干感官评价 参照李兴江等^[15]的方法进行饼干感官评价,感官评价标准如表 2 所示。感官评价小组由 12 名经过感官检验课程学习的学生组成(6 名男性和 6 名女性,年龄 16~20 岁),在感官评价前利用普通饼干对评价小组成员进行培训。

1.2.5 饼干色度值测定 参照李明娟等^[16]的方法进行饼干色度值的测定。采用 NS810 分光测色仪测定饼干 L* 值、a* 值和 b* 值。每个样品随机取 6 块饼干,每块饼干随机选择 3 个点测定,取平均值。

1.2.6 饼干质构分析 采用 CT3 质构仪对饼干质构特性进行测定分析,测定条件为:TPA 模式,选用 TA5 圆柱形探头,距离 0.5 mm,触发力 5 g,测试速度 0.5 mm/s,每个样品随机取 6 块饼干,在每块饼干中心点测量取平均值。

1.2.7 饼干风味物质检测 利用顶空固相微萃取气相色谱质谱联用法检测饼干挥发性风味成分^[14]。2 g 磨碎的饼干样品置于 20 mL 顶空瓶中,加入 3 mL 质量浓度为 20% 的 NaCl 溶液。用 GC-MS 联用仪进行风味物质分析。顶空固相微萃取条件:萃取头插入顶空瓶中,60℃平衡 10 min 后,吸附 30 min。色谱条件:Rts-5MS 色谱柱(30 m×0.25 mm,0.25 μm)。升温程序:起始温度为 60℃,保留 5 min,以 5℃/min 升至 180℃,再以 10℃/min 升至 250℃,保留 5 min。不分流进样。进样口温度为 250℃,解吸温度为 250℃,解吸时间为 5 min。载气为高纯氦气(99.999%),流速为 0.8 mL/min。质谱条件:EI 离子源,电子能量为 70 eV,离子源温度为 230℃,质量扫描范围为 35~450 u。风味物质的化合物及数量通过 NIST 11 标

表 1 饼干配方
Table 1 Biscuit formula

牡蛎酶解产物添加量(%)	0	2	4	6	8	10
低筋面粉(g)	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00
水(g)	60.00	58.74	57.49	56.23	54.98	53.72
烘焙用油(g)	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00
盐(g)	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
酵母(g)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
小苏打(g)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
牡蛎酶解产物(g)	0.00	4.00	8.00	12.00	16.00	20.00

表2 饼干感官评定标准
Table 2 Sensory evaluation standard of biscuits

项目	评价标准	评分(分)
外观形态 (20分)	花纹清晰,外形很完整,厚薄很均匀,不收缩、不变形,不起泡,凹底很少。	15~20
	外形较完整,花纹较清晰,厚薄基本均匀,收缩和变形少,起泡少,凹底很少。	6~14
	外形不完整,花纹不清晰,厚薄不均匀,收缩和变形多,起泡非常多,凹底非常多。	1~5
色泽 (20分)	色泽非常均匀,有光泽,呈浅黄色、谷黄色,无白粉,无过焦、过白、过暗的现象。	15~20
	色泽基本均匀,光泽不明显,有非常少量白粉,有很少过焦、过白、过暗现象。	6~14
	色泽不均匀,光泽感很差,有大量白粉,有大量过焦、过白、过暗现象。	1~5
风味 (20分)	香味浓郁,无腥味,无异味。	15~20
	香味较强,有轻微腥味或异味。	6~14
	香味弱,有强烈的腥味或异味。	1~5
组织 (10分)	断面结构层次分明或呈多孔状,内部结构细密均匀,无孔洞。	7~10
	断面结构层次不分明或不呈多孔状,较细密,孔洞小。	4~6
	无层次感,易碎易断。	1~3
口感 (30分)	口感松脆,咸味适中,滋味丰富,有较强的回味感。	20~30
	口感较松脆,咸味适中,滋味较丰富,回味感一般。	10~19
	口感不松脆,太淡或者太咸,滋味一般,无回味感。	1~10

准谱库进行检索,取相似度大于80%的化合物。风味物质的相对含量采用峰面积归一化法积分获得。

1.3 数据处理

所有测定进行3次,取其平均值。采用Excel 2010和SPSS 20.0软件进行数据统计处理,使用单因素试验统计分析,当 $P < 0.05$ 时判定组间存在显著差异。

2 结果与分析

2.1 牡蛎酶解产物成分分析

牡蛎分离蛋白是一种优质食品蛋白质资源,包含肌球蛋白、肌动蛋白及副肌球蛋白等组分^[17]。但大分子的牡蛎分离蛋白,只有被降解成小分子肽,才会显现出抗氧化、抗疲劳或者免疫力增强等功能^[5,18]。同时蛋白被充分水解后,酶解产物中富含游离氨基酸。游离氨基酸是美拉德反应的直接底物。饼干的色泽和风味主要来源于美拉德反应。为充分利用牡蛎资源,并获得高水解度的牡蛎酶解产物,将牡蛎蛋白充分酶解。由表3可知,牡蛎酶解液的水解度为62.24%。牡蛎肉中不仅含有丰富的蛋白质,还含有功能性较强的糖胺聚糖和牛磺酸等成分^[19-20]。因此,牡蛎肉充分酶解后,过60目筛网,收集所有的滤液。鉴于牡蛎酶解液中含有较多水分,随着添加量的增大,会对面团成型造成影响。因此,通过蒸发

浓缩,获得水分含量为31.38%和蛋白质含量为22.02 g/100 g的牡蛎酶解产物。

表3 牡蛎酶解产物成分
Table 3 The composition of oyster hydrolysates

样品	水解度 (%)	水分含量 (%)	蛋白质含量 (g/100 g)
牡蛎酶解产物	62.24 ± 0.40	31.38 ± 0.88	22.02 ± 0.72

2.2 牡蛎酶解产物添加量对饼干感官评价的影响

由表4可知,随着牡蛎酶解产物添加量的增加,饼干的外观形态、色泽、风味、组织、口感和综合评分呈现较大的分数差异。牡蛎酶解产物添加量为6%的饼干,呈现最好的外观形态、色泽、组织、口感和综合评分。牡蛎酶解产物添加量为0的饼干,呈现最好的风味($P < 0.05$)。可能由于牡蛎作为海产品,其酶解产物含有一定的腥味成分,消费者对腥味的感受存在较强的敏感性。因此,牡蛎酶解产物的添加,存在一定的腥味或异味,致使不添加牡蛎酶解产物的饼干风味较好。但腥味是海产品的特征风味,只要腥味较为柔和,可以作为产品的特点。如螺旋藻饼干中也有轻微的腥味成分^[21]。牡蛎酶解产物有一定的腥味,强烈的鲜味,色泽为绿色。随着添加量的增多,饼干的风味明显变差,绿色加深,影响外观,口感不协调,不松脆。牡蛎酶解产物含有较多的营养

表4 牡蛎酶解产物添加量对饼干感官评分的影响

Table 4 Effects of the oyster hydrolysate contents on sensory evaluation score of biscuits

牡蛎酶解产物添加量(%)	外观形态(分)	色泽(分)	风味(分)	组织(分)	口感(分)	综合评分(分)
0	13.50 ± 0.29 ^b	11.57 ± 0.05 ^c	15.83 ± 0.25 ^a	7.43 ± 0.05 ^c	18.83 ± 0.25 ^c	67.17 ± 0.25 ^c
2	14.27 ± 0.65 ^b	11.43 ± 0.05 ^c	14.43 ± 0.05 ^b	8.27 ± 0.20 ^b	15.40 ± 0.31 ^e	63.80 ± 0.29 ^f
4	15.87 ± 0.56 ^a	13.27 ± 0.51 ^b	13.70 ± 0.15 ^c	8.27 ± 0.20 ^b	20.17 ± 0.25 ^b	71.27 ± 0.17 ^b
6	16.83 ± 0.25 ^a	14.70 ± 0.15 ^a	14.57 ± 0.05 ^b	9.87 ± 0.10 ^a	24.43 ± 0.05 ^a	80.40 ± 0.21 ^a
8	14.27 ± 0.15 ^b	13.43 ± 0.05 ^b	12.70 ± 0.15 ^d	8.27 ± 0.20 ^b	17.57 ± 0.05 ^d	66.23 ± 0.41 ^d
10	15.80 ± 0.50 ^a	13.43 ± 0.05 ^b	11.17 ± 0.25 ^e	8.27 ± 0.20 ^b	15.27 ± 0.20 ^f	63.93 ± 0.41 ^e

注:同一列数据上标不同小写字母表示不同处理间差异达到显著水平($P < 0.05$)。

成分,并不是添加越多越好,6%的牡蛎酶解产物添加量最适合饼干制作,其饼干的感官评价综合评分最高,评分为80.40分($P < 0.05$)。

2.3 牡蛎酶解产物添加量对饼干色度值的影响

L^* 值表示色泽的亮度,值越小表示样品越接近黑色,值越大表示样品越接近白色。由图1可知,牡蛎酶解产物添加量对饼干 L^* 值有较大的影响。随着牡蛎酶解产物添加量的增多, L^* 值呈现先增大后减小的趋势。牡蛎酶解产物添加量为8%时,饼干 L^* 值最大,数值为69.40。牡蛎酶解产物添加量为0时,饼干 L^* 值最小,数值为61.70。添加牡蛎酶解产物的饼干, L^* 值均高于未添加的饼干($P < 0.05$)。这与郭星辛等^[22]在鲢鱼酶解产物面包 L^* 值的研究结果一致,原因可能是焙烤过程中发生的美拉德反应对色泽的改善。

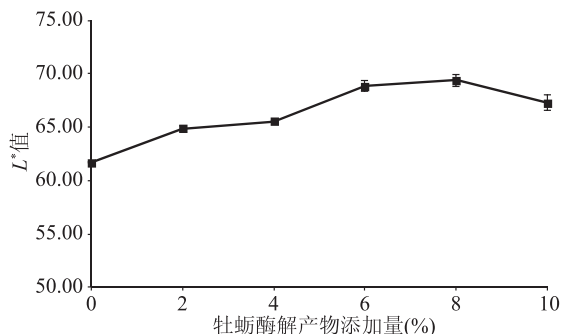


图1 牡蛎酶解产物添加量对饼干 L^* 值的影响

Fig.1 Effects of the oyster hydrolysate contents on L^* value of biscuits

a^* 值表示色泽的红绿色度,值越小表示样品越接近绿色,值越大表示样品越接近红色。由图2可知,牡蛎酶解产物添加量对饼干 a^* 值有较大的影响。随着牡蛎酶解产物添加量的增多, a^* 值逐渐减小。表明随着牡蛎酶解产物添加量的增加,饼干颜色逐渐变绿。原因可能为牡蛎的腮和唇瓣中所含有的马雷纳素在酶解过程中游离至溶液中,使得牡蛎酶解产物呈现绿色^[23]。不添加牡蛎酶解产物的饼干, a^* 值最大,数值为4.72。牡蛎酶解产物添加量为8%时,饼干的 a^* 值最小,数值为1.06。牡蛎酶解产物添加量为10%时,饼干的 a^* 值与8%牡蛎酶解产物添加量的饼干差异较小。添加牡蛎酶解产物的饼干, a^* 值均低于未添加的饼干,表明牡蛎酶解产物中的马雷纳素是饼干 a^* 值降低的主要原因。

b^* 值表示色泽的黄蓝色度,值越小表示样品越接近蓝色,值越大表示样品越接近黄色。由图3可知,随着牡蛎酶解产物添加量的增多,饼干的 b^* 值呈现先增大后减小的趋势。牡蛎酶解产物添加量在0~6%之间, b^* 值逐渐增大。随着牡蛎酶解产物添加量的继续增大, b^* 值缓慢减小。不添加牡蛎酶解产物的饼干, b^* 值最小,数值为17.59。牡蛎酶解产物添加量为8%时,饼干的 b^* 值最大,数值为21.36。牡蛎酶解产物添加量为6%时,饼干的 b^* 值与8%牡蛎酶解产物添加量的饼干基本相同。添加牡蛎酶解产物的饼干, b^* 值均高于未添加的饼干($P < 0.05$)。表

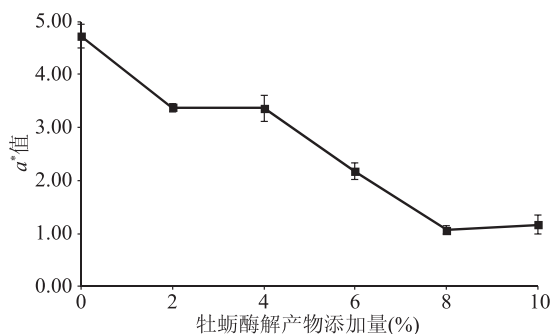


图2 牡蛎酶解产物添加量对饼干 a^* 值的影响

Fig.2 Effects of the oyster hydrolysate contents on a^* value of biscuits

明牡蛎酶解产物的添加对饼干黄色色泽形成有促进作用。原因可能在于,牡蛎酶解产物中富含游离氨基酸,饼干在焙烤过程中,游离氨基酸参与了美拉德反应,生成黄色或棕黄色物质^[24]。

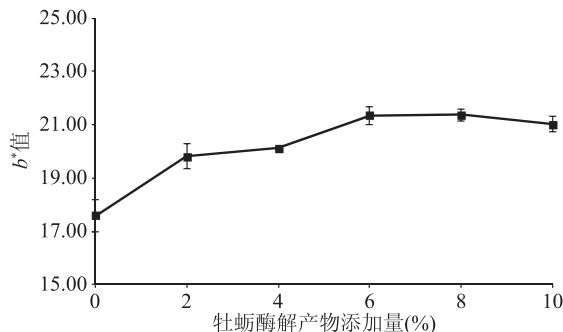


图3 牡蛎酶解产物添加量对饼干 b^* 值的影响

Fig.3 Effects of the oyster hydrolysate contents on b^* value of biscuits

2.4 牡蛎酶解产物添加量对饼干质构的影响

硬度是评价饼干质地的重要指标,饼干的硬度太小或者太大都会影响饼干的口感,适宜硬度的饼干口感更佳^[15]。由图4可知,随着牡蛎酶解产物添加量的增多,饼干的硬度先增大后减小。牡蛎酶解产物添加量在0~6%之间,硬度逐渐增大。随着牡蛎酶解产物添加量的继续增大,硬度逐渐减小。不添加牡蛎酶解产物的饼干,硬度最小($P < 0.05$)。牡蛎酶解产物添加量为6%时,饼干的硬度最大($P < 0.05$)。添加牡蛎酶解产物的饼干,硬度均高于未添

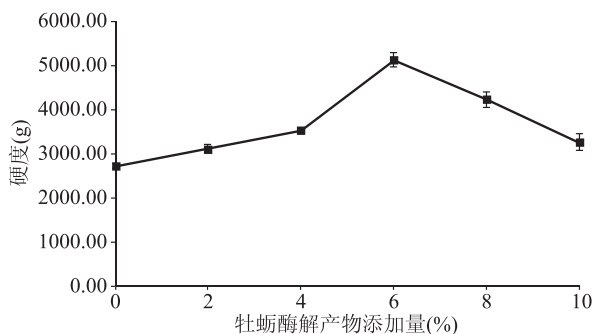


图4 牡蛎酶解产物添加量对饼干硬度的影响

Fig.4 Effects of the oyster hydrolysate contents on hardness of biscuits

加的饼干。原因可能是牡蛎酶解产物中的蛋白质阻碍面筋网络的形成,稀释了面粉中的面筋蛋白,从而弱化了面筋蛋白的网络结构,导致饼干的硬度增大^[25]。

内聚性反映食品内部结合力的大小^[16]。由图5可知,随着牡蛎酶解产物添加量的增多,饼干的内聚性呈现先增大后减小的趋势。牡蛎酶解产物添加量在0~4%之间,内聚性逐渐增大。随着牡蛎酶解产物添加量的继续增大,内聚性逐渐减小并趋于稳定。不添加牡蛎酶解产物的饼干,内聚性最小。牡蛎酶解产物添加量为4%时,饼干的内聚性最大($P < 0.05$)。牡蛎蛋白及其酶解产物具有一定的持水能力,适量添加可能对饼干的凝聚性有促进作用^[26]。添加牡蛎酶解产物的饼干,内聚性均高于未添加的饼干。

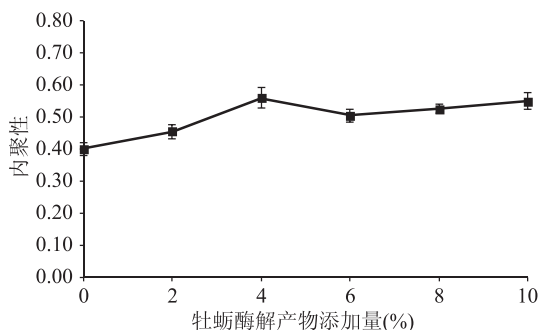


图5 牡蛎酶解产物添加量对饼干内聚性的影响

Fig.5 Effects of the oyster hydrolysate contents on cohesion of biscuits

咀嚼性是描述将食品咀嚼到可吞咽时所需要做的功,可以综合反映食品对咀嚼的持续抵抗性^[15]。由图6可知,随着牡蛎酶解产物添加量的增多,饼干的咀嚼性先增大后减小。牡蛎酶解产物添加量在0~6%之间,咀嚼性逐渐增大。随着牡蛎酶解产物添加量的继续增大,咀嚼性减小。不添加牡蛎酶解产物的饼干,咀嚼性最小。牡蛎酶解产物添加量为6%时,饼干的咀嚼性最大($P < 0.05$)。添加牡蛎酶解产物的饼干,咀嚼性均高于未添加的饼干($P < 0.05$)。原因可能是牡蛎酶解产物中的蛋白质降低了面团的蓬松度,使面团的气室减小,导致饼干的咀嚼性增加^[25]。

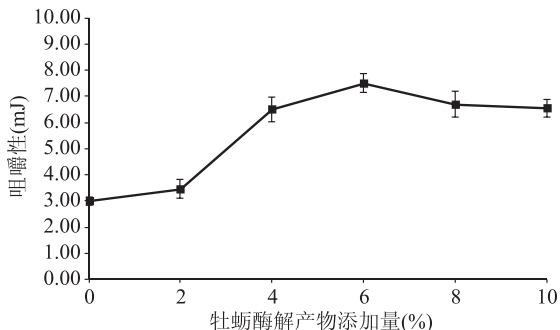


图6 牡蛎酶解产物添加量对饼干咀嚼性的影响

Fig.6 Effects of the oyster hydrolysate contents on chewiness of biscuits

2.5 牡蛎酶解产物饼干风味分析

综合考虑牡蛎酶解产物对饼干感官评分、色度值和质构的影响,认为6%的牡蛎酶解产物添加量对饼干的品质影响最好。利用顶空固相微萃取气相色谱质谱联用法分别检测6%牡蛎酶解产物饼干和未添加牡蛎酶解产物饼干的风味物质,风味成分分析结果如表5所示。

由表5可知,未添加牡蛎酶解产物饼干中鉴定出24个风味成分,包括14种烃类、1种酯类、3种醛类、2种酚类和4种醇类。而6%牡蛎酶解产物饼干中鉴定出30个风味成分,包括16种烃类、3种酯类、4种醛类、2种酚类、4种醇类和1种杂环类。两种饼干相同的风味成分有16个,其中含量较高的是十二烷、苯乙醇、长叶烯、三醋酸甘油酯和2,2,4,4-四甲基辛烷,相对含量在两种饼干中均大于3%。添加6%牡蛎酶解产物的饼干比未添加牡蛎酶解产物的饼干多14个风味成分,但与之相比却少8个风味成分。表明牡蛎酶解产物的添加对风味的生成有较大的影响。

风味成分的差异,对饼干品质的影响较大。6%牡蛎酶解产物饼干增多的14个风味成分,包含7种烃类、2种酯类、1种醛类、3种醇类和1种杂环类。烃类化合物主要来源于脂肪酸烷氧基的均裂,阈值较高,对风味影响不大^[27]。酯类化合物是酸和醇通过酯化作用生成,对风味有重要影响^[28]。含6%牡蛎酶解产物饼干中独有的酯类化合物是邻苯二甲酸二异丁酯(0.97%)和邻苯二甲酸二丁酯(0.42%)。醛类化合物主要来源于脂肪氧化降解,阈值较低,对饼干的风味具有较大贡献^[29]。含6%牡蛎酶解产物饼干中独有的醛类化合物是2,4-十二碳二烯醛(0.94%)。醇类化合物通常具有植物的芳香味,有一定的较佳风味感受^[15]。含6%牡蛎酶解产物饼干中独有的醇类化合物是2-甲基-1-癸醇(0.3%)、1-癸醇(0.47%)和2-乙基-2-甲基-十三醇(0.39%)。含N的杂环化合物通常具有较低的感官阈值,主要来源于还原糖与氨基酸之间的美拉德反应,包含呋喃、吡啶、吡嗪、吡咯、呋喃、吡啶及其衍生物,这些复杂的成分具有焦香与烤香风味^[30]。含6%牡蛎酶解产物饼干中独有的杂环类化合物是3-(2-丙烯基)-2-甲基吡嗪(1.65%)。综上所述,添加牡蛎酶解产物会引起饼干的风味物质发生变化,添加6%牡蛎酶解产物饼干比未添加牡蛎酶解产物饼干的风味物质更加丰富。

3 结论

随着牡蛎酶解产物添加量的增加,饼干的外观形态、色泽、风味、组织、口感和综合评分呈现较大的分数差异。牡蛎酶解产物添加量为6%的饼干,呈现最佳的外观形态、色泽、组织、口感和综合评分。添加牡蛎酶解产物的饼干, L^* 值和 b^* 值均高于未添加的饼干。而添加牡蛎酶解产物的饼干, a^* 值均低于未添加的饼干。随着牡蛎酶解产物添加量的增多,饼干的硬度、内聚性和咀嚼性均呈现先增大后减小的趋势。添加牡蛎酶解产物的饼干,硬度、内聚性和

表5 饼干风味分析结果
Table 5 The flavor analysis results of biscuits

类别	化合物英文名称	化合物中文名称	化学式	相对含量(%)	
				0 牡蛎酶解产物饼干	6% 牡蛎酶解产物饼干
烃类	Decane	癸烷	C ₁₀ H ₂₂	12.71	—
烃类	4-Undecene,3-methyl	4-甲基-十一烯	C ₁₂ H ₂₄	0.46	—
烃类	2,2,4,4-Tetramethyloctane	2,2,4,4-四甲基辛烷	C ₁₂ H ₂₆	3.74	3.57
烃类	Dodecane	十二烷	C ₁₂ H ₂₆	29.49	34.71
烃类	1-Tridecene	1-十三烯	C ₁₃ H ₂₆	1.05	—
烃类	Tridecane	十三烷	C ₁₃ H ₂₈	—	0.43
烃类	Undecane,2,5-dimethyl	2,5-二甲基十一烷	C ₁₃ H ₂₈	—	0.19
烃类	Tetradecane	十四烷	C ₁₄ H ₃₀	0.25	0.27
烃类	1-Pentadecene	十五烯	C ₁₅ H ₃₀	1.95	—
烃类	Pentadecane	十五烷	C ₁₅ H ₃₂	—	1.3
烃类	Hexadecane	十六烷	C ₁₆ H ₃₄	1.03	0.35
烃类	Tridecane,6-methyl	6-甲基十三烷	C ₁₄ H ₃₀	0.44	0.47
烃类	Tetradecane,5-methyl	5-甲基-十四烷	C ₁₅ H ₃₂	0.61	0.54
烃类	Heptadecane	十七烷	C ₁₇ H ₃₆	0.25	2.31
烃类	Longifolene	长叶烯	C ₁₅ H ₂₄	3.75	3.77
烃类	Undecane,4-cyclohexyl	4-环己基十一烷	C ₁₇ H ₃₄	—	0.44
烃类	7-Pentadecyne	7-十五炔	C ₁₅ H ₂₈	0.5	0.51
烃类	Decane,2-cyclohexyl	2-环己基癸烷	C ₁₆ H ₃₂	0.36	—
烃类	9-Octadecyne	9-十八炔	C ₁₈ H ₃₄	—	0.24
烃类	Heptadecane,8-methyl	8-甲基十七烷	C ₁₈ H ₃₈	—	0.29
烃类	Nonadecane	十九烷	C ₁₉ H ₄₀	—	0.65
小计				56.59	50.04
酯类	Triacetin	三醋酸甘油酯	C ₉ H ₁₄ O ₆	3.39	3.69
酯类	Phthalic acid,diisobutyl ester	邻苯二甲酸二异丁酯	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	—	0.97
酯类	Dibutyl phthalate	邻苯二甲酸二丁酯	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	—	0.42
小计				3.39	5.08
醛类	Benzeneacetaldehyde	苯乙醛	C ₈ H ₈ O	0.41	5.38
醛类	2-Nonenal	2-壬烯醛	C ₉ H ₁₆ O	0.32	0.28
醛类	Decanal	癸醛	C ₁₀ H ₂₀ O	0.96	0.96
醛类	2,4-Dodecadienal	2,4-十二碳二烯醛	C ₁₂ H ₂₀ O	—	0.94
小计				1.69	7.56
酚类	Phenol,2,4-bis(1,1-dimethylethyl)	2,4-二叔丁基苯酚	C ₁₄ H ₂₂ O	0.33	0.37
酚类	Phenol,2,6-bis(1,1-dimethylethyl)-4-(1-methylpropyl)	4-仲丁基-2,6-二叔丁基苯酚	C ₁₈ H ₃₀ O	0.28	0.38
小计				0.61	0.75
醇类	Phenylethyl Alcohol	苯乙醇	C ₈ H ₁₀ O	5.27	6.25
醇类	3-Nonen-1-ol	3-壬烯-1-醇	C ₉ H ₁₈ O	0.37	—
醇类	2-Nonen-1-ol,2-methyl	2-甲基-2-壬烯-1-醇	C ₁₀ H ₂₀ O	0.96	—
醇类	1-Decanol,2-methyl	2-甲基-1-癸醇	C ₁₁ H ₂₄ O	—	0.3
醇类	1-Dodecanol	1-癸醇	C ₁₂ H ₂₆ O	—	0.47
醇类	(Z)6-Pentadecen-1-ol	6-十五碳烯-1-醇	C ₁₅ H ₃₀ O	0.26	—
醇类	Tridecanol,2-ethyl-2-methyl	2-乙基-2-甲基-十三醇	C ₁₆ H ₃₄ O	—	0.39
小计				6.86	7.41
杂环类	Pyrazine,2-methyl-3-(2-propenyl)	3-(2-丙烯基)-2-甲基吡嗪	C ₈ H ₁₀ N ₂	—	1.65
小计				0	1.65

注:—表示未检测到。

咀嚼性均高于未添加的饼干。未添加牡蛎酶解产物饼干中鉴定出 24 个风味成分,包括 14 种烃类、1 种酯类、3 种醛类、2 种酚类和 4 种醇类。而含 6% 牡蛎酶解产物饼干中鉴定出 30 个风味成分,包括 16 种烃类、3 种酯类、4 种醛类、2 种酚类、4 种醇类和 1 种杂环类。两种饼干相同的风味成分有 16 个。添加 6% 牡蛎酶解产物的饼干比未添加牡蛎酶解产物的饼干

多 14 个风味成分。添加 6% 牡蛎酶解产物饼干比未添加牡蛎酶解产物饼干的风味物质更加丰富。

参考文献

[1]袁林,查锋超,姚烨,等.牡蛎酶解产物与还原糖美拉德反应工艺优化及挥发性风味物质分析[J].食品科学,2015,36(24):1-9.
[2]彭秀清,丘华,冯钰瑶,等.牡蛎味膨化淀粉片的工艺及配

方优化研究[J].食品与发酵工业,2018,44(2):176-181.

[3] 丘华,李昊,崔妍妍,等.响应面法优化非油炸即食牡蛎的微波-热风干燥研究[J].轻工学报,2016,32(1):21-27.

[4] 刘海梅,陈静,安孝宇,等.牡蛎酶解工艺参数优化及其产物分析与评价[J].食品科学,2017,38(14):240-244.

[5] 李婉,曹文红,章超桦,等.牡蛎酶解产物的组成特点及其体外免疫活性[J].食品工业科技,2017,38(16):41-48.

[6] 张梅超.牡蛎蛋白酶解液风味改善及其运动饮料的研制[D].青岛:中国海洋大学,2014.

[7] 安灿.龙头鱼蛋白咸味剂的制备及在曲奇饼干研制中的应用研究[D].舟山:浙江海洋大学,2017.

[8] 单凯祥,唐小兰,茅琴琴,等.白果蛋白及其酶解物对饼干品质的影响[J].食品工业,2017,38(10):63-65.

[9] 姚玉静,杨昭,黄佳佳,等.复合酶深度酶解牡蛎制备呈味基料的研究[J].食品与机械,2017,33(6):180-184.

[10] GB 5009.5-2016 食品安全国家标准-食品中蛋白质的测定[S].北京:中国标准出版社,2016.

[11] 姚玉静,杨昭,黄佳佳,等.乙醇萃取3种酶解液鲜味肽的研究[J].食品与机械,2018,34(3):161-166.

[12] GB 5009.3-2016 食品安全国家标准-食品中水分的测定[S].北京:中国标准出版社,2016.

[13] 赵正梅,拉升·再尼西,敬思群,等.塔尔米的抗氧化性及其在苏打饼干中的应用[J].食品与发酵工业,2017,43(9):170-174.

[14] 郭意明,丛爽,邓惠馨,等.鱼糜和马铃薯粉对饼干质构和风味的影响[J].食品科学,2017,38(20):96-102.

[15] 李兴江,王巧云,李静红,等.黑豆渣粉对饼干品质的影响研究[J].食品工业科技,2017,38(20):158-164.

[16] 李明娟,游向荣,张雅媛,等.甘蔗叶生物炭粉对饼干感官品质和质构特性的影响[J].食品工业科技,2016,37(5):98-103.

(上接第25页)

[31] 罗军,史怀平,王建民,等.中国奶山羊产业发展综述-发展趋势及特征[J].中国奶牛,2019(9):1-11.

[32] 耿昭,吴强,苟琰,等.超高效液相色谱串联质谱同时测定瓦布贝母中6个生物碱成分[J].中国实验方剂学杂志,2018,24(24):95-100.

[33] 李慧,焦丽丽,章国磊,等.液相色谱-质谱联用技术分析提取温度对药材中人参皂苷单体提取率的影响[J].天然产物研究与开发,2018,30(7):1119-1125.

[34] Zhang Y Z, Zhang J W, Wang C Z, et al. Polydopamine-coated magnetic molecularly imprinted polymers with fragment template for identification of *Pulsatilla saponin* metabolites in rat feces with UPLC-Q-TOF-MS[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2018, 66(3):653-660.

[35] 陈洪岩,姚晨旭,张小龙.高效液相色谱四级杆飞行时间串联质谱法测定启脾丸中7种人参皂苷的含量[J].中国药师,2017,20(3):460-462.

[36] 李慧,王恩鹏,朱敏,等.液相色谱-四级杆-飞行时间质谱检测人参奶粉中的皂苷类成分[J].现代食品科技,2020,36(3):281-287.

[37] 肖凤艳,高磊,赵子健,等.短梗五加果多酚提取工艺优化及抗疲劳作用[J].食品科学,2018,39(22):235-240.

[17] 郑惠娜,张晶晶,周春霞,等.pH调节法提取牡蛎蛋白及氨基酸、蛋白组成分析[J].中国食品学报,2014,14(7):230-235.

[18] Miao J Y, Liao W W, Kang M, et al. Anti-fatigue and antioxidant activities of oyster (*Ostrea rivularis*) hydrolysate prepared by compound protease[J]. Food & Function, 2018, 9(12):6578-6586.

[19] 吴红棉,范秀萍,胡雪琼,等.近江牡蛎糖胺聚糖体内外抗肿瘤作用研究[J].现代食品科技,2014,30(6):18-23.

[20] 徐成,卢虹玉,章超桦,等.超高压法提取牡蛎中牛磺酸的工艺研究[J].食品工业科技,2016,37(19):192-196.

[21] 黄传强.螺旋藻脱腥及螺旋藻饼干的研制[D].长沙:湖南农业大学,2017.

[22] 郭星辛,王发祥,俞健,等.鲢鱼酶解产物和鱼胶原肽对冷冻面团品质的影响[J].食品与机械,2018,34(11):22-25.

[23] 毛得奖,朱亚玲,邢新会,等.天蓝色素马雷纳素(marennine)研究现状[J].食品科学,2011,32(5):321-325.

[24] 卢传静.美拉德反应修饰的鲢鱼肽理化性质及在酥性饼干中的应用[D].青岛:中国海洋大学,2014.

[25] 高雪丽.大豆7S、11S球蛋白与分离蛋白影响面团特性及馒头品质的机理研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2015.

[26] 张晶晶.牡蛎蛋白的组成及其功能特性的研究[D].湛江:广东海洋大学,2014.

[27] 贡慧,杨震,史智佳,等.不同熬煮时间对北京酱牛肉挥发性风味成分的影响[J].食品科学,2017,38(10):183-190.

[28] 陈桂平.草鱼低温贮藏期间质构及风味物质变化研究[D].长沙:湖南农业大学,2014.

[29] 王瑞澄,周芳伊,黄峰,等.毛氏红烧肉挥发性风味物质分析方法的建立[J].食品科技,2019,44(4):308-313.

[30] 梁玲,陈存社.小麦胚芽饼干烘烤过程中麦香味的形成及分析[J].食品工业科技,2017,38(7):22-27.

[38] 李晶,朱娜,郑飞,等.红参红景天混合物提取工艺及其抗疲劳作用[J].食品工业科技,2019,40(16):181-185,191.

[39] 丁树慧,齐曼婷,齐斌,等.低值海洋鱼低聚肽抗氧化和抗疲劳活性[J].食品科学,2019,40(1):155-161.

[40] Jin S, Jeon J H, Lee S, et al. Detection of 13 ginsenosides (Rb1, Rb2, Rc, Rd, Re, Rf, Rg1, Rg3, Rh2, F1, compound K, 20(S)-protopanaxadiol, and 20(S)-protopanaxatriol) in human plasma and application of the analytical method to human pharmacokinetic studies following two week-repeated administration of red ginseng extract[J]. Molecules, 2019, 24(14):2618.

[41] 姚华,金永日,杨洁,等.密闭式微波降解法促进常见人参皂苷向稀有人参皂苷转化的规律[J].高等学校化学学报,2014,35(11):2317-2323.

[42] 姚梦杰,吕金朋,张乔,等.人参化学成分及药理作用研究[J].吉林中医药,2017,37(12):1261-1263.

[43] 刘娜,刘鲲鹏,刘蕊川,等.人参皂苷对小鼠抗疲劳作用研究[J].光明中医,2015,30(9):1867-1869.

[44] Kritchevsky D. Antimutagenic and some other effects of conjugated linoleic acid[J]. British Journal of Nutrition, 2000, 83:459-465.