

doi:10.3969/j.issn.2095-6002.2017.03.011

文章编号:2095-6002(2017)03-0071-07

引用格式:罗登林,赵影,徐宝成,等.菊粉对香肠质构及感官特性的影响[J].食品科学技术学报,2017,35(3):71-77.



LUO Denglin, ZHAO Ying, XU Baocheng, et al. Effects of inulin on textural properties and sensory of sausage[J]. Journal of Food Science and Technology, 2017,35(3):71-77.

菊粉对香肠质构及感官特性的影响

罗登林, 赵影, 徐宝成, 武延辉, 李佩艳,
韩四海, 李璇, 刘建学(河南科技大学食品与生物工程学院, 河南 洛阳 471023;
河南省食品原料工程技术研究中心, 河南 洛阳 471023)

摘要:以鸡肉和猪肉为原料,在香肠的生产过程中用短链菊粉按照0,10%,30%,50%,70%,100%的比例分别取代脂肪、玉米磷酸酯双淀粉(maize distarch phosphate,MDP)及大豆分离蛋白(soy protein isolate,SPI),对各组香肠的质构特性及感官评价结果进行分析,探索菊粉部分取代香肠中以上3种原料的可行性。实验采用质构仪测定香肠的质构特性,同时进行感官评价。结果表明:菊粉取代脂肪使香肠的硬度、黏着性和回复性增加,咀嚼性和凝聚性(2项在取代比例为50%时除外)降低,当取代比例大于50%(不包含50%)时香肠的口感变差;菊粉取代MDP改善了香肠的口感,降低了香肠的硬度、咀嚼性、凝聚性(取代比例为70%的除外)和胶着性,增加了香肠的黏着性(取代比例为70%的除外)和回复性;菊粉取代SPI后香肠的质构特性和感官评分,除回复性和气味无变化外,其他均降低。综合各项分析,菊粉可用于取代香肠中的脂肪和MDP,菊粉取代脂肪和MDP的最佳比例分别为50%和70%,菊粉不适合取代SPI。

关键词:菊粉;香肠;质构特性;感官评价**中图分类号:**TS251.6**文献标志码:**A

菊粉是一种果糖聚合物,聚合度(degree of polymerization,DP)在2~60,其中平均聚合度 ≤ 10 的菊粉称为短链菊粉^[1]。菊粉具备膳食纤维和益生元的双重功效,已经作为一种功能性食品配料,应用于各类食品中来改善产品的色泽、口感、质构和加工特性,同时降低产品的热量,并提高其营养价值^[2-4]。

目前,国内外对菊粉应用于食品的研究中关于非肉制品(面制品、奶制品等)的较多,而关于香肠的很少,且大多数的研究都是针对菊粉取代香肠中的脂肪^[5-8]。其中,Afoakwah等^[5]的研究表明,菊粉取代脂肪可以增加乳化香肠的持水性和抗氧化稳

定性,增强香肠的抗菌能力,提高乳化香肠的加工性能。Tomaschunas等^[6]发现,菊粉取代脂肪加强了香肠的香味,增加了膳食纤维含量,降低了油腻性。Felisberto等^[7]的研究表明,添加菊粉使香肠具有更高的柔软度,通过微观结构观察发现,菊粉使香肠结构更加紧凑。Beriaín等^[8]发现菊粉和橄榄油取代脂肪不会影响香肠口感,可接受度良好。

目前,还未见用菊粉取代香肠中玉米磷酸酯双淀粉(maize distarch phosphate,MDP)及大豆分离蛋白(soy protein isolate,SPI)的相关报道。实验用短链菊粉(下文简称菊粉)以不同比例分别取代香肠中的脂肪、MDP及SPI,通过分析取代后香肠的质

收稿日期:2016-07-21

基金项目:国家自然科学基金面上项目(31371832);河南省高校科技创新人才支持计划项目(16HASTIT020);河南省高等学校青年骨干教师资助计划项目(2012GGJS-076)。

作者简介:罗登林,男,教授,博士,主要从事农产品深加工与超声技术方面的研究。

构特性及感官品质的变化,讨论菊粉取代以上3种原料对香肠品质的影响。研究对研制和开发富含膳食纤维的香肠具有重要的意义。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

猪前腿肉、新鲜鸡胸肉、香辛料、白砂糖、味精和食用盐从洛阳市丹尼斯超市购置;MDP(取代度0.04)由长春市大华淀粉有限公司提供;短链菊粉(平均聚合度 ≤ 10)购自昆山拓丰有限公司,在80℃下干燥至质量恒定;卡拉胶由青岛德慧海洋生物科技有限公司提供;SPI从洛阳市千和食化供应站

购买。

1.2 仪器与设备

Instron 5944型质构仪,美国Instron公司;VT-1628W型绞肉机,德国Vitek公司;ZB40型斩拌机,石家庄晓进机械制造有限公司;5L型立式灌肠机,浙江应晓工贸有限公司;YXQ-LS-50S II型立式压力蒸汽灭菌器,上海博迅实业有限公司医疗设备厂。

1.3 实验方法

1.3.1 香肠的配方

参考相关香肠配方和专利文献,并经前期预实验,确定了香肠的基本配方,具体各组分及添加比例如表1^[9-10]。

表1 香肠配方

Tab.1 Formula of sausages

配料	添加比例/%	配料	添加比例/%	配料	添加比例/%
鸡胸肉	40	SPI	根据实验设计	三聚磷酸钠	0.15
瘦肉(猪前腿)	20	白糖	2	乳酸链球菌	0.1
脂肪(猪前腿)	根据实验设计	香辛料	1	山梨酸钾	0.065
冰水混合物	18	盐	1.1	红曲红	0.05
MDP	根据实验设计	味精	1	D-异抗坏血酸钠	0.03
菊粉(短链)	根据实验设计	卡拉胶	1.5	亚硝酸钠	0.005

对照组香肠的脂肪、MDP和SPI的添加比例依次为8%、5%和2%;菊粉取代以上3种原料的任一种时,其添加量均为该原料添加比例的10%、30%、50%、70%和100%。

1.3.2 香肠的制作工艺流程

菊粉(粉状)及配料盐水配置→猪前腿肉分割、鸡胸肉切块→绞制→斩拌→静腌→灌装→高压杀菌→冷却→得到成品。

操作要点:将猪前腿肉分割成瘦肉和肥肉,用3mm孔板将瘦肉和鸡胸肉分别绞制2次,肥肉绞制1次,并将其混合后加冰水混合物、菊粉和表1中其他物料斩拌5min,而后在冰箱里4℃条件下腌制24h后灌装,放入高压锅中在120℃下灭菌28min,待成品冷却至室温后,放置在4℃冰箱里保存,24h后取样测定。

1.3.3 香肠质构特性的测定

将样品的肠衣剥去,切成2cm厚的圆柱体,用质构仪测定香肠的硬度、弹性、凝聚性、咀嚼性、黏着性、胶着性及回复性等指标。用质构仪P50测试探头运行TPA模式,测前速度为2mm/s,测试速度为10mm/s,两次压缩时间间隔为5s,测试距离8mm(样品厚度的40%)^[11]。每组样品平行测定5次,

取其平均值。

1.3.4 感官评价

香肠的感官评价方法参考Selgas等^[12]。实验以马可波罗(双汇)特级火腿肠作为参照,其各项感官评分均为10分,评价标准参考刘战丽等^[13]和罗登林等^[14]的方法。评定结果采用聚类分析,每个评价员评定结果中的异常数据将被剔除。

1.4 数据处理

用Origin 8.5进行数据统计分析,方差分析采用SPSS 17.0统计软件中的ANOVA分析,多重比较采用Duncan法,以 $p < 0.05$ 判别差异是否显著。

2 结果与分析

2.1 菊粉取代脂肪

菊粉取代脂肪后,香肠的硬度及回复性增加,凝聚性降低(见表2)。脂肪取代比为50%时影响不显著($p > 0.05$),其他组香肠的咀嚼性均低于对照组,而黏着性高于对照组;菊粉取代脂肪不影响香肠

的弹性和胶着性。

香肠硬度随着菊粉取代脂肪比例的增加而增大,多数研究^[6-7,15]表明,菊粉的加入使香肠硬度增加,可能有几方面原因:1)脂肪的质地比菊粉凝胶更加柔软,但由于菊粉可形成光滑细腻、奶油般结构的凝胶,从而产生与脂肪相似的熔融及流变性,所以硬度增加的幅度较小^[16]。2)与蛋白质、脂肪、水三者的比例变化有关。菊粉取代脂肪使香肠脂肪含量减少,且保水性增加,从而导致三者比例的变化,而该比例与肉制品的质构特性存在一定的关联^[12]。

菊粉取代脂肪未显著影响香肠的弹性,这与一些报道认为菊粉的加入会降低香肠的弹性不

同^[6,17-18],其原因可能是实验配方的不同(中式香肠与西式香肠),香肠的弹性受多种因素的影响,而菊粉及脂肪含量的变化并不是引起香肠弹性变化的主要因素。凝聚性随着菊粉取代比例的增加而降低,这可能是因为菊粉的加入使香肠各组分的相互作用力降低。香肠的咀嚼性降低是因为咀嚼性是硬度、弹性和凝聚性三者的乘积,实验中含菊粉香肠的硬度变化不大,弹性无变化,而凝聚性的变化幅度相对较大,使得咀嚼性与凝聚性的变化规律类似,受其影响较大。黏着性表示样品在其他物体表面的附着能力大小,黏着性的增加说明菊粉取代脂肪使香肠切面的附着能力增强。含菊粉香肠的回复性强于空白对照样品。

表2 菊粉取代脂肪比例对其质构特性的影响

Tab. 2 Effect of substitution ratio of inulin for fat on textural properties of sausages

参数	菊粉替代脂肪比例/%					
	0	10	30	50	70	100
硬度/(N·cm ⁻²)	42.482 6 ± 0.982 9 ^b	43.888 2 ± 2.605 9 ^{ab}	44.952 2 ± 0.772 3 ^{ab}	46.709 2 ± 2.652 9 ^a	45.599 9 ± 1.384 3 ^{ab}	47.267 2 ± 2.163 6 ^a
弹性/cm	0.893 4 ± 0.122 4 ^a	0.809 0 ± 0.052 0 ^a	0.866 0 ± 0.005 7 ^a	0.858 9 ± 0.049 2 ^a	0.851 7 ± 0.039 2 ^a	0.815 6 ± 0.097 7 ^a
凝聚性	0.427 1 ± 0.114 1 ^a	0.320 8 ± 0.034 4 ^{ab}	0.346 6 ± 0.060 4 ^{ab}	0.391 6 ± 0.002 9 ^{ab}	0.303 1 ± 0.006 4 ^b	0.306 3 ± 0.049 5 ^b
咀嚼性/(N·cm ⁻¹)	15.797 0 ± 1.688 1 ^a	11.362 7 ± 1.218 0 ^b	13.468 7 ± 2.139 7 ^{ab}	16.395 9 ± 0.904 5 ^a	11.782 7 ± 0.923 7 ^b	11.926 4 ± 3.065 8 ^b
黏着性/(N·S)	0.701 2 ± 0.069 2 ^c	11.395 3 ± 1.573 4 ^a	3.438 1 ± 0.494 4 ^b	0.455 9 ± 0.108 0 ^c	12.486 8 ± 1.716 9 ^a	12.624 4 ± 1.592 1 ^a
胶着性/(N·cm ⁻²)	18.094 1 ± 4.521 1 ^a	14.026 2 ± 0.782 3 ^a	15.554 0 ± 2.493 5 ^a	18.291 7 ± 1.020 8 ^a	13.821 2 ± 0.504 5 ^a	14.466 4 ± 2.369 4 ^a
回复性	0.502 5 ± 0.048 7 ^b	0.594 6 ± 0.137 4 ^{ab}	0.601 4 ± 0.092 1 ^{ab}	0.559 9 ± 0.013 0 ^{ab}	0.719 6 ± 0.099 2 ^a	0.644 5 ± 0.130 3 ^{ab}

表中所示的数据为平均值 ± SE,同行不同字母表示差异显著($p < 0.05$),下同。

菊粉取代脂肪后,香肠的气味、外观、组织状态和色泽无变化(见表3)。香肠感官硬度评分降低的原因是香肠稍硬,且硬度随菊粉取代脂肪比例的增加而增加,这与TPA硬度测定结果相一致。由口感评分可知,当菊粉取代脂肪比例大于50%时会对香肠的口感产生不利影响。香肠弹性感官评分结果显

示随着菊粉取代比例的增加,其弹性评分明显降低,这与TPA弹性结果($p > 0.05$)略有差异。由于感官评价结果易受评价员主观因素以及外界环境的影响,说明当香肠弹性变化较小时评价员对其特性评分判断准确性较低。评审组认为菊粉取代脂肪比例为50%时香肠的综合特性最接近对照组。

表3 菊粉取代脂肪的感官评价结果

Tab. 3 Sensory evaluation results of inulin replacing fat

指标	菊粉取代脂肪百分比/%					
	0	10	30	50	70	100
气味	7.78 ± 1.09 ^a	8.00 ± 0.50 ^a	7.89 ± 0.93 ^a	7.78 ± 0.67 ^a	7.89 ± 0.93 ^a	7.67 ± 0.87 ^a
外观	7.33 ± 1.22 ^a	7.22 ± 1.39 ^a	7.78 ± 1.30 ^a	7.33 ± 1.22 ^a	7.56 ± 1.24 ^a	7.44 ± 1.01 ^a
组织状态	6.11 ± 1.54 ^a	6.33 ± 1.00 ^a	6.44 ± 0.88 ^a	6.44 ± 1.24 ^a	6.89 ± 0.93 ^a	6.78 ± 1.09 ^a
色泽	6.67 ± 1.41 ^a	6.78 ± 1.20 ^a	6.67 ± 1.32 ^a	6.78 ± 0.83 ^a	6.56 ± 0.73 ^a	6.44 ± 1.67 ^a
口感	6.89 ± 1.05 ^a	6.67 ± 1.94 ^a	6.56 ± 1.88 ^a	6.56 ± 1.17 ^a	5.78 ± 1.30 ^{ab}	4.67 ± 0.71 ^b
硬度	7.44 ± 0.73 ^a	7.11 ± 0.78 ^{ab}	6.11 ± 1.17 ^b	6.78 ± 1.48 ^{ab}	6.67 ± 1.58 ^{ab}	5.89 ± 1.45 ^b
弹性	6.11 ± 1.05 ^a	5.89 ± 1.45 ^{ab}	5.44 ± 1.59 ^{ab}	4.89 ± 0.93 ^{ab}	5.67 ± 1.22 ^{ab}	4.78 ± 0.97 ^b

2.2 菊粉取代 MDP

菊粉取代 MDP 后香肠的弹性无变化 ($p > 0.05$), 而香肠的硬度、咀嚼性和胶着性随菊粉取代比的增加呈显著下降趋势 ($p < 0.05$), 当取代比达 100% 时三者均达最小值 (见表 4)。胶着性除 MDP 取代比为 100% 的香肠外, 其他实验组间差异均不

显著 ($p > 0.05$); 除 MDP 取代比为 70% 时与对照组差异不显著 ($p > 0.05$) 外, 其他实验组香肠的凝聚性均降低, 黏着性均增强, 其中取代比为 10% 的香肠黏着性最强, 凝聚性则先上升后下降, 取代比为 100% 时最低; 添加了菊粉的香肠的回复性均有不同程度的增加, 且取代比为 100% 时, 回复性最强。

表 4 菊粉取代 MDP 比例对香肠质构特性的影响

Tab. 4 Effect of substitution ratio of inulin for MDP on textural properties of sausages

参数	菊粉取代 MDP 百分比/%					
	0	10	30	50	70	100
硬度/(N·cm ⁻²)	58.408 5 ± 1.089 2 ^a	50.822 0 ± 0.845 5 ^b	44.586 2 ± 1.609 4 ^c	41.956 6 ± 1.319 4 ^d	36.027 4 ± 1.451 8 ^e	32.922 6 ± 0.865 1 ^f
弹性/cm	0.735 3 ± 0.005 1 ^a	0.677 7 ± 0.079 1 ^a	0.672 7 ± 0.028 4 ^a	0.692 8 ± 0.043 9 ^a	0.719 5 ± 0.026 8 ^a	0.699 2 ± 0.067 1 ^a
凝聚性	0.518 2 ± 0.081 7 ^a	0.334 8 ± 0.056 2 ^b	0.373 8 ± 0.030 2 ^b	0.398 3 ± 0.028 4 ^b	0.501 9 ± 0.056 5 ^a	0.319 4 ± 0.061 5 ^b
咀嚼性/(N·cm ⁻¹)	22.218 5 ± 3.184 4 ^a	11.591 3 ± 2.920 2 ^{bc}	11.230 9 ± 1.352 8 ^{bc}	11.602 2 ± 1.442 4 ^{bc}	13.083 3 ± 2.325 5 ^b	7.424 5 ± 2.113 5 ^c
黏着性/(N·S)	0.830 6 ± 0.100 1 ^c	2.496 2 ± 0.265 6 ^a	1.445 0 ± 0.182 5 ^b	1.809 2 ± 0.257 0 ^b	0.525 8 ± 0.029 0 ^c	1.489 2 ± 0.268 5 ^b
胶着性/(N·cm ⁻²)	30.236 7 ± 4.544 4 ^a	17.042 8 ± 3.126 0 ^b	16.678 1 ± 1.681 8 ^b	16.702 2 ± 1.061 8 ^b	18.128 0 ± 2.645 2 ^b	10.521 3 ± 2.106 2 ^c
回复性	0.333 2 ± 0.035 8 ^d	0.475 1 ± 0.020 4 ^{ab}	0.345 7 ± 0.062 6 ^{cd}	0.427 7 ± 0.053 5 ^{bc}	0.370 0 ± 0.021 4 ^{cd}	0.553 8 ± 0.067 7 ^a

菊粉的添加使香肠硬度降低, 可能是由于菊粉可形成柔软细腻如脂肪般结构的凝胶^[16], 而香肠中 MDP 凝胶柔软度不如菊粉凝胶; 也可能与蛋白质、脂肪、水三者的比例变化有关, 菊粉凝胶和 MDP 凝胶的离心实验结果表明, 菊粉凝胶的保水保油性强于 MDP 凝胶, 这会影响蛋白质、脂肪、水三者之间的相互作用, 从而导致香肠质构特性的变化。胶着性和咀嚼性是基于硬度的二次特性, 三者具有相似的变化规律^[12]。菊粉使香肠的保水性有所提高, 水与肌肉蛋白交叉连接的作用力减弱, 表现为香肠质地更加柔软, 更易于咀嚼, 所以香肠的咀嚼性降低。凝聚性降低可能归因于 MDP 凝胶对于增强香肠中各

组分间相互作用力的能力强于菊粉凝胶, 菊粉取代 MDP 后导致香肠内部各成分相互作用力减弱。整体而言, 菊粉取代 MDP 后, 香肠切面的附着能力增强。Nowak 等^[19]认为, 香肠的凝聚性和黏着性是香肠处理过程中的重要参数, 与香肠切片的难易程度密切相关, 若二者值过高, 香肠将难以切割且具有黏性。实验结果表明, 淀粉被菊粉取代后, 所得香肠切割性变好但黏性有所增强。

菊粉取代 MDP 后, 香肠的口感、色泽和硬度与对照组相比差异显著 ($p > 0.05$), 其余指标变化并不显著 (见表 5)。菊粉取代 MDP 使香肠的硬度和咀嚼性降低, 表现为香肠嫩度更好, 口感更加柔和

表 5 菊粉取代 MDP 的感官评价结果

Tab. 5 Sensory evaluation results of inulin replacing MDP

指标	菊粉取代 MDP 比例/%					
	0	10	30	50	70	100
气味	8.40 ± 0.97 ^a	7.70 ± 1.49 ^a	8.10 ± 0.99 ^a	7.90 ± 1.79 ^a	8.00 ± 0.94 ^a	8.30 ± 0.82 ^a
外观	7.00 ± 1.00 ^a	7.70 ± 1.00 ^a	7.80 ± 1.39 ^a	8.10 ± 1.05 ^a	7.00 ± 1.00 ^a	7.90 ± 0.93 ^a
组织状态	7.10 ± 1.45 ^a	7.60 ± 1.07 ^a	7.30 ± 1.49 ^a	7.60 ± 1.90 ^a	6.70 ± 1.64 ^a	7.30 ± 1.16 ^a
口感	5.70 ± 2.10 ^c	7.50 ± 1.17 ^a	7.25 ± 0.97 ^{ab}	7.60 ± 1.93 ^a	7.80 ± 1.03 ^a	6.10 ± 1.24 ^{bc}
色泽	7.80 ± 1.27 ^a	7.90 ± 0.90 ^a	8.00 ± 1.04 ^a	7.90 ± 1.31 ^a	7.80 ± 0.98 ^a	6.75 ± 1.22 ^b
硬度	7.30 ± 1.30 ^a	7.30 ± 1.42 ^a	7.10 ± 1.31 ^{ab}	6.60 ± 1.00 ^{abc}	6.25 ± 0.75 ^{bc}	5.75 ± 0.97 ^c
弹性	7.00 ± 0.67 ^a	7.20 ± 1.03 ^a	7.60 ± 0.97 ^a	7.40 ± 1.26 ^a	6.90 ± 1.10 ^a	7.50 ± 1.43 ^a

细腻。菊粉取代 MDP 后对香肠色泽的影响不显著;当菊粉取代比大于 10% 时,硬度随着菊粉取代比的增加呈降低趋势。结果显示菊粉取代比为 70% 时感官评价结果最好。

2.3 菊粉取代 SPI

含菊粉香肠的硬度、弹性、凝聚性、咀嚼性、胶着性均低于对照组香肠,且硬度随菊粉替代比的增加而降低,菊粉完全取代 SPI 时香肠的硬度最小,菊粉替代比为 70% 的香肠弹性最小(见表 6)。除 SPI 被完全取代的香肠外,随着菊粉取代比的增加,香肠的凝聚性降低。咀嚼性和胶着性随菊粉取代比的增加而降低。对于黏着性,除菊粉取代比为 100% 的香肠外,其他含菊粉香肠的黏着性均强于对照组香肠,菊粉取代比为 30% 的香肠黏着性最强。各组香肠的回复性差异不显著。

香肠的硬度与其蛋白质含量有一定关系,因为在香肠熟制过程中,SPI 经过热处理,使得巯基和疏水性氨基酸侧链暴露出来,蛋白质之间形成二硫键,降低了蛋白质多肽链的构象熵,使其折叠结构更加稳定,提高了蛋白质基质的强度,从而增

加了香肠的硬度。菊粉取代 SPI 降低了香肠中的蛋白质含量,从而使其硬度降低。实验测得 SPI 的保水保油性强于菊粉,菊粉的加入降低了香肠中 SPI 与水和油三者之间的作用力,导致香肠弹性降低。凝聚性的降低可能是因为 SPI 对于增强香肠中各组分间作用力的能力强于菊粉。香肠持水持油性的降低以及各组分间相互作用力的减小导致了香肠咀嚼性的降低。黏着性增强说明菊粉取代 SPI 后(菊粉完全取代 SPI 除外)使香肠的附着能力增强。

菊粉取代 SPI 后除气味无变化外,香肠的其他感官指标评分均降低,而且即使在取代比例很小(10%)时,香肠的劣变也比较明显,这可能是因为菊粉是一种碳水化合物,SPI 是蛋白质,两者的特性有着本质的区别(见表 7)。香肠组织状态、口感、硬度和弹性的降低与质构特性的变化直接相关。菊粉为白色,SPI 为淡黄色,两者色泽的差异引起香肠色泽的显著变化。香肠质构特性和色泽的显著变化引起香肠外观的显著变化。总之,菊粉不适合作为香肠中 SPI 的取代物。

表 6 菊粉取代 SPI 比例对香肠质构特性的影响

Tab. 6 Effect of substitution ratio of inulin for SPI on textural properties of sausages

参数	菊粉替代 SPI 百分比/%					
	0	10	30	50	70	100
硬度/(N·cm ⁻²)	58.408 5 ± 1.089 2 ^a	51.480 0 ± 1.150 7 ^b	43.687 4 ± 1.784 5 ^c	46.209 3 ± 1.476 7 ^c	45.866 7 ± 0.783 6 ^c	38.086 1 ± 1.830 2 ^d
弹性/cm	0.735 3 ± 0.005 1 ^a	0.704 8 ± 0.025 2 ^{ab}	0.701 8 ± 0.024 1 ^{ab}	0.717 5 ± 0.027 9 ^{ab}	0.690 7 ± 0.016 8 ^b	0.723 1 ± 0.025 1 ^{ab}
凝聚性	0.518 2 ± 0.081 7 ^a	0.454 5 ± 0.014 5 ^{bc}	0.413 0 ± 0.025 9 ^{cd}	0.408 6 ± 0.000 4 ^d	0.395 4 ± 0.029 3 ^d	0.473 0 ± 0.034 2 ^b
咀嚼性/(N·cm ⁻¹)	22.218 5 ± 3.184 4 ^a	16.501 6 ± 1.159 3 ^b	12.644 7 ± 0.618 1 ^c	13.546 6 ± 0.816 3 ^c	12.535 5 ± 1.187 4 ^c	12.989 8 ± 0.205 2 ^c
黏着性/(N·S)	0.830 6 ± 0.100 1 ^d	1.446 9 ± 0.133 2 ^c	3.338 6 ± 0.135 2 ^a	1.577 8 ± 0.066 4 ^c	2.000 6 ± 0.144 4 ^b	0.420 3 ± 0.009 2 ^e
胶着性/(N·cm ⁻²)	30.236 7 ± 4.544 4 ^a	23.395 9 ± 0.812 1 ^b	18.044 1 ± 0.380 8 ^c	18.883 3 ± 0.852 1 ^c	18.134 1 ± 1.603 4 ^c	18.014 0 ± 0.879 9 ^c
回复性	0.333 2 ± 0.035 8 ^a	0.263 5 ± 0.052 9 ^a	0.301 4 ± 0.148 0 ^a	0.380 2 ± 0.170 3 ^a	0.376 4 ± 0.216 7 ^a	0.296 2 ± 0.024 8 ^a

表 7 菊粉取代 SPI 的感官评价结果

Tab. 7 Sensory evaluation results of inulin replacing SPI

指标	菊粉取代 SPI 比例/%					
	0	10	30	50	70	100
气味	7.90 ± 0.99 ^a	7.80 ± 0.92 ^a	7.60 ± 1.07 ^a	7.90 ± 0.88 ^a	7.60 ± 0.70 ^a	7.80 ± 0.79 ^a
外观	7.90 ± 0.88 ^a	6.50 ± 0.85 ^c	7.00 ± 1.05 ^{bc}	7.40 ± 0.84 ^{ab}	7.40 ± 0.70 ^{ab}	7.00 ± 0.82 ^{bc}
组织状态	7.70 ± 0.95 ^a	6.7 ± 0.82 ^{bc}	7.20 ± 0.79 ^{ab}	6.80 ± 0.92 ^{bc}	6.30 ± 0.82 ^c	6.30 ± 0.67 ^c
色泽	8.00 ± 0.94 ^a	6.80 ± 0.92 ^b	7.30 ± 0.82 ^{ab}	7.60 ± 0.84 ^{ab}	7.30 ± 0.67 ^{ab}	6.80 ± 0.63 ^b
口感	7.60 ± 0.97 ^a	6.30 ± 0.95 ^b	7.10 ± 0.57 ^{ab}	6.50 ± 0.85 ^b	6.70 ± 0.82 ^b	6.80 ± 0.92 ^{ab}
硬度	7.40 ± 0.84 ^a	6.90 ± 0.74 ^{ab}	6.80 ± 0.92 ^{ab}	6.80 ± 0.79 ^{ab}	6.50 ± 0.71 ^{bc}	6.00 ± 0.82 ^c
弹性	7.70 ± 1.06 ^a	6.80 ± 0.79 ^{bc}	6.40 ± 1.07 ^c	6.60 ± 0.84 ^c	6.90 ± 0.99 ^{bc}	6.60 ± 0.97 ^c

3 结 论

短链菊粉取代脂肪使香肠硬度、黏着性和回复性增加,咀嚼性和凝聚性降低,弹性和胶着性变化不显著,当取代比例大于50%时,香肠的口感变差;菊粉取代MDP,除比例为70%外,随菊粉添加量的增加,香肠的硬度、咀嚼性、凝聚性和胶着性均呈下降趋势,而黏着性和回复性呈增加趋势,弹性无显著变化,香肠的口感有明显改善;菊粉取代SPI后,香肠除回复性无显著变化和黏着性增加外,其他指标均呈显著降低趋势。综合各项分析,菊粉取代脂肪的最佳比例为50%,菊粉取代MDP的最佳比例为70%,菊粉不适合取代SPI,因为即使菊粉取代SPI比例为10%时,香肠的感官品质也会发生明显劣变。

参考文献:

- [1] TÁRREGA A, ROCAFULL A, COSTELL E. Effect of blends of short and long-chain inulin on the rheological and sensory properties of prebiotic low-fat custards [J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2010, 43 (3): 556 - 562.
- [2] 李雨露, 刘丽萍, 佟丽媛, 等. 菊粉对低糖低脂酸奶品质的影响 [J]. *食品与发酵工业*, 2015, 41(12): 131 - 134.
LI Y L, LIU L P, TONG L Y, et al. Effect of inulin on the quality of low sugar low fat yogurt [J]. *Food and Fermentation Industries*, 2015, 41(12): 131 - 134.
- [3] 刘宏. 菊粉的功能特性与开发应用 [J]. *中国食物与营养*, 2010(12): 25 - 27.
LIU H. Functional characters of inulin and its development and application [J]. *Food and Nutrition in China*, 2010(12): 25 - 27.
- [4] SHOAI B M, SHEHZAD A, OMAR M, et al. Inulin: properties, health benefits and food applications [J]. *Carbohydrate Polymers*, 2016, 147: 444 - 454.
- [5] AFOAKWAH N A, DONG Y, ZHAO Y, et al. Characterization of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) powder and its application in emulsion-type sausage [J]. *LWT - Food Science and Technology*, 2015, 64 (1): 74 - 81.
- [6] TOMASCHUNAS M, ZÖRB R, FISCHER J, et al. Changes in sensory properties and consumer acceptance of reduced fat pork Lyon-style and liver sausages containing inulin and citrus fiber as fat replacers [J]. *Meat Science*, 2013, 95(3): 629 - 640.
- [7] FELISBERTO M H F, GALVÃO M T E L, PICONE C S F, et al. Effect of prebiotic ingredients on the rheological properties and microstructure of reduced-sodium and low-fat meat emulsions [J]. *LWT - Food Science and Technology*, 2015, 60(1): 148 - 155.
- [8] BERIAIN M J, GÓMEZ I, PETRI E, et al. The effects of olive oil emulsified alginate on the physico-chemical, sensory, microbial, and fatty acid profiles of low-salt, inulin-enriched sausages [J]. *Meat Science*, 2011, 88 (1): 189 - 197.
- [9] 康壮丽, 李斌, 何承云, 等. 一种低钠法兰克福香肠的加工方法, CN105533481A [P/OL]. (2015 - 12 - 02)[2016 - 03 - 15]. http://d.g.wanfangdata.com.cn/Patent_CN201510896079.5.aspx.
- [10] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品添加剂使用标准: GB 2760—2014 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
- [11] MENEGAS L Z, PIMENTEL T C, GARCIA S, et al. Dry-fermented chicken sausage produced with inulin and corn oil: physicochemical, microbiological, and textural characteristics and acceptability during storage [J]. *Meat Science*, 2013, 93(3): 501 - 506.
- [12] SELGAS M D, CÁCERES E, GARCÍA M L. Long-chain soluble dietary fibre as functional ingredient in cooked meat sausages [J]. *Food Science and Technology International*, 2005, 11(11): 41 - 47.
- [13] 刘战丽, 赵丽丽. 中式快速发酵香肠最佳工艺参数的研究 [J]. *农产品加工学报*, 2005(8): 45 - 47.
LIU Z L, ZHAO L L. Research on optimal technological parameters of China - style accelerated ripening fermented sausage [J]. *Academic Periodical of Farm Products Processing*, 2005(8): 45 - 47.
- [14] 罗登林, 李云, 武延辉, 等. 短链菊粉对玉米磷酸酯双淀粉热力学特性的影响 [J]. *食品科学*, 2016, 37 (7): 6 - 10.
LUO D L, LI Y, WU Y H, et al. Effect of short-chain inulin on thermodynamic properties of maize distarch phosphate [J]. *Food Science*, 2016, 37(7): 6 - 10.
- [15] KEENAN D F, RESCONI V C, KERRY J P, et al. Modelling the influence of inulin as a fat substitute in comminuted meat products on their physico-chemical characteristics and eating quality using a mixture design approach [J]. *Meat Science*, 2014, 96(3): 1384 - 1394.
- [16] KIP P, MEYER D, JELLEMA R H. Inulins improve

- sensoric and textural properties of low-fat yogurts [J]. *International Dairy Journal*, 2006, 16(9): 1098 – 1103.
- [17] SALAZAR P, GARCÍA M L, SELGAS M D. Short-chain fructooligosaccharides as potential functional ingredient in dry fermented sausages with different fat levels [J]. *International Journal of Food Science and Technology*, 2009, 44(6): 1100 – 1107.
- [18] MUGUERZA E, FISTA G, ANSORENA D, et al. Effect of fat level and partial replacement of pork backfat with olive oil on processing and quality characteristics of fermented sausages [J]. *Meat Science*, 2002, 61(4): 397 – 404.
- [19] NOWAK B, VON MUEFFLING T, GROTHEER J, et al. Energy content, sensory properties, and microbiological shelf life of German Bologna-type sausages produced with citrate or phosphate and with inulin as fat replacer [J]. *Journal of Food Science*, 2007, 72(9): 629 – 638.

Effects of Inulin on Textural Properties and Sensory of Sausage

LUO Denglin, ZHAO Ying, XU Baocheng, WU Yanhui, LI Peiyan,
HAN Sihai, LI Xuan, LIU Jianxue

(*College of Food and Bioengineering, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471023, China;*
Henan Engineering Research Center of Food Material, Luoyang 471023, China)

Abstract: During the preparation process of sausages, different substitution degrees of short-chain inulin (0, 10%, 30%, 50%, 70% and 100%) for fat, maize distarch phosphate (MDP), and soy protein isolate (SPI) were separately investigated. Textural properties and sensory evaluations of sausages were determined. The feasibility of inulin instead of fat, MDP or SPI was discussed. For inulin replacing fat, the hardness, adhesiveness and resilience (except for the substitution degree of 50%) increased, and the chewiness and cohesiveness of sausages decreased. However, the mouthfeel of sausages deteriorated when the substitution degree exceeded 50%. For inulin replacing MDP, the inulin-containing sausages had an overall improvement in mouthfeel. The hardness, chewiness, cohesiveness (except for the substitution degree of 70%) and gumminess of sausages decreased, but the adhesiveness and resilience increased. For inulin replacing SPI, the textural properties and sense scores decreased, except for no significant changes in resilience and smell. Generally, it was feasible to replace fat or MDP in sausages by inulin, and the appropriate substitution degree for fat and MDP with inulin were 50% and 70%. However, inulin was not suitable to replace SPI in sausages.

Keywords: inulin; sausage; textural properties; sensory quality

(责任编辑:张逸群)