

传统中式风味牛肉干的生产工艺

朱效兵, 郭瑞

(河套学院农学系, 内蒙古巴彦淖尔 015000)

摘要: 为获取食用品质最优的风味牛肉干, 对风味牛肉干生产工艺参数进行优化。以新鲜牛肉作为主要原料, 采用菠萝蛋白酶与转谷氨酰胺酶进行嫩化并优化风味牛肉干的生产工艺, 并以牛肉干的感官指标、理化指标、水分比、水分扩散率等作为品质评价指标, 分析不同生产工艺参数对风味牛肉干食用品质的影响。实验结果表明, 风味牛肉干的^{最佳}生产工艺参数为: 复煮时间35 min, 烘干温度49 ℃, 菠萝蛋白酶注射量4%, 转谷氨酰胺酶交联时间40 min。经过以上优化的工艺参数生产的风味牛肉干感官评价价值最高; 总糖、蛋白质以及氯化物含量最高; 水分以及铅、无机砷、镉等化学物质含量最少; 牛肉收缩率以及内外温差较小; 水分扩散率高。说明经外源酶嫩化法优化生产工艺并选取最优生产工艺参数可有效提升风味牛肉干的食用品质。

关键词: 风味牛肉干; 生产工艺; 参数优化; 外源酶嫩化法; 交联

文章编号: 1673-9078(2020)06-235-242

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2020.6.1265

Optimization of Process Parameters for Chinese-style Beef Jerky Production

ZHU Xiao-bing, GUO Rui

(Agronomy Department Hetao College, Bayannur 015000, China)

Abstract: In order to produce the Chinese-style beef jerky with the best edible quality, the process parameters of Chinese-style beef jerky were optimized. The fresh beef was used as the main raw material. The process of Chinese-style beef jerky was optimized by exogenous enzyme tenderization. The taste, appearance, shear strength, physical and chemical index, water ratio and water diffusion rate of beef jerky were used as evaluation indexes to analyze the effects of different production parameters on the quality of Chinese-style beef jerky. The results show that the optimal production process parameters of Chinese-style beef jerky were as follow: re-cooking time of 35 min, drying temperature of 49°C, the injection volume of bromelain tenderer with concentration of 4%, and the transglutaminase cross-linking time of 40 min. The Chinese-style beef jerky produced by the above optimized process parameters had suitable shearing value. The total sugar, protein and chloride content were the highest. The water, lead, inorganic arsenic, cadmium and other chemical substances were the least. The beef shrinkage rate and its temperature difference between the internal and external were small. The moisture diffusion rate of beef was high. Results indicated that the optimization of the production process by exogenous enzyme tenderization method and the selection of the optimal production process parameters could effectively improve the eating quality of Chinese-style beef jerky.

Key words: flavored beef jerky; production process; parameter optimization; foreign enzyme tenderizing method; cross-linking

引文格式:

朱效兵, 郭瑞. 传统中式风味牛肉干的生产工艺[J]. 现代食品科技, 2020, 36(6): 235-242

ZHU Xiao-bing, GUO Rui. Optimization of process parameters for Chinese-style beef jerky production [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(6): 235-242

随着社会的发展, 经济水平不断提高, 人们不仅重视食物营养价值, 更重视饮食过程中的咀嚼、触觉、嗅觉等感官享受。牛肉中含有丰富蛋白质, 以及人体

收稿日期: 2019-12-23

基金项目: 河套学院自然科学青年项目 (HTXYZQ13005)

作者简介: 朱效兵 (1981-), 男, 讲师, 研究方向: 食品加工与安全

通讯作者: 郭瑞 (1980-), 女, 副教授, 研究方向: 应用微生物及肉制品加工

需要的部分氨基酸, 可提高人体抵抗力。中医认为牛肉不仅可滋养脾胃、强筋劲骨且具有化痰止渴的作用。牛肉是仅次于猪肉和家禽的消耗肉品, 占世界肉制品市场的四分之一左右, 我国是牛肉消耗量较大的国家^[1]。牛肉干是利用牛肉加工而成的食物^[2], 是我国传统肉制品的代表, 具有悠久的历史。牛肉干不仅保留牛肉中含有的丰富维生素以及蛋白质, 且口感独特, 方便携带, 受到各个年龄段人群的喜爱。风味牛肉干随

着加工工艺不断进步, 不仅受到我国人民的喜爱, 更走入世界受到众多国家人民的喜爱, 需求量日渐增加。

嫩度是评价牛肉干质量的重要指标, 肉质嫩度通过肉在切割过程中抵抗破裂能力以及食用肉质时咀嚼、咬碎的难易程度来衡量。近年来为提升牛肉干嫩度, 大量肉类科技工作者投入研究优化牛肉干生产工艺, 其中主要有机械嫩化法、高压嫩化法等。风味牛肉干传统生产工艺因解冻物料方式不当使牛肉在生产过程中随解冻汁液流失大量粗蛋白^[3], 不仅降低了牛肉营养价值, 形成大量浪费, 还造成环境污染。风味牛肉干传统生产工艺为保证牛肉纤维结构完美并符合理化指标要求^[4], 在预处理过程中去除大量牛肉肉筋、外层膜以及脂肪层, 造成大量肉类原料浪费, 增加生产成本。传统的生产工艺操作过程容易因操作不当导致成品微生物量超标^[5], 无法保证食用安全。牛肉干生产工艺不佳容易导致牛肉硬化以及脱水, 使牛肉干口感较差且色泽不佳, 影响食用价值。基于以上风味牛肉干传统生产工艺缺陷, 本文采取外源酶嫩化法优化风味牛肉干生产工艺^[6], 将菠萝蛋白酶以及转谷氨酰胺酶加入生产工艺中, 以上两种酶具有性质稳定、分解能力强的优点, 可提高风味牛肉干嫩化程度。通过风味牛肉干生产工艺参数优化, 改善传统工艺生产的风味牛肉干因肉体干硬导致不易咀嚼、营养物质流失及微生物量超标等缺陷, 提升风味牛肉干食用口感。

1 材料与amp;方法

1.1 原料与amp;配方

表1 风味牛肉干配方

Table 1 The recipes of flavored beef jerky recipes

序号	原料	初煮用量/g	复煮用量/g
1	鲜牛肉	2000	2000
2	蔗糖	16	40
3	味精	5	3.2
4	酱油	150	64
5	白酒	50	8
6	花椒	2	2.4
7	生姜	50	/
8	小葱	50	/
9	蜂蜜	20	16
10	麦芽糖	20	40
11	辣椒粉	15	8
12	五香粉	15	8
13	孜然	15	8
14	复合磷酸盐(食品级)	10	/

新鲜牛肉、蔗糖、花椒、生姜、小葱、辣椒粉、五香粉、孜然均为市售, 购于内蒙古巴彦淖尔市超级市场; 味精, 苏州市合兴食品有限公司; 酱油, 烟台欣和企业食品有限公司; 白酒, 广东珠江桥生物科技股份有限公司; 蜂蜜, 北京百花蜂蜜有限公司; 麦芽糖, 江苏先卓食品科技股份有限公司; 复合磷酸盐, 徐州恒世食品有限公司; 菠萝蛋白酶、转谷氨酰胺酶, 山东西唐生物科技有限公司。

1.2 主要仪器设备

全自动双室真空包装机, 振鹏食品机械有限公司; WH-B-1 电热密闭鼓风干燥箱, 南京沃环科技实业有限公司; FA1004 电子分析天平, 上海臣莲生物科技发展有限公司; 肉类切丁机, 诸城市诺尔食品机械厂; 北京龙德泰达生物技术有限公司。

1.3 生产工艺操作要点

1.3.1 生产工艺流程

新鲜牛肉→预处理→清洗→外源酶嫩化→初煮→切条→复煮→压实→烘干→包装

1.3.2 新鲜牛肉预处理

去除新鲜牛肉的外膜、脂肪, 将新鲜牛肉切成重量为 500 g 左右的肉块, 将切好的牛肉放入清水去除牛肉血水, 浸泡 1 h。

1.3.3 外源酶嫩化

为提升牛肉最终品质以及产品价值, 将生产工艺利用现代酶工程技术中的菠萝蛋白酶和转谷氨酰胺酶外源酶进行嫩化, 从而改善牛肉本身物料结构。菠萝蛋白酶可酶解肌肉纤维, 产生小分子肽和风味氨基酸, 赋予牛肉鲜嫩口感; 而通过转谷氨酰胺酶交联处理催化蛋白质分子菠萝蛋白酶产生的氨基酸发生两者或相互之间发生的交联, 明显改善肉制品的口感、风味、组织结构和营养。另外, 在嫩化过程中加入食品级复合磷酸盐不仅可以提升酶的活力, 从而减少酶制剂用量, 且可一定程度上保证牛肉的粘结性以及保水性^[7]。

具体过程为: 用适量的水配制 0.50% 菠萝蛋白酶和 0.15% 食品级复合磷酸盐溶液, 用医用针孔注射适量, 均匀至预处理后的牛肉, 55 °C 保温处理 1.5 h, 后续注射转谷氨酰胺酶液 50 °C 保温处理 1.5 h。

1.3.4 初煮

将酱油、白糖、味精、白酒、花椒、蜂蜜、麦芽糖、辣椒粉、五香粉、孜然调料按配方的配比成 3 kg 初煮液, 将经工艺优化处理的 2 kg 牛肉加入进行初煮。

为去除牛肉腥味, 在初煮水中加入对应配比的生姜和小葱。初煮过程中为保持牛肉品质^[8], 需人工不

断去除表面浮油,进行初煮。初煮后牛肉块需自然冷却,冷却后置于肉类切丁机内切至长乘宽为4 cm×1 cm的长条。另外为保存流失在汤内的蛋白质,将初煮的汤水保留。

1.3.5 复煮

复煮时,需先将备好的调料加入锅中^[9]按配方的配比成2 kg复煮液,熬至出现香味时,加入复煮液混合。复煮过程中需定时翻动,使牛肉与调料充分接触,并加入初煮的牛肉汤水。大火转小火,直至汁干液净结束。

1.3.6 烘干

完成复煮的牛肉置于纱布中放入烘干箱,将烘干箱调至合适的温度烘干2 h。为使牛肉烘干均匀,在采用烘干的2 h过程中每隔0.5 h翻面。

1.3.7 包装

采用全自动双室真空包装机将烘干后的牛肉干经PET膜包装,需置于干燥通风地点储存。

1.4 单因素试验设计

在风味牛肉干生产中,通常来说,菠萝蛋白酶^[10]

的注射量、转谷氨酰胺酶交联时间、复煮和干燥条件等对风味牛肉干品质产生重要影响,本研究分别以复煮时间、烘干温度、菠萝蛋白酶用量和转谷氨酰胺酶交联时间4个方面进行单因素试验设计,考察其对风味牛肉干品质的影响。

其中,复煮时间分别设置为25 min、30 min、35 min、40 min、45 min;烘干温度为43℃、49℃、55℃、61℃、67℃;菠萝蛋白酶注射量为1%、2%、3%、4%、5%;转谷氨酰胺酶交联时间为20 min、40 min、60 min、80 min、100 min。按1.4的方法制作风味牛肉干,以感官评价的结果为依据进行选择,考察各因素对成品品质的影响。

1.5 风味牛肉干感官评价

将制成的风味牛肉干切成相同大小的方块,邀请5男5女从事食品相关行业的人,从成品的色泽、外观、组织形态、气味和口感5个方面对风味牛肉干进行感官评价,取其平均分为总感官评分。依据SB/T 10282-2007“肉干”商业执行标准进行,其内容见表2。

表2 风味牛肉干感官评价标准

Table 2 Sensory evaluation criteria of flavored beef jerky

评价项目	评分标准	得分
色泽(10分)	红褐色,色泽均匀;	7~10
	浅褐色或微褐色,色泽偏淡	3~6
	深褐色,色泽发暗,呈焦黑色	0~2
外观(10分)	形状饱满、薄厚均匀,无破碎	7~10
	形状稍变形,薄厚较均匀,边缘破碎	3~6
	变形严重,薄厚不均匀,边缘粗糙且破碎	0~2
组织形态(20分)	横切面紧致,组织纹路清晰,成型	17~20
	横切面有裂缝,组织纹路基本清晰,基本成型	13~16
	横切面碎裂,组织纹路不明显,有明显的孔洞	0~12
气味(30分)	牛肉气味适宜,调料香味适宜	21~30
	牛肉气味过淡,稍腥或腻	11~20
	牛肉味过浓,有肉膻味,调料味过浓	0~10
口感(30分)	有嚼劲,肉味香浓,富有弹性	21~30
	嚼劲小,咀嚼易碎,弹性过小	11~20
	嚼劲大,难咀嚼,弹性过大	0~10

1.6 牛肉干品质指标测定

1.6.1 理化指标测定

依据SB/T 10282-2007“肉干”商业执行标准检测,见表3。

1.6.2 水分比测定

选取恒温干燥法GB/T 9695.15-2008测定风味牛

肉干水分含量^[11],水分比公式如下:

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e} \quad (1)$$

式中,MR表示风味牛肉干水分比;M_t、M_g与分别表示时间为t时牛肉物料干基含水率以及牛肉烘干后干燥平衡时干基含水率,M₀表示牛肉物料初始干基含水率。

在牛肉干制作过程中,牛肉物料初始干基含水率

M_0 难以确定且数值极小^[12], 因此牛肉干制作过程中, 可将公式(1)简化为: $MR=M_t/M_0$ 。

表3 风味牛肉干理化参数标准

Table 3 Standard physical and chemical parameters of flavored

beef jerky	
项目	指标
水分/[g/(100 g)]	≤20
总糖/[g/(100 g)]	≤35
总脂肪/[g/(100 g)]	≤10
蛋白质/[g/(100 g)]	≥23
氯化物/[g/(100 g)]	≤5
铅/(mg/kg)	≤0.5
无机砷/(mg/kg)	≤0.05
镉/(mg/kg)	≤0.1

1.6.3 收缩率测定

利用浮力法测试复煮后烘干前的牛肉肉条体积^[13], 在牛肉烘干后利用小米置换法测量风味牛肉干体积。风味牛肉干收缩率计算公式如下:

$$R_s = \frac{V_0 - V_t}{V_0} \times 100\% \quad (2)$$

以上公式中: R_s 表示风味牛肉干收缩率(%); V_0 与 V_t 分别表示烘干前风味牛肉干体积以及烘干后风味牛肉干体积(cm^3)。

1.6.4 内外温度测定

在烘干前牛肉中选取测试样品, 牛肉烘干过程中将数字化温度仪插入测试样品中心以及与牛肉表面0.2 cm处, 测定风味牛肉干烘干过程中内部温度以及外部温度^[14]。

1.6.5 水分扩散率测定

依据基于圆形水分扩散面的扩散率公式, 将风味牛肉干烘干过程水分扩散面设置为正方形^[15], 获取风味牛肉干水分扩散率计算公式如下:

$$MR = \frac{6}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} \exp\left(\frac{-n^2 \pi^3 D_e t}{l^2}\right) \quad (3)$$

以上公式中, MR 与 D_e 分别表示风味牛肉干水分比以及风味牛肉干水分扩散率(m^2/s), l 与 t 分别表示牛肉干正方形截面边长以及干燥时间, 单位分别为 cm 以及 min 。

制作牛肉干的烘干过程较长, 两边取对数整理以上水分扩散率计算公式可得:

$$D_e = \frac{-0.032 \ln MR - 0.016}{(t/l^2)} \quad (4)$$

通过以上公式获取风味牛肉干平均水分扩散率计算公式如下:

$$D_{e,avg} = \frac{\sum_{i=1}^n D_{e,i}}{n} \quad (5)$$

以上公式中, $D_{e,avg}$ 与 n 分别为平均水分扩散率(m^2/s)以及取样次数。

1.7 数据处理分析

利用 SPSS 软件进行数据分析, 及 origin 软件进行图形绘制。单因素方差分析比较组间数据, 显著性差异以 $p < 0.05$ 表示, 结果以平均值±标准偏差表示。

2 结果与讨论

2.1 单因素试验结果

2.1.1 复煮时间对风味牛肉干的影响

设置复煮时间分别为 25 min、30 min、35 min、40 min、45 min, 其余工艺参数依据 1.3 步骤将牛肉烘干, 分析成品风味牛肉干的品质, 研究不同复煮时间对风味牛肉干的品质影响, 统计实验结果如图 1 所示。

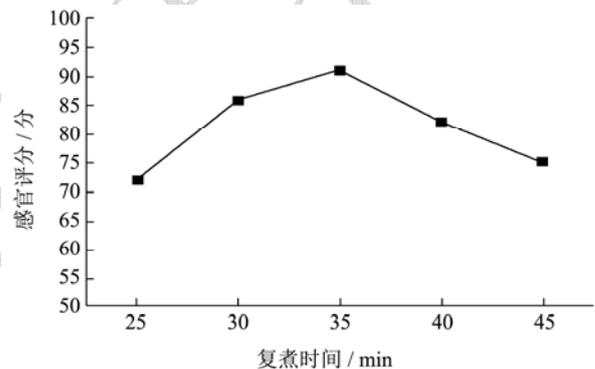


图1 复煮时间对风味牛肉干品质影响

Fig.1 Effect of re-cooking time on the quality of Chinese-style beef jerky

图 1 实验结果可知, 复煮时间对风味牛肉干影响较大, 这主要归功于牛肉纤维组织产生的影响, 不同复煮时间所生产的风味牛肉干口感和质地并不相同, 因此确定最佳复煮时间对提升风味牛肉干的品质及其重要。图 1 实验结果表明, 复煮时间过短, 烘干后成品口感较差, 不具有嚼劲; 复煮时间过长, 烘干后成品颜色呈现难看的深褐色, 且注射的酶容易挥发, 影响风味牛肉干质量; 当复煮时间为 35 min 时, 成品风味牛肉干不仅口感最佳, 易于咀嚼有嚼劲, 且颜色呈现牛肉干独具的红褐色。实验结果表明复煮时间为 35 min 时, 风味牛肉干品质最优。

2.1.2 烘干温度对风味牛肉干的影响

实验设置烘干温度分别为 43 °C、49 °C、55 °C、61 °C、67 °C, 其余工艺参数同上, 分析烘干后风味牛肉干品质, 研究不同烘干温度对风味牛肉干品质的影响, 统计结果如图 2 所示。

图 2 实验结果可知, 风味牛肉干受烘干温度影响

较大,当烘干温度在 43 ℃时,风味牛肉干综合品质已具有较好的评价;但当烘干温度过高时,风味牛肉干中水分含量过少,虽表面状况较好,但同时具有大量绒毛,烘干后颜色较差,表面呈黑褐色,且口感不佳;当烘干温度为 49 ℃时,感官评价打分最高,此时风味牛肉干水分含量适宜,口感最佳,牛肉干表面具有少许绒毛,表面状况最好。因此可知,牛肉烘干温度选取为 49 ℃时,最终风味牛肉干可获得较理想的效果。

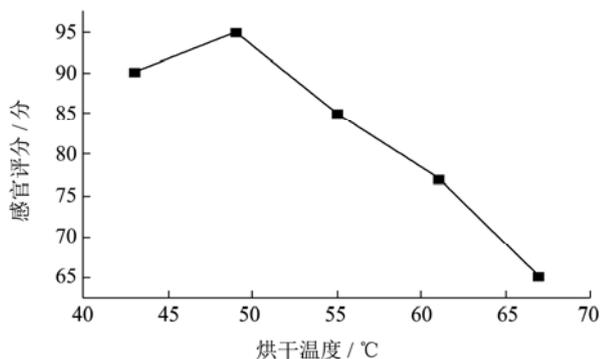


图2 烘干时间对风味牛肉干品质影响

Fig.2 Effect of drying time on the quality of Chinese-style beef jerky

2.1.3 菠萝蛋白酶注射量对牛肉干的影响

在预处理后牛肉中注射不同剂量(1%、2%、3%、4%、5%)的浓度为 0.50%的菠萝蛋白酶溶液,其余工艺参数同上,统计风味牛肉干的感官评价结果如图 3 所示。

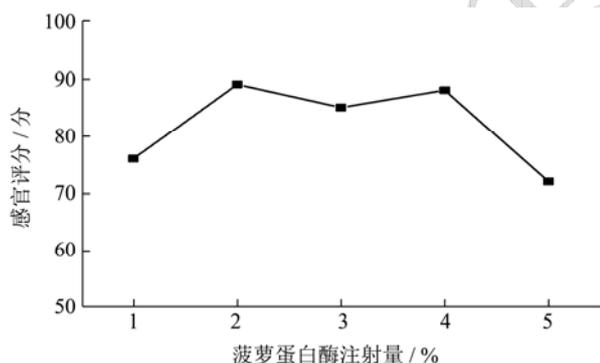


图3 菠萝蛋白酶注射量对牛肉干品质影响

Fig.3 Effect of the amount of tenderizing enzyme injection on the quality of beef jerky

通过图 3 实验结果可以看出,风味牛肉干感官评分值随着菠萝蛋白酶注射量先小幅度增加,说明菠萝蛋白酶注射量对牛肉干肉质嫩度产生正向影响。但当菠萝蛋白酶浓度为 5%时,牛肉干的综合评分下降,说明不能过量加酶,容易导致牛肉干过于嫩化。从经

济角度出发,当菠萝蛋白酶注射量为 2%时,牛肉干嫩度适宜,综合品质较高,因此将菠萝蛋白酶注射量设置为 2%。

2.1.4 转谷氨酰胺酶交联时间对牛肉干的影响

实验设置转谷氨酰胺酶交联分别为 20 min、40 min、60 min、80 min、100 min,其余工艺参数同上,统计风味牛肉干的感官评分图 4 所示。

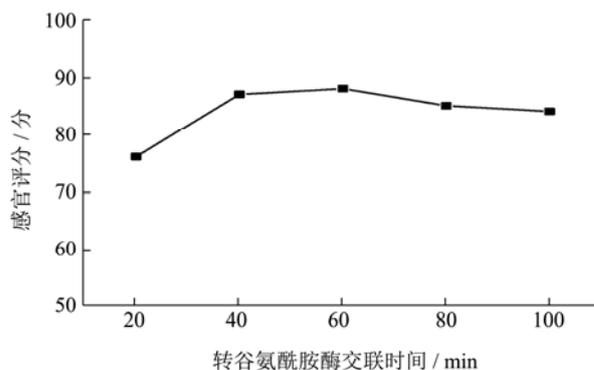


图4 转谷氨酰胺酶交联时间对牛肉干品质影响

Fig.4 Effect of transglutaminase crosslinking time on beef quality

游离氨基酸可帮助人体合成蛋白质,是维持人体健康的重要元素;在嫩滑后牛肉中交联可加强牛肉蛋白质的凝胶性,稳定性,凝胶形成速度快可有效提升牛肉干出品率,改善牛肉干营养价值和口感。利用菠萝蛋白酶嫩化牛肉后,利用转谷氨酰胺酶对牛肉交联,可提升牛肉干质构强度,且风味牛肉干肉质凝胶结构均匀,符合我国食品一级标准。图 4 实验结果表明,交联时间为 40 min 时,牛肉干中游离氨基酸含量以及出品率最高,之后处于接近的水平、结合实际来看,从经济角度出发,因此设置转谷氨酰胺酶交联时间为 40 min。

2.2 正交试验结果

在进行单因素试验的基础上,总结各个因素产生的作用效果并进行综合考虑,进行 L₉(4³)的正交试验。正交试验因素水平表如表 4 所示。

从表 5 正交试验结果的极差分析可以看出,四个单因素影响风味牛肉干品质的主次顺序为烘干温度>复煮时间>转谷氨酰胺酶交联时间>菠萝蛋白酶注射量。最后通过极差分析获得最佳配方,第 6 组为最优组,其工艺参数及水平组合结果为 A2B2C3D1,即经正交设计进行工艺优化后,其生产工艺参数最优为:复煮时间 35 min,烘干温度 49 ℃,菠萝蛋白酶注射量 4%,转谷氨酰胺酶交联时间 40 min。

表 4 正交试验因素水平表

Table 4 Table of factors and levels of orthogonal design

水平	因素			
	A 复煮时间/min	B 烘干温度/°C	C 菠萝蛋白酶注射量/%	D 转谷氨酰胺酶交联时间/min
1	30	43	2	40
2	35	49	3	60
3	40	55	4	80

表 5 正交试验结果与分析

Table 5 Results of orthogonal experiment for steviosides crystallization

编号	因素				感官评价/分
	A 复煮时间/min	B 烘干温度/°C	C 菠萝蛋白酶注射量/%	D 转谷氨酰胺酶交联时间/min	
1	1	1	1	1	82.91
2	1	2	2	2	85.27
3	1	3	3	3	83.45
4	2	1	2	3	82.52
5	2	2	3	1	89.03
6	2	3	1	2	86.70
7	3	1	3	2	81.91
8	3	2	1	3	88.58
9	3	3	2	1	86.28
K ₁	251.63	247.34	258.19	258.22	-
K ₂	258.25	262.88	256.82	253.88	-
K ₃	256.77	256.43	254.39	254.55	-
R	6.62	15.54	3.80	4.34	-

表 6 牛肉干理化指标对比

Table 6 Comparison of physical and chemical indicators of beef jerky

指标	样本 1	样本 2	国标肉糜干	国标肉干
水分/[g/(100 g)]	10.52	8.16	≤20	≤20
总糖/[g/(100 g)]	13.25	14.32	≤35	≤35
总脂肪/[g/(100 g)]	1.58	1.92	≤10	≤10
蛋白质/[g/(100 g)]	33.58	37.95	≥23	≥30
氯化物/[g/(100 g)]	4.15	4.18	≤5	≤5
铅/(mg/kg)	0.05	0.04	≤0.5	≤0.5
无机砷/(mg/kg)	0.01	0.00	≤0.05	≤0.05
镉/(mg/kg)	0.01	0.00	≤0.1	≤0.1

2.3 优化工艺前后风味牛肉干理化指标比较

实验设置四个样本，其中样本 1 为生产过程中未经过工艺优化生产的牛肉干，样本 2 为采用本文优化工艺生产的牛肉干，实验结果如表 6 所示。

表 6 实验结果表明，2 个样本各项理化指标均符合国家标准，采用嫩化以及交联工艺优化后的牛肉干水分含量最少，且总糖、蛋白质以及氯化物含量最高，铅、无机砷、镉等化学物质含量最少，可知经优化工艺生产的风味牛肉干营养价值最高，水分含量最少，

且化学物质含量最少，说明采用本文优化工艺生产可有效提升风味牛肉干的营养价值。

2.4 优化工艺前后风味牛肉干水分比与热收缩率比较

采用本文优化工艺生产的牛肉干与未采用优化工艺生产的牛肉干在不同水分比下的收缩率情况如图 5 所示。

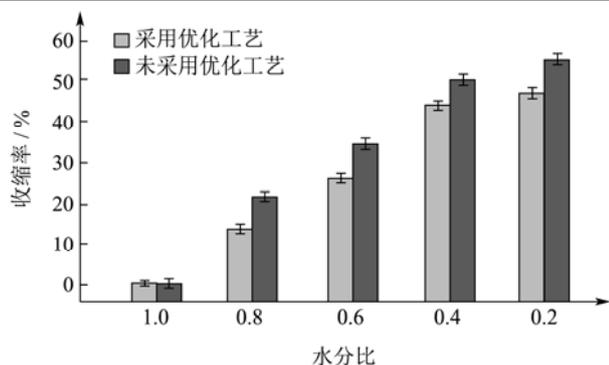


图5 牛肉干在不同水分比下收缩率

Fig.5 Shrinkage of beef jerky at different moisture ratios

图5实验结果表明,在相同水分比情况下,采用本文优化工艺生产的牛肉干收缩率明显低于未采用优化工艺生产的牛肉干收缩率,说明经本文优化工艺生

产的牛肉干收缩程度较小,品质较好。已有肉类研究人员表明,牛肉干在烘干过程中由空气传递热量,表层水分散失量明显大于内部水分,表层失水过快导致热收缩较大,收缩率明显升高。而采用优化工艺加工生产的牛肉干,因加入嫩化剂并交联处理,使热效应与分子振动效应同时作用,烘干过程中热流密度较高,使牛肉内外干燥时间基本相同,干燥均匀可降低牛肉干收缩率,提升风味牛肉干品质。

2.5 优化工艺前后风味牛肉干内外温度比较

对比优化工艺生产方法与未经优化工艺生产方法加工牛肉干内外温度情况,统计牛肉烘干过程中不同水分比情况下内外温度变化过程如表7所示。

表7 风味牛肉干内外温度对比

Table 7 Comparison of internal and external temperature of Chinese flavored beef jerky

水分比	普通工艺生产		优化工艺生产	
	内部温度/°C	外部温度/°C	内部温度/°C	外部温度/°C
1	21.56±0.48	21.66±0.48	21.56±0.47	21.66±0.48
0.8	53.59±0.84	48.09±0.71	37.89±0.19	36.02±0.11
0.6	57.42±1.14	50.15±0.16	47.76±2.29	45.78±2.18
0.4	67.26±1.15	63.89±1.05	53.42±0.46	52.16±0.29
0.2	63.58±0.48	62.05±0.45	57.08±0.87	55.18±0.76

表7结果表明,在除1.00以外的相同水分比情况下未经过优化工艺加工的牛肉在烘干过程中内外温差显著高于经优化工艺加工的牛肉,未经优化工艺的牛肉在烘干过程中内外温度可高达67 °C以及64 °C。而经过优化工艺的牛肉在烘干过程中内外温度最高仅为57 °C以及55 °C。在烘干初期,经优化工艺加工的牛肉内外温差明显高于未经优化工艺加工的牛肉,未经优化工艺加工的牛肉在烘干初期内外温差为5 °C左右,而经过优化工艺加工的牛肉在烘干初期温差仅为2 °C左右。分析以上实验结果可知,优化工艺可有效降低牛肉内外温度以及温差,在烘干过程中牛肉水分由内至外方向传热,使牛肉内外几乎同时干燥,这与优化工艺生产的牛肉干收缩率明显低于未经过优化工艺生产的牛肉干收缩率结果一致,牛肉烘干过程中散热均匀,因此内外温差较小,有效提升风味牛肉干品质。

2.6 优化工艺前后风味牛肉干水分扩散率比较

采用优化工艺生产的牛肉干与未采用优化工艺生产的牛肉干在不同水分比下的水分扩散率结果如图6所示。

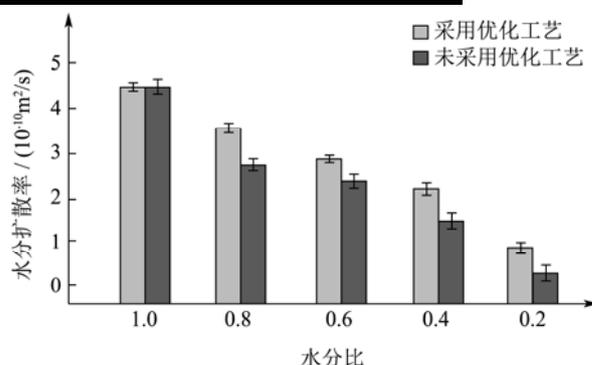


图6 牛肉干在不同水分比下水分扩散率

Fig.6 Water diffusion rate of beef jerky at different moisture ratios

通过水分扩散率评价牛肉烘干过程中内部水分迁移变化情况,水分扩散率值越大说明物料内部水分扩散速度越大,即牛肉干干燥速率越高。图6实验结果表明,牛肉干的水分扩散率均随着水分比的降低而降低,但除1.00以外的水分比下,经优化工艺加工的牛肉水分扩散率明显高于未经过优化工艺加工的牛肉水分扩散率。因此可知,经优化工艺加工的牛肉物料内部水分子由有序状态转化为无序状态,分子扩散速率较快,经过外源酶嫩化法优化工艺后可提高牛肉干内

部水分子扩散情况,有效提升干燥效率,提高风味牛肉干品质。

3 结论

目前我国的牛肉干普遍使用传统生产工艺加工,成品硬度较大,口感较差。菠萝蛋白酶具有较强的水解蛋白能力,被广泛应用于肉质嫩化中。为提升风味牛肉干食用品质,可采用外源酶嫩化法优化风味牛肉生产工艺,选取菠萝蛋白酶作为嫩化剂,并利用转谷氨酰胺酶交联保证风味牛肉干口感。通过大量实验获取风味牛肉干最优生产工艺参数,保证所生产风味牛肉干口感最好,风味独特。

参考文献

- [1] 安琪,李春保,赵凡,等.牛肉和鸡肉膳食对人体内蛋白消化吸收及生理特性的影响[J].南京农业大学学报,2018,41(4): 730-735
AN Qi, LI Chun-bao, ZHAO Fan, et al. The impact of beef-based and chicken-based diets on digestibility and physiological responses of young men [J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 2018, 41(4): 730-735
- [2] 代晓冬,朱科学,郭晓娜,等.不同干燥方式对小麦拉丝蛋白素牛肉干品质的影响[J].中国粮油学报,2018,33(7):20-26
DAI Xiao-dong, ZHU Ke-xue, GUO Xiao-na, et al. Effect of different drying methods on the quality of texturized wheat protein jerky [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2018, 33(7): 20-26
- [3] 李侠,钱书意,杨方威,等.低压静电场下不同隔距冻结-解冻对牛肉品质的影响[J].农业工程学报,2017,33(8):278-285.
LI Xia, QIAN Shu-yi, YANG Fang-wei, et al. Effects of different gauges under low voltage electrostatic field assisting thawing-freezing on beef quality [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2017, 33(8): 278-285
- [4] 程述震,王晓拓,张洁,等.电子束剂量率对牛肉蛋白结构和理化性质的影响[J].食品科学,2018,39(3):150-156
CHENG Shu-zhen, WANG Xiao-tuo, ZHANG Jie, et al. Effect of electron beam dose rate on myofibrillar protein structure and physicochemical characteristics of chilled beef [J]. Food Science, 2018, 39(3): 150-156
- [5] 钟先锋,黄伟志,黄桂东,等.制作工艺对冷冻面团馒头品质影响研究[J].食品研究与开发,2018,39(16):77-86
ZHONG Xian-feng, HUANG Wei-zhi, HUANG Gui-dong, et al. Effect of processing technology on the quality of frozen dough steamed bread [J]. Food Research and Development, 2018, 39(16): 77-86
- [6] 赵立,周振,贺倩倩,等.超声波与菠萝蛋白酶协同作用对鸭肉嫩化的影响[J].食品科学,2018,39(12):100-107
ZHAO Li, ZHOU Zhen, HE Qian-qian, et al. Effects of ultrasonic-assisted bromelain hydrolysis on tenderization of duck meat [J]. Food Science, 2018, 39(12): 100-107
- [7] 徐雪萌,林冬华,陈留记,等.基于ANSYS数值模拟的生鲜面条干燥工艺参数的优化[J].中国粮油学报,2018,33(8):87-93
XU Xue-meng, LIN Dong-hua, CHEN Liu-ji, et al. Parameters optimization of fresh noodles drying process based on ANSYS numerical simulation [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2018, 33(8): 87-93
- [8] 侯莉,赵健,赵梦瑶,等.炖煮牛肉的风味物质分析[J].中国食品学报,2017,17(9):260-270
HOU Li, ZHAO Jian, ZHAO Meng-yao, et al. Analysis of the flavor compounds from stewed beef [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2017, 17(9): 260-270
- [9] 聂文,屠泽慧,张静,等.香兰素和维生素C对卤煮牛肉中杂环胺含量的影响[J].食品安全质量检测学报,2017,8(6): 1987-1992
NIE Wen, TU Ze-hui, ZHANG Jing, et al. Effects of vanillin and vitamin C on the content of heterocyclic amines in braised beef [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2017, 8(6): 1987-1992
- [10] 陈坤杰,季方芳,徐佳琪.生理成熟度及牛肉肌纤维特征与嫩度关系试验研究[J].农业机械学报,2018,49(5):382-388
CHEN Kun-jie, JI Fang-fang, XU Jia-qi. Experiment on relationships among physiological maturity: Features of beef muscle fiber and beef tenderness [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2018, 49(5): 382-388
- [11] 王应强,温建华,刘爱青,等.浸泡与米水比例对预烹调小米微波对流恒温干燥特性与品质的影响[J].食品与机械,2017, 33(6):190-195
WANG Ying-qiang, WEN Jian-hua, LIU Ai-qing, et al. Influence of soaking and millet/water ratio on microwave-convective drying characteristics and quality of cooked millet under the constant temperature [J]. Food & Machinery, 2017, 33(6): 190-195

(下转第 154 页)