

# 玉米膳食纤维在饼干中应用的研究

张艳荣, 张雅媛, 王大为 \*

(吉林农业大学食品工程学院, 吉林 长春 130118)

**摘 要:** 将玉米深加工副产物玉米皮经适当处理制得高品质膳食纤维, 并用于高膳食纤维饼干的生产。通过正交试验, 对影响高膳食纤维饼干品质的主要因素进行分析, 确定了高膳食纤维饼干的最佳工艺及配方。结果表明: 膳食纤维的处理方法对产品感官品质的影响最大, 其次是膳食纤维粒度、膳食纤维用量、添加剂用量。玉米纤维经挤出处理, 粒度为 0.147mm, 添加量为 16%, 疏松剂和乳化剂用量分别为 0.4% 和 0.2% 时, 产品品质最好。

**关键词:** 玉米; 膳食纤维; 饼干; 生产工艺

## Study on Application of Corn Dietary Fiber in Biscuit

ZHANG Yan-rong, ZHANG Ya-yuan, WANG Da-wei \*

(College of Food Engineering, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China)

**Abstract:** Using corn byproduct to make high quality dietary fiber, and add it in dough to manufacture high dietary fiber biscuits. The main factors which influence this biscuit's quantity was analysed through the orthogonal test, and the best technology of high dietary fiber biscuit can be determined. The result show that the kind of dietary fiber has most significant effect on food's

收稿日期: 2005-06-12

\*通讯作者

基金项目: 国家“十五”重大科技攻关专项(2001BA501A01)

作者简介: 张艳荣(1965-), 女, 副教授, 博士, 主要从事功能食品研究开发及教学工作。

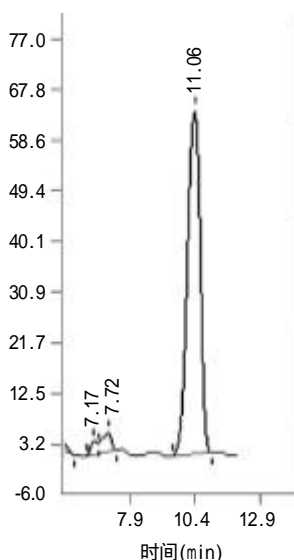


图4 合成产品的HPLC色谱图

Fig.4 Chromatography of synthetic product

## 参考文献:

- [1] 雷炳福.  $\alpha$ -生育酚酯类产品及其制备方法[J]. 西部粮油科技, 2003, (2): 29-32.
- [2] 周余来, 刘景英, 姜熙罗, 等. 硒、维生素E和不饱和脂肪酸复合作用与克山病发病关系的研究[J]. 白求恩医科大学学报, 2001, 27(4): 365-368.
- [3] Eugster C, Eugster CH, Haldemann W, et al. Preparation of biotenside esters and phosphatides with vitamins D and E as neoplasm inhibitors[P]. WO: 9221670, 1992-12-10.
- [4] Kanbe N. Cosmetics containing tocopherols[P]. JP: 61143311, 1986-07-01.
- [5] Djerassi D, Schnurman ES. Moisturizing cosmetics containing  $\alpha$ -tocopherol fatty acid esters[P]. EP: 231777, 1987-08-12.
- [6] 堀江正雄, 大庭茂树. 维生素E亚油酸酯[P]. JP: 公开特许公报(A) 昭57-193473, 1982-11-27.
- [7] 张静, 孔祥文. 维生素E亚油酸酯的合成[J]. 中国医药工业杂志, 2003, 34(10): 484-485.
- [8] Millis, James, R. Esters of conjugated linoleic acid or conjugated linoleic acid uses thereof[P]. WO: 99/32105, 1999-01-07.

3.2 采用TLC和HPLC法对产物进行分析, 证实反应产物为维生素E油酸酯。

sensory evaluation index, next is dietary fiber size, the amount of dietary fiber, the amount of additive. when corn fiber is extruded, the amount of high quality corn dietary fiber is 16%, size is 0.147mm, the amount of loosen agent and glycerol monostearate is 0.6%, 0.5%, the quality of biscuit is best.

Key words: corn; dietary fiber; biscuit; technology

中图分类号: TS210.9

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2005)08-0138-05

膳食纤维(Dietary Fiber, DF)是指不能被人体消化吸收,以多糖类为主体的高分子物质的总称。按其溶解特性的不同,可分为水溶性膳食纤维(Soluble Dietary Fiber, SDF)和水不溶性膳食纤维(Insoluble Dietary Fiber, IDF)两大类<sup>[1]</sup>。膳食纤维具有较强的持水能力,能整合消化道中的胆固醇、吡啶和重金属,抑制致癌物的产生,促进胃肠的蠕动,利于废物的排出,减少肠道对有毒有害物质的吸收,防止或减少便秘、糖尿病、大肠癌、肥胖症等疾病的发生<sup>[2]</sup>。膳食纤维已成为保证人体健康所必需的营养成分,世界卫生组织规定膳食纤维的摄入量应为每人每天16~24g。近几年来欧美国家非常重视膳食纤维的开发和应用,美国、日本、丹麦、英国、法国等国家已广泛将膳食纤维添加到面包、糕点、饼干、糖果等食品中制成各种功能食品。我国膳食纤维研究工作起步较晚,高膳食纤维食品品种少,生产量低,不能满足市场的需求。因此,研究和开发高膳食纤维食品具有重要的现实意义<sup>[3]</sup>。饼干保质期长,贮存方便,营养丰富,老幼皆宜,工业化程度高,易于进行营养强化处理。在饼干面团中添加高品质膳食纤维,不但可改良面团的加工性能,提高产品的酥松程度,赋予其新的营养特性,而且还能降低产品的原料成本。玉米皮一般占玉米质量的12%~14%,玉米皮膳食纤维得率可达7%以上,开发玉米膳食纤维饼干不但能为广大消费者提供一种新型健康食品,同时也提高了玉米的综合利用价值,增加玉米深加工企业的经济效益<sup>[4]</sup>。目前尚未见有关本研究产品生产和科研成果的报道。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

玉米皮由长春大成实业有限公司提供;面粉为市售低筋小麦粉;绵白糖、奶油、色拉油、糖浆为市售优级品;鸡蛋为新鲜无变质的优质品;疏松剂、乳化剂为市售优级食品添加剂。

### 1.2 仪器及设备

WF250型万能粉碎机 上海蓝深制药机械有限公司;振动筛 新乡市利达机械有限公司;YXQ.S6.280型高压蒸煮器 上海申华医疗器械经销公司;JC-60A型挤出机 长春市食品工业研究所;MT-288型揉压面机 广州恒联食品机械厂;XYF-2D型远红外食品烤

炉 广州电热设备厂;101-2A型数显式电热鼓风干燥箱 上海实验仪器厂;GB204型分析天平 Mettler-Toledo instr. LTD.;SH10A型快速水分测定仪 上海恒平科学仪器有限公司。

### 1.3 方法

1.3.1 玉米膳食纤维(Corn Dietary Fiber, CDF)的制备 将玉米皮用流动水漂洗,去除杂质及残余淀粉,将水分沥干。干燥后粉碎并筛出粒度分别为0.125、0.147、0.175mm的玉米膳食纤维备用<sup>[5]</sup>。

1.3.2 高压蒸煮玉米膳食纤维(High-pressure-steam treatment Corn Dietary Fiber, HCDF)的制备 将CDF置于0.15 MPa的高压蒸煮器中处理30min后,烘干粉碎并筛出粒度分别为0.125、0.147、0.175mm的高压蒸煮玉米膳食纤维备用<sup>[5]</sup>。

1.3.3 挤出玉米膳食纤维(Extrusion Corn Dietary Fiber, ECDF)的制备 利用挤出机将CDF进行挤出处理,进料速度20~22kg/h,挤出温度145~150℃,挤出后干燥、粉碎并筛出粒度分别为0.125、0.147、0.175mm的挤出玉米膳食纤维备用<sup>[5]</sup>。

1.3.4 生产工艺流程 原料预处理→面团的调制→辊轧→成形→摆盘→烘烤→喷油→冷却→成品。

1.3.5 配方的确定 采用L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>)正交试验法对影响高膳食纤维饼干品质的主要因素进行研究和分析。每个配方中基本配料(以面粉为基准,其它辅料分别占面粉的比例为:绵白糖5%,色拉油5%,人造奶油10%,糖浆10%,鲜鸡蛋12%)保持不变,玉米膳食纤维的用量(A),玉米膳食纤维的处理方法(B),膳食纤维粒度(C),疏松剂和乳化剂用量(D)见表1。

1.3.6 操作要点<sup>[6]</sup> (1)面团的调制 先将面粉以外的其它原辅料预混均匀,然后再投入面粉进行调制,使蛋白质适当吸水,形成具有一定韧性和良好可塑性的饼干面团。(2)辊轧:将调制好的面团辊压成薄厚均匀的面片,增加其韧性和可塑性,保证产品形态完整,色泽均匀。(3)成形:将面片冲印成符合要求的形状。(4)摆盘:将饼干坯整齐的摆入盘中,饼干坯的间距要适当且满盘运行,保证产品的焙烤均匀度。(5)焙烤:进炉温度为下火250℃,上火225℃,焙烤2min后下火调至220℃,上火调至250℃,烘烤4~6min,产品表面呈棕黄色并具

表1  $L_9(3^4)$  正交试验因素和水平  
Table 1 Factors and level of  $L_9(3^4)$  orthogonal test

水平Level	因素Factors			
	膳食纤维用量(%) Amount of DF	膳食纤维处理方法 Treatment method of DF	膳食纤维粒度(mm) Size of DF	添加剂用量(%) (疏松剂+乳化剂) Amount of additive
	A	B	C	D
1	12	CDF	0.125	0.4+0.2
2	14	HCDF	0.147	0.6+0.3
3	16	ECDF	0.175	0.8+0.4

表2 饼干综合品质评分标准与细则  
Table 2 The mark standard and detailed rules of biscuit

项目 Item	要求 Request	得分 Mark
色泽Color	呈棕黄色或金黄色或该产品应有的色泽, 色泽基本均匀, 表面有光泽, 不应有过焦、过白现象	15
形体Figure	外形完整、规则, 花纹清晰, 薄厚一致	15
滋味Taster	具有该产品应有的滋味, 无异味, 无杂质	25
口感Chewy texture	口感酥松、细腻, 不粘牙, 不掂牙	25
组织Constitution	断面结构有层次状, 无大裂缝、大孔洞或不疏松现象	20
总分		100

有一定焙烤香气即已成熟。(6) 喷油: 刚出炉的饼干表面干燥, 饼体柔软, 口感和外观差, 稍经冷却立即用  $160^{\circ}\text{C}$  的食用油对饼干进行雾化喷射处理, 增强产品表面的光泽感, 并改善其口感。(7) 冷却: 喷油后饼干温度仍然较高, 饼体柔软易变形, 应进行冷却处理, 使产品形态完整, 口感疏松, 且可防止包装后产生冷凝水引起霉变。但不可用强风速冷, 以免产生内应力使饼干出现裂缝, 导致饼干破碎率升高。

#### 1.4 饼干综合品质鉴评方法

对饼干综合品质进行感官品质鉴评。感官品质鉴评 (Sensory Analysis) 是一种能真实、客观反映食品品质的有效方法, 在国内外食品科学研究中得到广泛应用, 目前尚无任何一种仪器测试能完全取代感官鉴评。鉴评时由 10 名有感官品评经验的专业技术人员组成鉴评小组, 研究讨论确定品评术语, 在专业感官品质鉴评室内进行, 按规定的评分标准对产品的感官品质进行综合评价, 满分为 100 分, 取其平均值为最终结果<sup>[7]</sup>。评分细则见表 2。

#### 1.5 饼干理化及卫生指标的测定

饼干的理化成分及卫生指标参考 GB7100-86 糕点饼干面包卫生标准、QB1253-91 饼干通用技术条件、QB1254-91 饼干试验方法的相应规定进行检测。

### 2 结果与分析

#### 2.1 工艺及配方的确定

由表 3 中 R 值可知, 各因素对饼干综合品质影响程度的强弱次序为  $B > C > A > D$ 。最佳工艺条件为  $A_3B_3C_2D_1$ , 即将玉米膳食纤维进行挤出处理、粒度为  $0.147\text{mm}$ 、用量为 16%, 疏松剂用量为 0.4%, 乳化剂

表3  $L_9(3^4)$  正交试验结果  
Table 3 Result of  $L_9(3^4)$  orthogonal test

序号 Number	因素与水平Factor and level				综合评分 Comprehensive marks
	A	B	C	D	
1	1	1	1	1	67
2	1	2	2	2	82
3	1	3	3	3	83
4	2	1	2	3	70
5	2	2	3	1	81
6	2	3	1	2	88
7	3	1	3	2	68
8	3	2	1	3	80
9	3	3	2	1	95
$K_1$	232	205	235	243	
$K_2$	239	243	247	238	
$K_3$	243	266	232	233	
$k_1$	77.3	68.3	78.3	81.0	
$k_2$	79.7	81.0	82.3	79.3	
$k_3$	81.0	88.7	77.3	77.7	
R	3.7	20.4	5.0	3.3	

用量为 0.2%。以该工艺配方生产的产品口感酥松, 香甜适口, 综合品质最好。

#### 2.2 膳食纤维处理方法对饼干品质的影响

由试验结果可知膳食纤维的处理方法是影响产品质量的关键因素。未经特殊处理的 CDF 具有粗硬的晶型结构, 吸水性差, 膨润性弱, 和面团中其它成分结合力小, 且严重阻碍面粉中的面筋蛋白吸水胀润, 使面团韧性不足, 轧延性差, 轧延时易断片, 压延比为 1:1.3 时即破碎, 无法成型, 产品粗糙易碎, CDF 用量 12% 时饼干的破碎率 40%, 用量 16% 时饼干破碎率高达 60%。HCDF 改性程度小, 对面团物性的改良作用较弱, 产品口感粗糙, 有牙碜的感觉, 综合品质未得到明显改善。

ECDF 能较大幅度地改善面团的工艺性能,而且还赋予制品独特的风味,口感舒适,细腻酥松玉米膳食纤维在挤出机作用腔内受到熔融、剪切、摩擦、输送的综合作用,使纤维紧密的晶型结构变得松散并部分断裂与重组,形成新的空间立体构象<sup>[8]</sup>;内部水分子获得能量生成大量的高压蒸汽而急剧膨胀,并在挤出机出口瞬间失压,对与之接触的物料产生巨大的冲击波,使纤维物质分子间和分子内空间结构扩展、断裂、变形,分子量减小且生成支链,亲水基团增多,可溶性成分增加<sup>[8]</sup>。这种 ECDF 在面团中能与蛋白质络合形成牢固的立体网状结构,且为非面筋结构,赋予面团适当的韧性、良好的可塑性,面团压延比 1:4 时仍有良好塑性和适当韧性,易于辊轧和成型,并可防止面团筋力过强,造成的产品僵硬不疏松<sup>[9]</sup>,产品酥松,形态完整,破碎率小于 3%。

### 2.3 膳食纤维用量对饼干品质的影响

面团中添加适量的高品质膳食纤维,可提高面团结合水的能力,使面团适度胀润,增加面团的柔韧性;高品质膳食纤维在面团中形成的立体交织网状结构是一种非面筋结构,不会引起面团的收缩与变形,并可适度限制面筋的形成,使面团具有良好的可塑性,改良了面团的加工性能<sup>[10]</sup>。因此,生产中可大幅度减少油、糖、蛋的用量,降低了产品的热量和原料成本,同时仍能保证产品具有优良的外观和口感。膳食纤维添加量过少,对面筋的稀释能力弱,膳食纤维添加量 12% 时压延比 1:5 时仍不断片,但停止辊压即发生收缩,面团弹性强,产品变形,疏松程度差。膳食纤维添加量过大,面团的结合力弱,延展性差。试验时当纤维用量 18% 时辊轧易断片,无法输送,成型困难,饼干破裂,形态不完整,色泽深褐,饼体光泽感差,口感粗糙,无法正常生产出品质优良的饼干产品。本研究高品质膳食纤维添加量为 16% 时,产品综合品质最好。

### 2.4 膳食纤维粒度对饼干品质的影响

膳食纤维的粒度对饼干的品质有较大影响。随着粒度的增大,纤维的持水力减弱,膨胀力降低,当粒度过大时,形成的立体网络结构不连续,有破损现象,对面团中其它成分的包容能力下降。另外较大粒度的纤维束在面团中仿佛一道道隔离墙,严重阻碍蛋白质、淀粉等吸水物质吸水胀润,降低面团的结合力,面团柔韧性变劣,延展性差。粒度为 0.175mm 的膳食纤维,当用量为 12% 时,压延比为 1:1.4 时即发生断片;用量 16% 时面团无压延性,面片破碎无法实现辊轧及成型操作,产品牙碜,口感差。膳食纤维粒度过小,吸水量过大,面团形成时间延长,面团弹性增加可塑性降低,饼坯含水量高,焙烤时间长,易变形。试验中当膳食纤维粒度 0.125mm,用量 12% 时,产品疏松度

差,有撞嘴感。本研究中挤出处理的膳食纤维粒度为 0.147mm 时,面团的加工性能及产品品质都达到最佳状态。

### 2.5 疏松剂及乳化剂对饼干品质的影响

疏松剂和乳化剂是饼干生产中必需的添加剂,疏松剂可赋予制品酥松、入口易化的优良口感;乳化剂可提高面团的机械搅拌耐性,促进油水混合,提高面团的结合力,使饼坯易于脱模,产品表面光洁<sup>[11]</sup>。增加疏松剂和乳化剂的用量,有助于面团加工性能的改善及提高产品的品质,但同时也增加了产品的成本。在本研究中,对玉米膳食纤维进行挤出处理,提高了膳食纤维的品质,膳食纤维的粒度和用量适当,即使疏松剂和乳化剂的用量最低,即疏松剂用量为 0.4%,乳化剂用量为 0.2%,仍可获得疏松可口、品质优良的饼干产品。

### 2.6 产品理化及卫生指标

参考 GB7100-86 糕点饼干面包卫生标准、QB1253-91 饼干通用技术条件、QB1254-91 饼干试验方法的相应规定对按最佳工艺和配方生产的产品进行检验,结果见表 4。

表 4 产品理化指标和卫生指标  
Table 4 Physics and chemistry and hygiene target of products

检验项目 Item	要 求 Request	检验结果 Result	结 论 Conclusion
水分(%) Water content	≤6.0	4.8	合格
碱度(以碳酸钠计)(%) Alkalinity	≤0.4	0.2	合格
酸价(以脂肪计)(%) Acid number	≤5.0	3.0	合格
过氧化值(以脂肪计)(%) Peroxide number	≤0.25	0.12	合格
铅(Pb)/(mg/kg)Lead	≤0.5	0.2	合格
砷(As)/(mg/kg)Arsenic	≤0.5	0.2	合格
汞(Hg)/(mg/kg)Mercury	≤0.10	0.01	合格
黄曲霉毒素B <sub>1</sub> /(μg/g) Aflatoxin B <sub>1</sub>	< 5	4	合格
菌落总数/(个/g) Colony sum	≤ 750	5	合格
大肠菌群/(个/100g) Coliform group	≤ 30	1	合格
霉菌/(个/g) Mildew	≤ 50	未检出	合格
致病菌 Disease germ	不得检出	未检出	合格

## 3 结 论

3.1 未经特殊处理的玉米膳食纤维直接添加到面团中,会严重影响饼干外观及内在组织和口感。玉米膳食纤维必须经过适当方法处理后,使之成为高品质膳食纤维,添加到食品中才能改善产品的品质,挤出法是提高玉米膳食纤维品质的理想方法。

# 以热反应制备羊肉香精为目的 的羊脂控制氧化工艺研究

林庆斌, 孙宝国, 谢建春  
(北京工商大学化学与环境工程学院, 北京 100037)

**摘 要:** 本文研究了以热反应制备羊肉香精为目的的羊脂控制氧化工艺条件。通过单因素试验和感官评价, 初步筛选出参与热反应制备羊肉香精的羊脂氧化指标为过氧化值(P.V.) $350\sim 500\text{meq 氧}/(\text{kg 羊脂})$ 、茴香胺值(p-A.V.) $\geq 200$ 、酸值(A.V.) $\leq 3.0\text{mgKOH}/(\text{kg 羊脂})$ 。羊脂控制氧化较佳工艺条件为: 温度 $130\sim 135^{\circ}\text{C}$ 、压缩空气流量 $0.20\sim 0.25\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{kg 羊脂})$ 、时间 $3.0\sim 3.5\text{h}$ 。

**关键词:** 羊脂; 控制氧化; 热反应; 羊肉香精

## Study on the Technology of Suet Oxidized in Control for Preparation of Muttony Flavor by the Thermal Reaction

LIN Qing-bin, SUN Bao-guo, XIE Jian-chun  
(School of Chemical and Environmental Engineering, Beijing Technology and Business University,  
Beijing 100037, China)

**Abstract:** The processing technology conditions of controlled oxidation of suet for preparation of muttony flavor by the thermal reaction were studied in this paper by some single factor tests and aroma evaluating experiments. The optimum conditions of

收稿日期: 2005-06-25

基金项目: 北京市自然科学基金项目、北京市教育委员会科技发展计划重点项目(KZ2003100111005)

作者简介: 林庆斌(1978-), 男, 硕士研究生, 研究方向为香料化学。

3.2 高膳食纤维饼干的最佳工艺条件为: 采用挤出法处理玉米膳食纤维获得高品质玉米膳食纤维ECDF, ECDF用量为16%, ECDF粒度为 $0.147\text{mm}$ , 疏松剂用量为0.4%, 乳化剂用量为0.2%。以此最佳工艺条件生产的产品口感疏松舒适, 风味纯正, 品质优良。

### 参考文献:

- [1] 辛馨. 食物纤维的生理作用及其在食品中的应用[J]. 食品工业科技, 1989, (5): 52-58.
- [2] 郑建仙. 功能性食品(第2卷)[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1999. 50-65.
- [3] 牟德华, 李艳, 崔福来. 高膳食纤维儿童食品的研制[J]. 食品工业科技, 1997, (2): 43-45.
- [4] 尤新. 玉米深加工技术[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1999. 1-17.
- [5] 张艳荣, 王大为. 高品质玉米膳食纤维生产工艺的研究[J]. 食品科学, 2004, (9): 213-217.
- [6] 沈建福. 粮油食品工艺学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2002. 1-78.
- [7] Dansby M Y, Bovell-Benjamin A C. Sensory characterization of a ready-to-eat sweet potato breakfast cereal by descriptive analysis[J]. Food Sci, 2003, 68: 706-709.
- [8] 张裕中. 食品挤压加工技术与应用[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1998. 6-180.
- [9] 葛毅强, 石晶晶, 闫红, 等. 米糠膳食纤维饼干的研制[J]. 粮油食品科技, 2003, (1): 22-23.
- [10] 寿庆丰, 蒋予箭. 以麸皮为食物纤维原料制备保健功能性食品[J]. 食品研究与开发, 1999, (6): 51-53.
- [11] 刘钟栋. 食品添加剂原理及应用技术[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2000. 17-112.