

青稞酥饼加工工艺及其对 β -葡聚糖的影响

农彦彦,冯才敏,吴子瑜,钟立维

(顺德职业技术学院,广东 佛山 528300)

摘要:通过单因素实验及 Box - Behnken 实验设计分析得到青稞酥饼的最佳配方为:青稞粉与豌豆粉(6:4)100%,芝麻粉 20%,花生粒 10%,起酥油 30%,白砂糖糖粉 40%,水 10%;最优焙烤工艺参数为:烘烤阶段,底火 115 °C,30 min;上色阶段,底火 120 °C,面火 150 °C,5 min。分析润麦、炒制、磨粉和焙烤 4 个主要加工工序对青稞可溶性 β -葡聚糖含量的影响。结果显示,润麦、炒制及焙烤工序对可溶性 β -葡聚糖含量基本不产生影响。经粉碎机磨粉和水磨磨粉后,可溶性 β -葡聚糖含量分别增加了 16.0% 和 29.5%。经最佳实验配方和工艺加工而得的青稞制品,口感酥松,风味纯正,且提高了营养价值。

关键词:青稞; β -葡聚糖;加工工艺

中图分类号:TS 219 **文献标识码:**A **文章编号:**1007-7561(2018)02-0006-05

Processing technology of highland barley pastry and impacts on β -glucan

NONG Yan - yan, FENG Cai - min, WU Zi - yu, ZHONG Li - wei

(College of Applied Chemical Engineering, Shunde Polytechnic, Foshan Guangdong 528300)

Abstract: The optimal formula of highland barley pastry was obtained by single factor test and Box - Behnken experiments, which was: highland barley flour and pea flour(6:4)100%, sesame powder 20%, peanut 10%, shortening 30%, sugar powder 40% and water 10%. The baking technological parameters were optimized, which were: during baking stage the bottom baking temperature 115 °C for 30 min; during color stage surface baking temperature 150 °C for 5 min. The effect of the main processing procedure, including moistening, roasting, grinding and baking, on the content of soluble beta - glucan (SBG) of highland barley was analyzed. The results showed that the contents of SBG in barley were not significantly changed after moistening, roasting and baking, while increased 16.0% and 29.5% respectively after being ground by a grinder and a water mill. The highland barley pastry prepared by the optimal formula taste crispy with pure flavor and nutrition.

Key words: highland barley; beta - glucan; processing technology

青稞亦称裸大麦,属粗粮,营养丰富,具有高蛋白、高纤维、高维生素、低脂肪、低糖的营养特点^[1],并含有 8 种人体必需氨基酸,还有丰富的矿物质元素及维生素,其营养成分综合指标符合现代人对营养的需求^[2]。青稞还含有丰富的 β -葡聚糖,具有降血脂、降血糖、抗癌等功效,成为国内外研究的热点^[3]。近几年青稞产品趋于多样化,从青稞面包、

糕点到披萨、酸奶等^[4-6]。但由于青稞中的麦醇蛋白含量低,不利于面筋的形成^[4],且青稞高支链淀粉含量及 β -葡聚糖的存在,使得物料黏度较高,不易于产品成型。因此,目前大部分青稞食品都只用青稞作为小部分原料替代小麦粉,青稞营养价值的利用受到一定程度的限制。而加工工艺对青稞产品中功能成分 β -葡聚糖的影响,目前尚缺乏系统的研究。近年,有一些研究报道了加工工艺对燕麦 β -葡聚糖的影响,但结论不一,如燕麦经过常压蒸制、加压蒸制、普通烘烤、红外烘烤等工艺处理后

收稿日期:2017-10-10

基金项目:顺德职业技术学院“一流高职院校”科研项目(2017-KJZX049)

作者简介:农彦彦,1985 年出生,女,硕士研究生。

通讯作者:冯才敏,1981 年出生,男,博士,副教授。

β -葡聚糖含量升高^[7-8]。也有研究报道,常压蒸制对 β -葡聚糖含量没有显著影响^[9]。本实验以青稞为主要原料,开发方便休闲食品——青稞酥饼,并研究产品加工工艺对其功效成分 β -葡聚糖的影响,旨在为青稞的加工提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 原料与试剂

青稞:由西藏罗布旦糌粑公司提供;白砂糖、起酥油、花生、芝麻:市售,符合国家卫生标准。

1.2 实验试剂

β -葡聚糖标准品:Sigma公司;乙醇、 α -淀粉酶、双叠氮化钠、刚果红、磷酸氢二甲、磷酸二氢钾。

1.3 实验设备

CKWS-100-B 远红外线自动电烤箱:广东半球实业集团公司;YP-N 型电子天平:上海精密仪器仪表有限公司;KXH101-74 恒温干燥箱:上海捷呈实验仪器有限公司;UV2550 紫外分光光度计:日本岛津公司。

1.4 实验方法

1.4.1 青稞酥饼加工工艺流程

青稞→清洗→润麦→炒制→冷却→磨粉→预混合→粉团调制→压模成型→焙烤→冷却→成品

1.4.2 基础配方

在前期研究的基础上,确定青稞酥饼的基础配方为青稞粉与豌豆粉(6:4)100%、芝麻粉20%、花生粒10%、白砂糖粉40%、起酥油30%、水10%。青稞酥饼的配方采用烘焙百分比^[8]。

1.4.3 操作要点

称量所有原料,青稞粉、豌豆粉过80目筛,花生炒熟粉碎成小颗粒,芝麻炒熟,粉碎后过40目筛。把青稞粉与豌豆粉按比例混合均匀,糖粉、油和水按比例混合均匀。两者混匀后,加入花生粒和芝麻粉,调制混合,形成具有一定松散度和粘性的粉团。取一定量调制好的粉团,放入模具中压模成型,脱模后放入烘箱焙烤。焙烤分为两阶段,第一阶段为烘烤阶段,底火温度控制为110℃左右,关闭面火,烘烤30min;第二阶段为上色阶段,底火温度调至120℃,面火温度调至150℃,焙烤5min至麦黄色。

1.4.4 实验设计

1.4.4.1 单因素实验 以青稞粉和豌豆粉为基准量(质量分数为100%),固定基本配方中的其他原料添加量,考察油脂添加量(15%、20%、25%、30%、35%),白砂糖粉添加量(9%、12%、15%、18%、21%),水添加量(0.4%、0.8%、1.0%、1.2%、1.5%)及烘烤阶段温度(90、100、110、120、130℃)对青稞饼干感官品质的影响。

1.4.4.2 工艺优化实验 在单因素实验基础上,选取不同的油脂添加量、白砂糖粉添加量、水添加量及烘烤温度,运用SAS数据处理软件,以感官综合评分(Y)为响应值进行Box-Behnken实验设计。

1.4.5 青稞酥饼感官评价

以青稞酥饼的色泽、口感、风味、组织结构作为感官指标,选取10名技术人员组成感官评价小组,对青稞酥饼进行综合评分,评价标准如表1,结果取平均值。

表1 青稞酥饼感官评价标准

项目	好	一般	差
色泽(15分)	麦黄,色泽均匀 (12~15分)	焦黄,色泽均匀 (9~11分)	焦糊或过白,有异色 (<9分)
口感(40分)	酥松爽口,甜而不腻,不黏牙 (36~40分)	偏硬,甜度适中,略黏牙 (31~35分)	松软或僵硬,偏甜或偏淡,黏牙 (<31分)
风味(25分)	香味浓,具有烘烤制品特有的香味 (22~25分)	香味略淡,具有烘炒制品特有的香味 (18~21分)	香味淡,有异味,没有烘炒制品特有的香味 (<18分)
组织(20分)	外形完整,印花清晰,表面干粉脱落较少 (16~20分)	外形有崩塌,印花不太清晰,表面干粉脱落略多 (11~15分)	破碎严重,轻捏即碎或表面呈黏实状 (<11分)

1.4.6 青稞 β -葡聚糖的提取及含量测定

采集青稞酥饼加工过程5个阶段的样品进行分析,分别为原料、润麦、炒制、磨粉、焙烤。青稞 β -葡聚糖的提取参考Mc-Cleary^[10]及Papageorgiou^[11]方法; β -葡聚糖含量的测定采用刚果红法^[12]。

2 结果与分析

2.1 单因素实验

2.1.1 油脂添加量对青稞酥饼质量的影响

由于青稞蛋白自身不易形成面筋,因此,青稞酥饼主要依靠起酥油包裹空气,焙烤中空气遇热流

散,膨胀形成多孔结构,从而产生酥松口感。另外,起酥油能在淀粉或蛋白质颗粒周围形成一层油膜,使得生坯不易粘模,花纹清晰^[9]。表 2 的实验结果显示,青稞酥饼的感官质量与油脂的添加量有密切的关系。起酥油添加量为 20% ~ 25% 时,产品口感干硬,表面干粉脱落较多。因为油脂过少起不到润滑及起酥的作用,所以产品口感干硬,表面印花模糊。随着添加量的增加产品酥松口感越强,表面印花越清晰,表面干粉散落越少,当起酥油添加量为 30% 和 35% 时,产品感官品质最佳。但当油脂添加量为 40% 时,产品有油腻感。

表 2 起酥油添加量对产品感官质量的影响

实验号	起酥油添加量 /%	感官评价
1	20	干硬,印花模糊,表面干粉过多
2	25	较酥松,印花不太清晰,表面干粉脱落略多
3	30	酥松且爽口,印花比较清晰,表面干粉脱落少
4	35	酥松且爽口,印花比较清晰,表面干粉脱落少
5	40	酥松但油腻,印花比较清晰,表面干粉脱落少

2.1.2 水添加量对青稞酥饼质量的影响

水一方面作为溶剂溶解糖粉,另一方面能使粉料与糖、油脂等其他物料掺混成粉团。由于青稞粉不能像小麦粉一样形成面筋软胶体网络结构,因此青稞酥饼生坯的成型要借助于淀粉的粘结性,使分散的粉料经压模后粘结成型。水添加量是调节控制粉团的粘度主要因素。由表 3 实验结果可知,水添加量过少,粉团的粘结性小,压模时产品结构松散,使得脱模时成品易粉碎。若水添加量过大,粉团粘度过大,产品不易成型,且焙烤后口感较硬。水添加量在 14% 和 16% 时,产品的感官品质最佳。

表 3 水添加量对产品感官质量的影响

实验号	水添加量 /%	感官评价
1	10	组织松软,表面干粉脱落较多,轻捏即碎
2	12	组织松软,表面干粉脱落较多,轻捏即碎
3	14	硬度适中,表面干粉脱落较少
4	16	硬度适中,表面干粉脱落较少
5	18	稍硬,表面呈黏实状

2.1.3 白砂糖粉添加量对青稞酥饼质量的影响

由于实验所用的原料粉自身粘度较大,不适合使用还原性糖浆,因此实验使用白砂糖粉调节产品

的甜度及色泽。由表 4 可知,当糖粉添加量在 60% 左右时,产品甜度及色泽达到最佳。同时,糖粉主要成分为蔗糖,蔗糖不参与美拉德反应。因此可推测,实验中青稞酥饼的色泽随糖粉添加量增加而加深的主要原因在于当焙烤温度达到蔗糖的熔点 (140 ~ 170 ℃) 时,蔗糖发生焦糖化反应形成棕褐色物质所致^[10],这也是实验中青稞酥饼在第一焙烤阶段色泽变化不明显的原因之一。

表 4 白砂糖粉添加量对产品感官质量的影响

实验号	糖粉添加量 /%	感官评价
1	20	色泽过白,基本无甜味
2	40	色泽微黄,甜味偏淡
3	60	麦黄色,甜味适宜
4	80	浅褐色,过于甜腻

2.1.4 焙烤温度对青稞酥饼质量的影响

青稞酥饼生坯由各种粉料经混合、粘结成团后,压模而得,饼坯结构紧密,焙烤的主要目的在于使水分散发的同时,使油脂包裹的空气遇热流散,膨胀形成多孔结构,产生酥松口感。因此,青稞酥饼的焙烤分为两个阶段,即烘烤和上色阶段。因为烘烤阶段为控制产品质量的关键环节,所以对烘烤阶段的温度及时间进行单因素实验。由表 5 可知,当烘烤温度为 90 ℃ 时,产品结构松软,口感及色泽较差。因为当温度过低时,烤箱内的热量不足以使饼坯内的水分快速逸出,也不足以使空气充分膨胀在饼坯内形成疏松的网络结构,因此口感松软,且异味无法带出,色泽淡白,同时含水量过大也会影响产品贮藏。但若温度过高,达到 120 ℃ 时,产品开始出现口感较硬,表面焦黄,中心含水量较大的现象。可能是因为青稞酥饼饼坯为紧密的粉体结构,水分、空气等分子较难逸出,与一般饼干相比,焙烤时需要相对较低的焙烤温度和较长的焙烤时间。实验结果显示,烘烤阶段温度为 100 ~ 110 ℃ 时,产品感官品质最佳。

表 5 烘烤阶段温度对产品感官质量的影响

实验号	烘烤阶段温度 /℃	感官评价
1	90	色泽偏白,口感松软,结构松散
2	100	色泽微黄,口感酥松,结构稍松散
3	110	色泽微黄,口感酥松硬脆,结构紧实
4	120	色泽浅黄,口感稍硬,结构紧实
5	130	色泽焦黄,中心湿润,过硬,结构紧实

2.2 工艺优化实验

在单因素实验基础上,以油脂添加量(X_1)、白砂糖粉添加量(X_2)、水添加量(X_3)及烘烤温度(X_4)为自变量,感官综合评分(Y)为响应值,进行Box-Behnken实验设计。实验因素及水平设计见表6,Box-Behnken响应面实验设计及结果见表7。

表6 青稞酥饼配方工艺优化 Box-Behnken 实验设计

变量	符号	代码		
		-1	0	1
油脂添加量/%	X_1	30	35	40
糖粉添加量/%	X_2	50	60	70
水添加量/%	X_3	15	16	17
烘烤温度/℃	X_4	110	115	120

表7 青稞酥饼配方工艺优化 Box-Behnken 实验结果

序号	油脂添加量/%	糖粉添加量/%	水添加量/%	烘烤温度/℃	感官评分/分
1	30	50	16	115	82
2	30	70	16	115	86
3	40	50	16	115	73
4	40	70	16	115	77
5	35	60	15	110	88
6	35	60	15	120	91
7	35	60	17	110	75
8	35	60	17	120	91
9	30	60	16	110	75
10	30	60	16	120	80
11	40	60	16	110	70
12	40	60	16	120	71
13	35	50	15	115	89
14	35	50	17	115	90
15	35	70	15	115	90
16	35	70	17	115	91
17	30	60	15	115	81
18	30	60	17	115	83
19	40	60	15	115	76
20	40	60	17	115	73
21	35	50	16	110	79
22	35	50	16	120	83
23	35	70	16	110	84
24	35	70	16	120	86
25	35	60	16	115	96
26	35	60	16	115	94
27	35	60	16	115	96

2.2.1 回归模型的建立与检验

对表7实验数据用多元回归拟合后,得到感官

综合评分(Y)与油脂添加量(X_1)、白砂糖粉添加量(X_2)、水添加量(X_3)及烘烤温度(X_4)的回归方程:

$$Y = 95.333 - 3.917 \times X_1 + 1.5 \times X_2 X_3 + 2.583 \times X_4 - 13.625 \times X_1 X_1 - 1.25 \times X_1 X_3 - X_1 X_4 - 3.25 \times X_2 X_2 - 0.5 \times X_2 X_4 - 2.25 \times X_3 X_3 + 3.25 \times X_3 X_4 - 7.875 \times X_4 X_4$$
 对该回归方程进行方差分析,结果见表8。

表8 青稞酥饼配方工艺回归方程的方差分析

方差来源	自由度	F值	P值	显著性
模型	14	14.030 32	0.000 1	极显著
X_1	1	24.252 52	0.000 35	极显著
X_2	1	3.557 18	0.083 72	不显著
X_3	1	1.580 97	0.232 54	不显著
X_4	1	10.550 78	0.006 98	极显著
$X_1 X_1$	1	130.41	0.000 1	极显著
$X_1 X_2$	1	0	1	不显著
$X_1 X_3$	1	0.823 42	0.382 04	不显著
$X_1 X_4$	1	0.526 99	0.481 79	不显著
$X_2 X_2$	1	7.421 77	0.018 46	显著
$X_2 X_3$	1	0	1	不显著
$X_2 X_4$	1	0.131 75	0.722 94	不显著
$X_3 X_3$	1	3.557 18	0.083 72	不显著
$X_3 X_4$	1	5.566 33	0.036 10	显著
$X_4 X_4$	1	43.575 48	0.000 1	极显著

由表8可知,该模型达到极显著水平($P < 0.01$),回归方程的相关系数 $R^2 = 0.942 4$,表明回归方程的拟合程度较好,可用于设计范围内的预测。

对表8回归模型系数的显著性分析可见,油脂添加量(X_1)、烘烤温度(X_4)对青稞酥饼感官品质的影响具有高度显著性。水添加量及烘烤温度间有交互作用,且对青稞酥饼感官品质的影响具有显著性($P < 0.05$)。选择影响比较显著($P < 0.05$)的因子建立二次回归方程为:

$$Y = 95.333 - 3.917 \times X_1 + 2.583 \times X_4 - 13.625 \times X_1^2 - 3.25 \times X_2^2 - 3.25 \times X_3 X_4 - 7.875 \times X_4^2$$

2.2.2 最佳条件优化及验证结果

通过所得回归模型对青稞酥饼加工工艺进行优化,经软件分析后,得到青稞酥饼加工的最优工艺参数为:油脂添加量35%、糖粉添加量60%、水添加量16%、烘烤温度115℃。在此工艺条件下,SAS软件对回归模型进行预测的最高感官综合评价为95.3分,实际测定的感官评分值为95分,表明该回归模型具有较好的预测性能。

2.3 加工工艺对青稞 β -葡聚糖的影响

实验经水提醇沉后所得的 β -葡聚糖为可溶性 β -葡聚糖,由图2可知,青稞酥饼的各加工工序中,润麦、炒制及焙烤对可溶性 β -葡聚糖的含量基本不产生影响。磨粉工序是使青稞可溶性 β -葡聚糖含量增加的主要环节,经粉碎机磨粉后,如图2,磨粉1样品可溶性 β -葡聚糖的含量与原料相比,增加了16.0%;经水磨磨粉后,如图2,磨粉2样品可溶性 β -葡聚糖的含量与原料相比,增加了29.5%。从机械作用力角度分析,水磨青稞同时受到了剪切、挤压及摩擦加热等作用,而用粉碎机制得的青稞主要受到剪切与热摩擦作用。研究表明, β -葡聚糖属膳食纤维为大分子聚合物,分子内部及分子间由 β -(1 $\rightarrow$ 3)及 β -(1 $\rightarrow$ 4)键紧密连接,单一的处理条件,如加热熟化,不易使其降解。在较强机械力(如挤压、剪切等)作用后,多糖间的弱作用力消失,同时聚合物中糖苷键断裂,实现大分子聚合物直接或间接的转化^[13-14]。因此,经水磨磨粉工艺得到的青稞粉中 β -葡聚糖含量远比经粉碎机磨粉所得青稞粉的 β -葡聚糖含量高。研究资料显示,可溶性 β -葡聚糖具有清肠、降血脂、降胆固醇、调节血糖及抗癌等生理功效^[15-17]。

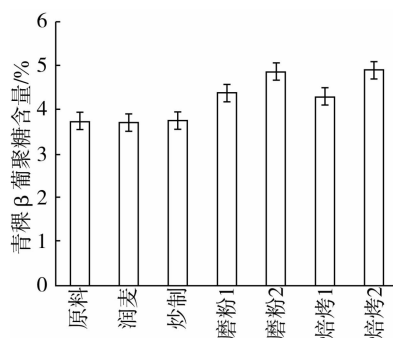


图2 酥饼加工工艺对 β -葡聚糖含量的影响

3 结论

通过单因素实验及Box-Behnken工艺优化实验得到青稞酥饼加工的最佳配方为:青稞粉与豌豆粉(6:4)100%,芝麻粉20%,花生粒10%,起酥油30%,白砂糖粉40%,水10%。最优焙烤工艺参数为:烘烤阶段,底火115℃,30min;上色阶段,底火120℃,面火150℃,5min。经实验制得的青稞酥饼中可溶性 β -葡聚糖含量与原料相比,增加了29.5%,使青稞的营养价值更高,提高了青

稞的利用率,为青稞产品制作提供理论依据和工艺参考。

参考文献:

- [1]党斌,杨希娟,刘海棠.青稞加工利用现状分析[J].粮食加工,2009(3):69-72.
- [2]任嘉嘉,相海,王强.大麦食品加工及功能特性研究进展[J].粮油加工,2009(4):99-103.
- [3]Charles S Brennan, Louise J Cleary. The potential use of cereal(1,3;1,4)- β -D-glucans as functional food ingredients[J]. Cereal Science, 2005, 42:1-13.
- [4]Izydorczyk M S, Dexter J E. Barley β -glucans and arabinoxylans: Molecular structure, physicochemical properties, and uses in food products - a Review [J]. Food Research International, 2008, 41: 850-869.
- [5]Aylin Altan, Kathryn L. McCarthy, Medeni Maskan. Evaluation of snack foods from barley-tomato pomace blends by extrusion processing[J]. Food Engineering, 2008, 84:231-242.
- [6]周航,郑万琴,魏新明,何江红.微波速冻青稞披萨配方及关键工艺优化研究[J].粮食与油脂,2017,30(4):67-72.
- [7]郭丽娜,钟葵,佟立涛.燕麦片加工过程中营养品质及加工特性变化[J].中国粮油学报,2015,30(1):39-44.
- [8]路长喜,王岸娜,周素梅,等.燕麦片加工品质评价及其品种相关性研究[J].中国粮油学报,2009,24(8):42-47.
- [9]甄红敏,栾广忠,胡新中,等.灭酶方法对燕麦淀粉和蛋白质体外消化特性的影响[J].麦类作物学报,2011,3(3):475-479.
- [10]Nicolai Bohm, Werner - Michael Kulicke. Rheological studies of barley-b-glucan in concentrated solution; investigation of the viscoelastic flow behaviour in the sol-state [J]. Carbohydrate Research, 1999, 315:293-301.
- [11]Papageorgiou M, Lakhdarab N. Water extractable(1/3,1/4)-b-D-glucans from barley and oats: An intervarietal study on their structural features and rheological behaviour [J]. Cereal Science, 2005, 42:213-224.
- [12]连喜军,奋晓翔,蔡保松.酶法测定大麦提取物 β -葡聚糖含量研究[J].粮食与油脂,2006(5):12-16.
- [13]熊慧薇.瞬时高压作用对膳食纤维改性的影响[D].南昌大学生命科学院,2006.
- [14]Assarsson A, Lindberg B, Theander O. Studies on mechanically degraded cellulose [J]. Acta Chemica Scandinavia, 1959, 13(6): 1231-1234.
- [15]王恒良.西藏青稞资源利用评价及其青稞提取物 β -葡聚糖的生理功效研究[D].西藏大学农牧学院,2005(8):48-48.
- [16]Mingan Choct 著,王冉摘译.非淀粉多糖的化学结构和营养特性.国外畜牧科技,1998,25(6):9-13.
- [17]任嘉嘉,相海.大麦食品加工及功能特性研究进展[J].粮食工程与技术,2009(4):99-99.