

挤压膨化对西藏青稞中氨基酸组分含量的影响分析

张晓梅, 姜铁民, 刘妍, 韩茹, 艾舫, 陈历俊*

(北京三元食品股份有限公司母乳研究技术创新中心, 北京乳品工程技术研究中心, 北京 100163)

摘要: 选择西藏地区常见的3种青稞样品藏青320、藏青2000和黑青稞, 在优化条件下, 对其进行挤压膨化处理。并对挤压膨化处理前后的青稞样品进行蛋白含量与氨基酸组成对比分析及其必需氨基酸评分分析。结果表明, 3种青稞样品经过挤压膨化处理后: (1)蛋白含量比例均增加; (2)从完全氨基酸含量来看, 藏青320和藏青2000氨基酸总含量及其必需氨基酸含量增加, 黑青稞二者含量均减少; (3)从游离氨基酸含量来看, 3种青稞样品氨基酸总含量及其必需氨基酸含量均减少; (4)从必需氨基酸评分来看, 3种青稞样品在挤压膨化处理前后的必需氨基酸可提供量均不能达到各年龄段人群营养需求, 尤其是0~3岁的婴幼儿人群。

关键词: 西藏青稞; 挤压膨化处理; 蛋白含量; 氨基酸组成; 必需氨基酸评分

中图分类号: TS 210.1

文献标志码: A

文章编号: 1005-9989(2019)07-0218-06

DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2019.07.034

Effect of extrusion on the amino acid composition of Tibetan hulless barley

ZHANG Xiaomei, JIANG Tiemin, LIU Yan, HAN Ru, AI Fang, CHEN Lijun*

(Beijing Innovation Center for Human Milk, Beijing Engineering Research Center of Dairy, Beijing Sanyuan Foods Co., Ltd., Beijing 100163)

Abstract: Three kinds of common Tibetan hulless barley, Zangqing320, Zangqing2000 and black hulless barley, were through extrusion process under modified extrusion parameters. The protein contents, amino acid composition and essential amino acid scores of the three kinds of Tibetan hulless barley samples were analyzed comparatively before or after extrusion process. The experimental results of the three kinds of hulless barley samples after extrusion process indicated that: (1) The ratios of protein contents of three kinds of samples were all increased; (2) According to the results of whole amino acid contents, the contents of total amino acid and essential amino acid of Zangqing320 and Zangqing2000 were increased, while the both corresponding contents of black hulless barley were decreased; (3) According to the results of free amino acid contents, the contents of total amino acid and essential amino acid of the three kinds

收稿日期: 2019-02-25

*通信作者

基金项目: 北京市博士后工作经费项目(2018-ZZ-044); 北京市奶牛产业创新团队项目(BAIC06-2018); 创新方法工作专项(2016IM030400)。

作者简介: 张晓梅(1987—), 女, 博士, 研究方向为乳品科学。



of hulless barley samples were all decreased; (4) According to the scores of essential amino acid, all the three kinds of Tibetan hulless barley were incapable to offer sufficient essential amino acids for people of any age section, especially the 0~3 years infants.

Key words: Tibetan hulless barley; extrusion process; protein content; amino acid composition; essential amino acid score

青稞又称裸大麦、元麦,主要种植地区在我国的西藏地区、青海省以及四川省的甘孜州、云南省的迪庆、甘肃省的甘南自治州等地,是海拔4 km以上高寒地区唯一可以正常生长的农作物^[1-2]。青稞是西藏等高原地区特有的口粮作物,是长期以来当地居民适应气候变化的重要食物种类^[3]。在西藏地区的婴幼儿喂养中,青稞制品(主要为糌粑)始终是最为普遍的辅食选择,平均在出生后1.98月龄开始添加,并贯穿于婴幼儿喂养的全过程^[4]。辅食添加早、种类单调是西藏地区婴幼儿喂养方面存在的一个突出特点,改善辅食添加情况是提升该地区婴幼儿营养水平的一个重要环节。

糌粑传统加工工艺的特点之一是先炒后磨^[5]。但是,该加工工序存在工艺参数可控程度与产品加工程度均一性不足的问题,可能无法达到婴幼儿配方食品的产品要求。挤压膨化工艺是目前食品工业比较成熟的熟化加工方式之一,可替代糌粑传统熟化工艺进行大规模工业化加工^[6-7],有望获得具有较好理化营养品质和加工性能的青稞制品,使其能更好地应用于新型婴幼儿配方食品的现代加工生产中。本研究选择西藏地区3种主要的青稞品种藏青320、藏青2000和黑青稞进行优化挤压膨化工艺处理,通过蛋白与氨基酸含量分析及其营养评价,评价挤压膨化工艺的可行性,以期研发适用于西藏等高原地区的新型青稞婴幼儿配方食品提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

青稞(藏青320、藏青2000、黑青稞):西藏自治区拉萨市堆龙德庆区;实验室各种常规化学试剂:分析纯。

SLG30-IV型双螺杆挤压实验机:济南赛百诺科技开发有限公司;WF-20B型高效粉碎机:南京科益机械设备有限公司;NDA702杜马斯燃烧定氮仪:意大利VELP公司。

AccQ•Tag Ultra试剂套件:包括Waters AccQ•Tag Ultra硼酸盐缓冲溶液, Waters AccQ•Tag Ultra试剂粉, Waters AccQ•Tag Ultra试剂稀释剂; AccQ•Tag Ultra洗脱液A(含醋酸盐-磷酸盐萃取剂)、AccQ•Tag Ultra洗脱液B(乙腈)、水解氨基酸标准样、AccQ•Tag Ultra C₁₈色谱柱(2.1 mm×100 mm, 1.7 μm)、ACQUITY UPLC H-Class系统:配有PDA检测器,美国WATERS公司。

1.2 试验方法

1.2.1 样品挤压处理 根据文献报道与前期预试验,采用优化方案对青稞粉进行样品挤压膨化处理,具体条件为:腔体温度的I区、II区、III区、IV区温度分别为60、90、130 °C和165 °C;水分含量设置为16.5%;螺杆转速为290 r/min。挤压产品室温放置5 min后,放置于40 °C烘箱干燥24 h,经粉碎过100目筛后装入自封袋中,待测试用。

1.2.2 样品蛋白含量测定 采用杜马斯燃烧定氮仪,调节高纯氮和高纯氧的压力至0.4 MPa,将燃烧炉预热至1000 °C,还原炉预热至650 °C,待稳定后进行检测。

1.2.3 样品氨基酸测定 全部氨基酸(除色氨酸外)测定:取0.025 g样品于水解管中,加入200 μL水溶解,混匀,向水解管中加入6 mol/L盐酸溶液1.8 mL,混匀,接到真空泵抽气管上,抽真空,在真空条件下用酒精喷灯将水解管封口,在140 °C恒温干燥箱内,水解3 h后,冷却至室温。将水解管内的样液转移至离心管中,在8000 r/min条件下离心10 min,取200 μL上清液于离心管中,用6 mol/L氢氧化钠溶液调pH至8.2~10,定容至2 mL,混匀后通过0.22 μm滤膜过滤,待衍生用。

全部色氨酸测定:取0.025 g样品于水解管中,加入200 μL水溶解,混匀,向水解管中加入6 mol/L氢氧化钠溶液2 mL,混匀,接到真空泵抽气管上,抽真空,在真空条件下用酒精喷灯将水解管封口,在110 °C恒温干燥箱内,水解24 h后,冷却至室温。将水解管内的样液转移至离心管中,在8000 r/min条件下离心10 min,取200 μL上清液

于离心管中,用6 mol/L盐酸溶液调pH至8.2~10,用水定容至2 mL,混匀后通过0.22 μm滤膜过滤,待衍生用。

游离氨基酸测定:取50 mg样品于1.5 mL离心管中,加入400 μL水溶解,混匀,向离心管内加入80 μL 10%磺基水杨酸,定容到500 μL混匀,4℃、10000 r/min条件下离心15 min,上清液通过0.22 μm滤膜过滤,待衍生用。

衍生:向微量进样瓶中加入70 μL硼酸盐缓冲液、10 μL样品滤液、20 μL AccQflour试剂,混匀,于55℃恒温干燥箱中衍生10 min,冷却至室温,待色谱仪测定。

应用UPLC系统,色谱柱为AccQ•Tag Ultra C₁₈色谱柱(2.1 mm×100 mm, 1.7 μm),柱温49℃,进样量1 μL,流速0.7 mL/min,在260 nm下测定。流动相A为含醋酸盐-磷酸盐萃取剂,流动相B为乙腈:水=1:9溶液,流动相C为超纯水,流动相D为乙腈。采用梯度洗脱。

1.2.4 必需氨基酸评分(AAS) 采用FAO/WHO建议的氨基酸评分模式^[8]:1 g待测样品中某种必需氨基酸(EAA)占1 g标准蛋白质中该种必需氨基酸毫克数的比值。氨基酸的评分大于100,则表明被测样品中该氨基酸的含量符合标准,蛋白质的价值也就越高;反之,若氨基酸评分小于100,则表明低于标准。AAS计算公式为:

$$AAS(\%) = (aa/AA) \times 100$$

式中:AAS为必需氨基酸评分;

aa为被测样品中某种EAA含量,mg/g蛋白;

AA为FAO/WHO标准模式蛋白质中相应EAA含量,mg/g蛋白。

1.2.5 数据处理 试验结果均重复3次,数据采用Excel 2016进行记录收集,并用SPSS 22.0软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 青稞样品蛋白质含量

由表1可知,在挤压膨化处理前后,3种青稞样品的蛋白含量均具有显著差异($P<0.05$),且蛋白含量比例排序均为藏青2000>黑青稞>藏青320。在3种青稞样品中,藏青320和藏青2000为西藏地区的常见作物品种,而黑青稞则为西藏地区的特色青稞品种。有资料显示,黑青稞的多种微量营养

成分指标均较高,但其基本营养成分则与其他品种差异不大,这与表1所得蛋白含量结果一致^[9]。3种青稞样品经挤压膨化处理后,其蛋白含量比例均呈现显著增加趋势($P<0.05$),这可能是因为青稞在挤压膨化的热能和机械能的连续共同作用下,其内部多种组分的分子结构可能发生改变,出现伸展、重组或者分解、化学键断裂等变化,而且在高温高压作用下会使水分快速蒸发,进而使获得的挤压膨化青稞产品的不同组分出现不同程度的含量变化^[10-12]。

表1 不同西藏青稞蛋白含量 g/100 g DW

蛋白含量	藏青320	藏青2000	黑青稞
挤压前	7.652±0.236 ^c	11.771±0.118 ^b	11.350±0.108 ^c
挤压后	7.856±0.060 ^d	12.249±0.053 ^a	11.784±0.153 ^b

注:上标字母不同表示具有显著差异性($P<0.05$,同一行上标字母不同表示不同品种间差异显著,同一列上标字母不同表示挤压处理前后差异显著)。

2.2 青稞样品氨基酸含量

由表2和表3可知,从完全氨基酸结果来看,在3种青稞品种中,黑青稞的总氨基酸和必需氨基酸含量最高,其次为藏青2000,藏青320含量最低;经过挤压膨化处理后,藏青2000的总氨基酸和必需氨基酸含量最高,其次为藏青320和黑青稞,其中黑青稞的必需氨基酸的含量最低。在挤压膨化处理过程中,较高的温度、压力以及剪切力会使谷物中的蛋白结构发生改变,使其三、四级结构结合力变弱,可能使部分封闭的疏水性氨基酸残基暴露在外,并且与碳水化合物类、脂类等物质结合,使氨基酸出现含量损失现象^[13]。而由于谷物品类的不同,这种因结构发生改变而产生的氨基酸损失的也会不同^[14]。同时,在挤压膨化过程中的混合、水合、剪切、均化、压缩、脱气、灭菌、成型等作用下,也会使青稞样品中的其他成分,如脂肪、还原糖和可溶性固形物等成分发生不同程度的含量变化,进而使青稞样品中的氨基酸含量出现程度不同的比例变化^[15]。从游离氨基酸结果来看,黑青稞中的总氨基酸和必需氨基酸含量最高,藏青2000次之,藏青320含量最低;并且,在挤压膨化作用下,3种青稞样品的游离氨基酸的总氨基酸和必需氨基酸含量均显著降低($P<0.05$)。这可能是由于在挤压膨化过程中,部分游离氨基酸与青稞中的一些还原性糖等羰基化



表2 不同西藏青稞完全氨基酸含量

完全氨基酸	挤压前含量/(mg/g)			挤压后含量/(mg/g)		
	藏青320	藏青2000	黑青稞	藏青320	藏青2000	黑青稞
组氨酸His	0.5012	0.9122	1.4371	0.8682	1.3214	1.0092
丝氨酸Ser	2.3415	2.7472	3.4813	2.9984	3.2549	3.0833
精氨酸Arg	1.3030 ^b	1.6881 ^{ab}	2.2557 ^a	1.3069 ^b	1.9852 ^{ab}	1.8605 ^{ab}
甘氨酸Gly	2.4611 ^b	2.9981 ^{ab}	4.1389 ^a	3.1725 ^{ab}	3.8208 ^{ab}	3.7801 ^{ab}
天冬氨酸Asp	1.9313	2.0732	2.5313	2.4018	2.3316	1.9765
谷氨酸Glu	18.6844	20.4679	21.6091	22.4179	23.6366	18.7636
苏氨酸Thr	1.7463	2.0186	2.6195	2.3358	2.5177	2.2855
丙氨酸Ala	1.1899	1.3750	1.8139	1.5146	1.6988	1.5769
脯氨酸Pro	8.3217	9.2572	10.6573	10.0663	11.4371	9.8280
胱氨酸Cys	0.2786 ^b	0.2937 ^b	0.4024 ^a	0.2383 ^b	0.2663 ^b	0.2976 ^b
赖氨酸Lys	2.4464	2.6847	3.5905	2.2647	2.5771	2.3085
酪氨酸Tyr	0.4225 ^b	0.8136 ^{ab}	1.1000 ^a	0.4875 ^{ab}	1.0560 ^{ab}	0.9322 ^{ab}
蛋氨酸Met	0.2205	0.4141	0.4425	0.2289	0.5571	0.6419
缬氨酸Val	3.4436	3.7902	5.2089	4.3440	4.9359	4.7037
异亮氨酸Ile	2.1007	2.3535	3.2007	2.7258	3.1073	2.8634
亮氨酸Leu	4.8144	5.1977	6.7149	6.0953	6.5162	6.0774
苯丙氨酸Phe	3.3286	4.1561	4.9952	4.1804	5.3997	4.6037
色氨酸Trp	0.2150 ^c	0.2784 ^{bc}	0.3130 ^b	0.3674 ^b	0.5438 ^a	0.4794 ^a
TEAA	18.8166	21.8056	28.5223	23.4105	27.4764	24.9727
TNEAA	36.9341	41.7141	47.9899	44.6042	49.4873	42.0986
TAA	55.7506	63.5197	76.5122	68.0147	76.9637	67.0713

注：同一行上标字母不同表示具有显著差异性($P<0.05$)。下表同。

表3 不同西藏青稞游离氨基酸含量

游离氨基酸	挤压前含量/(mg/g)			挤压后含量/(mg/g)		
	藏青320	藏青2000	黑青稞	藏青320	藏青2000	黑青稞
组氨酸His	0.0044 ^b	0.0080 ^b	0.0427 ^a	0.0031 ^b	0.0050 ^b	0.0114 ^b
丝氨酸Ser	0.0361 ^{cd}	0.0524 ^b	0.0838 ^a	0.0111 ^e	0.0260 ^d	0.0444 ^{bc}
精氨酸Arg	0.0078 ^d	0.0895 ^a	0.0680 ^b	0.0073 ^d	0.0329 ^c	0.0257 ^c
甘氨酸Gly	0.0139 ^c	0.0259 ^b	0.0452 ^a	0.0053 ^d	0.0174 ^c	0.0282 ^b
天冬氨酸Asp	0.1428 ^a	0.1365 ^a	0.1392 ^a	0.0525 ^b	0.0760 ^b	0.0804 ^b
谷氨酸Glu	0.1751 ^c	0.3315 ^b	0.4183 ^a	0.0352 ^d	0.1179 ^c	0.1258 ^c
苏氨酸Thr	0.0109 ^{bc}	0.0147 ^b	0.0363 ^a	0.0067 ^{cd}	0.0024 ^d	0.0136 ^b
丙氨酸Ala	0.0419 ^b	0.0499 ^b	0.0756 ^a	0.0158 ^d	0.0272 ^c	0.0437 ^b
脯氨酸Pro	0.0463 ^{cd}	0.1687 ^b	0.3928 ^a	0.0099 ^d	0.0844 ^c	0.2049 ^b
胱氨酸Cys	0.0103 ^a	0.0080 ^a	0.0080 ^a	0.0000 ^b	0.0014 ^b	0.0000 ^b
赖氨酸Lys	0.0163 ^c	0.0381 ^b	0.0498 ^a	0.0004 ^d	0.0131 ^c	0.0199 ^c
酪氨酸Tyr	0.0141 ^{cd}	0.0546 ^b	0.0765 ^a	0.0057 ^{cd}	0.0233 ^c	0.0019 ^d
蛋氨酸Met	0.0168	0.0150	0.0186	0.0101	0.0144	0.0192
缬氨酸Val	0.0362 ^b	0.0451 ^b	0.0823 ^a	0.0028 ^c	0.0153 ^c	0.0424 ^b
异亮氨酸Ile	0.0079 ^b	0.0033 ^b	0.0174 ^a	0.0030 ^b	0.0030 ^b	0.0024 ^b
亮氨酸Leu	0.0047 ^b	0.0078 ^b	0.0262 ^a	0.0036 ^b	0.0052 ^b	0.0071 ^b
苯丙氨酸Phe	0.0040 ^b	0.0086 ^b	0.0250 ^a	0.0045 ^b	0.0063 ^b	0.0080 ^b
色氨酸Trp	0.0337 ^b	0.0506 ^a	0.0394 ^{ab}	0.0360 ^b	0.0366 ^b	0.0300 ^b
TEAA	0.1349 ^{bc}	0.1914 ^b	0.3377 ^a	0.0702 ^d	0.1014 ^{cd}	0.1541 ^{bc}
TNEAA	0.4883 ^c	0.9169 ^b	1.3073 ^a	0.1428 ^d	0.4064 ^c	0.5550 ^c
TAA	0.6232 ^c	1.1083 ^b	1.6450 ^a	0.2130 ^d	0.5078 ^c	0.7091 ^c

合物发生反应而出现含量损失^[16-17]。

从青稞品种来看, 3种青稞样品所含有的氨基酸种类齐全, 并且包括一定比例的必需氨基酸。从含量来看, 谷氨酸、脯氨酸、亮氨酸、缬氨酸、苯丙氨酸、甘氨酸、赖氨酸和丝氨酸是3种青稞样品的主要氨基酸种类, 这与其他相关文献结果基本一致^[18]。其中, 黑青稞的完全氨基酸与游离氨基酸的总含量及其中必需氨基酸含量较高, 但经过挤压膨化处理后相关氨基酸含量均降低; 藏青320和藏青2000的完全氨基酸与游离氨基酸的总含量及其中必需氨基酸含量次之, 而经过挤压作用后, 其完全氨基酸及其中必需氨基酸含量均有所增加。这可能是因为: (1)不同青稞品种由于其自身各营养组分的不同, 对于挤压膨化作用下的分子间键断裂、大分子裂解或者分子间键交联、分子聚集等类型反应程度也会随之不同; (2)不同挤压膨化条件对于某种青稞品种的作用效果不同, 针对不同的青稞品种需要不同的条件参数来实现更加优化的挤压膨化效果。

2.3 青稞样品必需氨基酸评分

由表4~表6可知, 针对0~0.5岁婴儿人群来说, 3种西藏青稞样品在挤压膨化前后的各必需氨基酸评分均低于100, 即均未达到婴儿对于必需氨基酸的营养含量需求, 其中赖氨酸和含硫氨基酸(蛋氨酸和胱氨酸)差距较大。从资料报道和跟踪调研结果来看, 在我国西藏等高原地区, 青稞制品(主要为糌粑)是当地婴幼儿的主要辅食种类, 而且由于母乳喂养知识知晓率不足、食品可选择种类单一、母亲自身体质等原因, 存在婴幼儿摄入辅食开始时间较早、母乳摄入不足等现状^[4,19-20]。同样, 针对0.5~3岁婴幼儿人群来说, 青稞制品的必需氨基酸含量也基本无法满足其营养需求, 而此阶段婴幼儿的母乳断奶情况更加普遍, 进而选择青稞制品作为其主要的辅食选择则可能带来更大的氨基酸摄取不足的营养缺失风险, 影响婴幼儿的正常生长水平。而针对大于3岁的儿童和成人人群来说, 除苯丙氨酸和酪氨酸能达到稳定满足营养需求的含量要求外, 其他必需氨基酸均存在含量不足的情况, 并且色氨酸和蛋氨酸、胱氨酸的评分

表4 藏青320必需氨基酸评分

氨基酸	挤压前			挤压后		
	0~0.5岁	0.5~3岁	>3岁	0~0.5岁	0.5~3岁	>3岁
组氨酸His	31.1901	32.7496	40.9370	31.4615	33.0345	41.2932
异亮氨酸Ile	49.9145	85.7905	91.5098	50.3487	86.5369	92.3060
亮氨酸Leu	65.5384	95.3286	103.1424	66.1086	96.1580	104.0398
赖氨酸Lys	46.3344	56.0890	66.6057	46.7375	56.5770	67.1852
蛋氨酸+胱氨酸Met+Cys	19.7651	24.1573	28.3586	19.9371	24.3675	28.6053
苯丙氨酸+酪氨酸Phe+Tyr	52.1502	94.2715	119.5638	52.6039	95.0917	120.6041
苏氨酸Thr	51.8670	73.6177	91.2859	52.3183	74.2582	92.0802
缬氨酸Val	81.8229	104.6572	112.5065	82.5348	105.5678	113.4854
色氨酸Trp	16.5278	30.0556	42.5716	16.6716	33.3432	42.9419

表5 藏青2000必需氨基酸评分

氨基酸	挤压前			挤压后		
	0~0.5岁	0.5~3岁	>3岁	0~0.5岁	0.5~3岁	>3岁
组氨酸His	36.9026	38.7478	48.4347	51.3706	53.9391	67.4239
异亮氨酸Ile	36.3528	62.4814	66.6468	46.1233	79.2743	84.5593
亮氨酸Leu	45.9967	66.9043	72.3882	55.4144	80.6028	87.2095
赖氨酸Lys	33.0547	40.0136	47.5161	30.4917	36.9110	43.8318
蛋氨酸+胱氨酸Met+Cys	18.2215	22.2707	26.1438	20.3703	24.8970	29.2269
苯丙氨酸+酪氨酸Phe+Tyr	44.9148	81.1920	102.9753	56.0680	101.3536	128.5461
苏氨酸Thr	38.9748	55.3191	68.5957	46.7144	66.3043	82.2173
缬氨酸Val	58.5445	74.8825	80.4987	73.2661	93.7124	100.7409
色氨酸Trp	13.9126	27.8251	35.8354	26.1150	52.2300	67.2659



表6 黑青稞必需氨基酸评分

氨基酸	挤压前			挤压后		
	0~0.5岁	0.5~3岁	>3岁	0~0.5岁	0.5~3岁	>3岁
组氨酸His	60.2937	63.3084	79.1355	40.7817	42.8208	53.5260
异亮氨酸Ile	51.2727	88.1250	94.0000	44.1801	75.9345	80.9968
亮氨酸Leu	61.6272	89.6396	96.9871	53.7222	78.1414	84.5464
赖氨酸Lys	45.8469	55.4989	65.9049	28.3915	34.3687	40.8128
蛋氨酸+胱氨酸Met+Cys	22.5577	27.5706	32.3655	24.1596	29.5284	34.6638
苯丙氨酸+酪氨酸Phe+Tyr	57.1300	103.2735	130.9810	49.9767	90.3425	114.5807
苏氨酸Thr	52.4529	74.4493	92.3172	44.0794	62.5643	77.5798
缬氨酸Val	83.4425	106.7288	114.7335	72.5745	92.8279	99.7900
色氨酸Trp	16.2218	32.4436	41.7835	23.9308	47.8615	61.6398

相对较低,所以也存在选择青稞制品无法满足氨基酸营养需求的可能。

因此,进行青稞相关婴幼儿配方食品与成人食品的营养强化研究对于满足我国西藏等高原地区不同年龄段人群的营养需求具有重要科研价值与现实意义,而相关食品的开发也会具有积极可观的推广价值和空间。

3 结论

本文以西藏高原地区主要的3种青稞种类藏青320、藏青2000和黑青稞作为研究对象,探讨其在目前谷物加工中常见的挤压膨化方式作用下的蛋白质和氨基酸含量变化情况,并进行了必需氨基酸评分的评价分析。在3种青稞样品中,藏青2000和黑青稞蛋白含量较高。挤压膨化作用可以使青稞样品的蛋白含量比例显著增加($P<0.05$)。黑青稞的完全氨基酸与游离氨基酸的总含量及其中必需氨基酸含量较高,但是在挤压膨化处理后完全氨基酸和游离氨基酸含量均降低;而藏青320和藏青2000两种青稞在挤压膨化处理后,二者变化趋势则为完全氨基酸总含量及其中必需氨基酸含量增加、游离氨基酸总含量及其中必需氨基酸含量降低。这可能是缘于青稞品种的差异性或者挤压膨化条件参数的适用性。

从必需氨基酸评分来看,针对各年龄段人群,3种青稞样品在经过挤压膨化处理后,各必需氨基酸均存在可供摄入量不足的情况,尤其是针对0~3岁的婴幼儿人群。从必需氨基酸提供量来看,作为西藏等高原地区主要辅食选择的传统青稞制品并不能完全满足当地婴幼儿的营养需求,因此相关新型婴幼儿配方食品的研究开发具

有科学价值与现实意义。

参考文献:

- [1] 李玉斌,吴华昌,肖猛,等.一种青稞格瓦斯的制备及挥发性风味成分分析[J].食品与发酵工业,2017,43(01):96-103.
- [2] 杨希娟.青稞糌粑加工工艺研究[J].食品工业,2016,37(08):78-81.
- [3] 王倩倩,李明泽,陆红佳,等.不同加工方式对青稞降脂益肠功效的影响[J].食品科学,2014,35(13):276-280.
- [4] 党少农,颜虹,王学良,等.西藏地区3岁以下儿童辅食添加状况调查[J].中华流行病学杂志,2003,(08):30-33.
- [5] 赵雯玮,刘吉爱,李姣,等.糌粑及其研究进展[J].粮食与饲料工业,2017,(03):29-32,44.
- [6] 孙志坚,张敏,刘明,等.青稞挤压糊化粉的研制[J].食品科学技术学报,2014,32(01):27-33.
- [7] 刘磊,邱婷婷,赵志浩,等.预酶解-挤压膨化工艺改善玉米全粉冲调分散性[J].现代食品科技,2018,34(10):141-146,170.
- [8] 梁寒峭,李金霞,陈建国,等.黑青稞营养成分的检测与分析[J].食品与发酵工业,2016,42(01):180-182,188.
- [9] 宋洁,张三粉,冯小慧,等.内蒙古生鲜乳中氨基酸含量及其地区差异比较研究[J].中国畜牧兽医,2018,45(10):2969-2975.
- [10] 张敏,刘明,谭斌,等.青稞挤压改性处理及青稞面条的试验研究[J].食品科学技术学报,2016,34(02):62-67.
- [11] 张波,张金闯,张玮,等.原料理化特性对挤压组织化植物蛋白质量的影响[J].中国食品学报,2017,17(12):155-163.
- [12] 彭伟,朱科学,钱海峰,等.挤压膨化对脱脂和全脂小麦胚芽营养品质的影响[J].食品工业科技,2008,(03):267-270.
- [13] 张旭娜,么杨,崔波,等.挤压对蛋白功能活性影响研究进展[J].粮食与油脂,2017,30(12):11-13.
- [14] 李杰,陶海腾,崔波.挤压加工对粮油蛋白营养价值的影响[J].齐鲁工业大学学报,2018,32(04):49-52.

不同粉碎粒度对大麦苗粉体品质和加工特性的影响

张 明, 马 超, 王崇队, 张博华, 孟晓峰, 吴茂玉*
(中华全国供销合作总社济南果品研究院, 济南 250014)

摘要: 以100目、200目、300目、500目和800目大麦苗粉为原料, 考察了不同粉碎粒度对大麦苗粉体品质和加工特性的影响。结果表明: 300目和500目粉碎对粉体色泽保持效果最好; 100目、200目粉体流动性较好, 更有利于压片成型; 100目粉体持水力、膨胀力最强; 200目粉体持油力最强, 为1.42 g/g; 800目粉体水溶性指数(WSI)最高, 为20.2%; 100目粉体最难吸湿, 吸湿率为12.68%; 100目粉体对DPPH自由基的清除率最高, 为84.71%。300目和500目粉体适宜制备固体饮料或作为食品配料添加到其他食品中, 100目、200目粉体适宜进行片剂、胶囊等剂型产品开发, 800目粉体适宜进行可溶性功效成分提取。研究为不同大麦苗产品生产中选择粉碎粒度的选择提供一定的指导和借鉴。

关键词: 粉碎粒度; 大麦苗粉; 品质; 加工特性

中图分类号: TS 210.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-9989(2019)07-0224-05

DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2019.07.035

Effects of different crushing granularity on powder quality and processing characteristics of barley seedlings powder

ZHANG Ming, MA Chao, WANG Chongdui, ZHANG Bohua, MENG Xiaofeng, WU Maoyu*

(Jinan Fruit Research Institute, China Supply and Marketing Cooperatives, Jinan 250014)

收稿日期: 2019-01-14

*通信作者

基金项目: 泰山产业领军人才项目(LJNY2015004)。

作者简介: 张明(1988—), 男, 助理研究员, 研究方向为天然产物提取及功能食品开发。

- [15] KIRJORANTA Satu, TENKANEN Maija, JOUPPILA Kirsi. Effects of process parameters on the properties of barley containing snacks enriched with brewer's spent grain[J]. Journal of food science and technology, 2016, 53(1): 775-783.
- [16] SINGH Shivendra, GAMLATH Shirani, WAKELING Lara. Nutritional aspects of food extrusion: a review[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2007, 42(8): 916-929.

- [17] 舒恒, 蒋旭, 王新康, 等. 白燕2号燕麦的双螺杆挤出物的理化特性分析[J]. 食品科学, 2016, 37(15): 83-87.
- [18] 林津, 洛桑仁青, 周陶鸿, 等. 西藏山南隆子县黑青稞与白青稞的营养成分及生理活性物质的比较分析[J]. 食品科技, 2016, 41(10): 88-92.
- [19] 普布穷达. 西藏萨迦县0~2岁婴幼儿母乳喂养现状调查[J]. 西藏医药, 2017, 38(03): 52-53, 49.
- [20] 邢远, 颜虹, 党少农. 拉萨农村藏族婴幼儿母亲喂养知识和行为调查[J]. 中国公共卫生, 2010, 26(08): 945-946.