

全文检测报告

基本信息

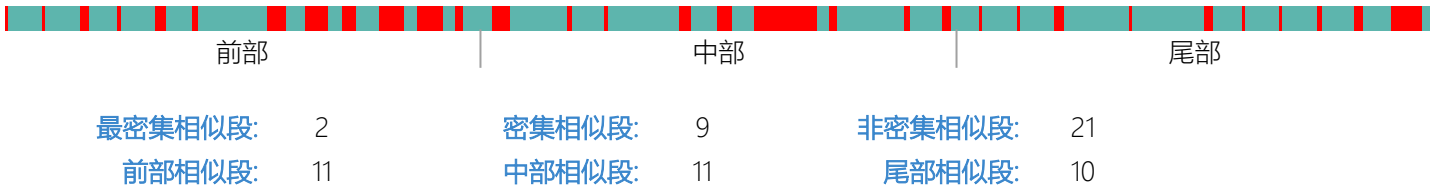
报告编号: 202306271261475033DCDCF7B0

文档名称: 5_A类立项(1)
文档作者: 郭怡诺
提交方式: 上传文档检测
提交时间: 2023年06月27日
正文字符数: 13048
检测范围: 大雅全文库

总体结论

文献相似度: 28%
文献原创度: 72.0%
去除参考文献相似度: 28%
单篇最大相似度: 3.82%
去除本人已发表论文相似度: 28%
单篇最大重复数: 502
重复字符数: 3654
最相似文献题名: 不同粒径对青稞麸皮结构与功能特性及冲调稳定性的影响

相似片段分布



典型相似文献

相似图书

序号	题名	作者	出处	相似度
1	高级食品化学	段振华;陈文学;潘永贵	北京: 中国轻工业出版社, 2012.01	1.88%
2	变性淀粉制造与应用 第2版	张燕萍	北京: 化学工业出版社, 2007.07	1.74%
3	玉米深加工	马涛	北京: 化学工业出版社, 2008.08	1.62%
4	国家级大学生创新创业训练计划工作手册	国家级大学生创新创业训练计划专家工作组	南京: 东南大学出版社, 2013.06	1.57%
5	大学生创新创业指导	牟顺海;王海军;马秋林;姜友维;刘进;张建建	北京: 现代教育出版社, 2014.12	1.44%
6	大学生创新创业基础	罗晓彤;汤咏梅;刘志东;赵齐阳	成都: 四川科学技术出版社, 2018.06	1.44%
7	食品化学	丁芳林	武汉: 华中科技大学出版社, 2010.08	1.42%
8	食品化学 第2版	丁芳林	华中科技大学电子音像出版社, 2017.01	1.42%
9	马铃薯变性淀粉加工技术	童丹;高娜	武汉: 武汉大学出版社, 2015.10	1.3%
10	生物化学与分子生物学实验教程	张波	北京: 人民军医出版社, 2009.04	1.25%
11	淀粉工艺学	程建军	北京: 科学出版社, 2011.12	1.22%

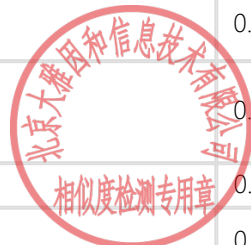
12	制药工程专业实验	刘立华;陶洪文;赵云辉;刘雄;谷慧	徐州: 中国矿业大学出版社, 2018.07	1.21%
13	食品冷加工工艺 第2版	田国庆;齐凤生;张延明;刘红英;闵剑青;李浙;李建华	北京: 机械工业出版社, 2009.08	1.16%
14	绿色食品加工技术	杨君;李冬梅;袁利鹏	北京: 科学出版社, 2010.09	1.16%
15	中国人的科学饮食	赵霖;赵和	海口: 南海出版公司, 2002.11	1.16%
16	公共营养师培训教材 第3版	张志祥;郭长江	北京: 军事医学科学出版社, 2011.07	1.15%
17	食物营养安全与国民健康	杜荷	北京: 军事医学科学出版社, 2013.05	1.15%
18	食品生物化学实验	李玉奇;赵慧君;孙永林	成都: 西南交通大学出版社, 2018.09	1.06%
19	厨房中的营养	李瑞芬;李瑞芬;荀晓霖;裴玉秀;曾卫东;高英;江鸿杰	北京: 北京大学出版社, 1997.07	1.05%
20	高职高专“十三五”规划教材 生物化学	李玉珍;赵丽	北京: 化学工业出版社, 2017.07	1.03%
21	植物生理学实验教程	路文静;李奕松	北京: 中国林业出版社, 2012.01	0.97%
22	饲草学实验实习指导	鱼小军	北京: 中国林业出版社, 2018.07	0.85%
23	食品化学理论与应用研究	李彦萍;许彬;李斌	北京: 中国水利水电出版社, 2015.08	0.82%
24	果蔬采后生理生化实验指导	曹建康;姜微波;赵玉梅	北京: 中国轻工业出版社, 2007.09	0.79%
25	膳食营养与食品安全	季兰芳;陈灵娟	北京: 化学工业出版社, 2016.03	0.78%
26	烹饪基础营养	许荣华	北京: 清华大学出版社, 2009.06	0.75%
27	食品生产概论	翟玮玮	北京: 科学出版社, 2011.03	0.74%
28	应用生物化学实验	张恒;于鹤鹏	南京: 东南大学出版社, 2013.11	0.73%
29	国家示范性骨干高职院校建设专业教材 西点工艺 第2版	应小青	杭州: 浙江工商大学出版社, 2018.01	0.66%
30	生物化学研究技术	马艳琴;杨致芬	北京: 中国农业出版社, 2019.08	0.66%
31	植物生理生化实验原理和技术	李合生	北京: 高等教育出版社, 2000.07	0.66%
32	谷物科学原理	钟耕;丁文平	郑州: 郑州大学出版社, 2012.12	0.66%
33	植物生理学实验技术	孔祥生;易现峰	北京: 中国农业出版社, 2008.02	0.65%
34	烹饪化学	董红兵	汕头: 汕头大学出版社, 2018.11	0.62%
35	生物化学实验	李明元;唐洁	北京: 中国轻工业出版社, 2008.07	0.6%
36	烘焙技术宝典	T,DESSERT乐得国际烘焙学院	北京: 电子工业出版社, 2019.04	0.6%
37	营养与食品卫生	刘海珍	广州: 广州出版社, 2009.01	0.6%
38	农产品贮藏与加工学	刘俊红;刘瑞芳;陈兰英;王福梅;王莲哲;王晓涛;廖春丽	徐州: 中国矿业大学出版社, 2012.06	0.6%
39	食品营养与卫生	王丽琼	北京: 化学工业出版社, 2008.08	0.6%
40	营养配餐员 中级技能 高级技能 技师技能	赵霖	北京: 中国劳动社会保障出版社, 2003.06	0.6%
41	生物化学技术 第2版	王晓利;党建章;张丽君;张俊松	北京: 中国轻工业出版社, 2014.06	0.56%
42	食品生物化学	杜克生	北京: 化学工业出版社, 2002.01	0.56%
43	动物科学技术研究进展	单安山	北京: 中国农业出版社, 2008.08	0.55%
44	制药工艺学综合实验	陈敬华;史劲松	北京: 科学出版社, 2018.12	0.55%
45	作物品质分析原理与方法	张建奎	北京: 科学出版社, 2020.06	0.55%
46	饲料酶制剂的研究与应用	冯定远	北京: 中国农业科学技术出版社, 2009.10	0.55%
47	猪功能基因研究	刘娣	北京: 中国农业出版社, 2016.08	0.55%
48	生物化学实验设计与实践	蒋立科;罗曼	北京: 高等教育出版社, 2007.10	0.5%



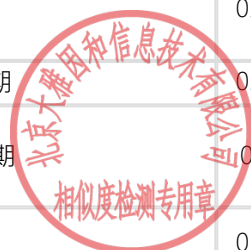
49	应用生物化学实验	张恒;于鹤鹏	南京: 南京大学出版社, 2017.12	0.5%
50	水生生物胶原蛋白理论与应用	李八方	北京: 化学工业出版社, 2015.01	0.49%

相似期刊

序号	题名	作者	出处	相似度
1	不同粒径对青稞麸皮结构与功能特性及冲调稳定性的影响	王佳欣;黎阳;李再贵;王丽丽	食品科学, 2022, 第3期	3.82%
2	抗性淀粉的研究发展现状与前景	姚蕊;张守文	粮食与食品工业, 2006, 第1期	1.93%
3	不同淀粉配料制备鲜海椒酸味形成及其酸味特性的研究	赵欠;葛平珍;王丹;周才琼	食品与发酵工业, 2016, 第10期	1.44%
4	蛋白质的生理功能	李瑞芬	中国食品, 1999, 第16期	1.35%
5	烹调中淀粉的老化	裴玉秀	中国食品, 1999, 第16期	1.35%
6	7种杂粮抗氧化活性及其挤压杂粮粉体外消化特性研究	韩玲玉;汪丽萍;谭斌;刘艳香;刘明;田晓红;高琨;孙勇;郑先哲	中国粮油学报, 2019, 第6期	1.12%
7	藜麦奇亚籽冲调粉的研制及工艺优化	乐梨庆;万燕;向达兵;袁航;郭鹏;赵钢	食品工业, 2020, 第8期	1%
8	超微粉碎对4种杂粮粉理化性质及功能特性的影响	王博;姚轶俊;李枝芳;王立峰	食品科学, 2020, 第19期	0.96%
9	产纤维素酶菌株Trametes sp. LYW-1的分离鉴定及产酶条件分析	关怡;尹娣;杜茜;沙艺琛;赖姗姗;赵超	中国农业大学学报, 2018, 第10期	0.94%
10	抗性淀粉的研究	王宏志;王永利	甘肃科技, 2010, 第6期	0.88%
11	影响板栗淀粉回生的因素研究	慕菁华;王芳;庞美霞;黄漫青;庄文娟;郑学雅	中国粮油学报, 2009, 第3期	0.74%
12	凝固型香芋蜂蜜发酵乳的研制	刘学俊;井瑞洁	保鲜与加工, 2020, 第6期	0.73%
13	酶法提取金针菇根寡糖的研究初报	吕慧娟;郭兵;韩建东;宫志远	山东农业科学, 2015, 第2期	0.72%
14	谷物配比对多谷物共挤压粉估计血糖生成指数的影响	汪丽萍;韩玲玉;刘艳香;田晓红;张笃芹;张维清;郑先哲;谭斌	中国食品学报, 2021, 第2期	0.68%
15	挤压膨化产品的评定指标及其技术在食品领域中的应用	赵爱民	福建轻纺, 2008, 第10期	0.66%
16	掺入外源淀粉的魔芋豆腐体外消化和发酵性能研究	雷雯;钟耕;张东霞;黄思雨	食品与机械, 2020, 第1期	0.65%
17	添加杂粮粉改善面包品质及营养特性分析	贾彦杰;申飞;钱志伟;蒋小锋;张冠群	现代食品科技, 2020, 第12期	0.65%
18	一种具有低血糖生成指数(GI值)特点的八宝粥研制	舒志成;王华;郭秀峰;贾东旭;李言郡	中国食品添加剂, 2016, 第1期	0.56%
19	青稞全麦粉与面粉及其饼干的品质研究	邓晓青;潘志芬;李俏;唐亚伟;张玉红;邓光兵;龙海;尼玛扎西;余懋群	麦类作物学报, 2019, 第1期	0.55%
20	超微粉碎对苹果全粉物化性质的影响	陈如;何玲	食品科学, 2017, 第13期	0.53%
21	发芽甜荞种子粉混合金荞茶粉的糖化工艺优化	尉杰;黄小燕;陈庆富	贵州农业科学, 2015, 第5期	0.5%
22	鲜食玉米淀粉脱分支酶活性测定方法的建立	王浩;何煜;代立刚;刘景圣;李昊	食品工业, 2013, 第10期	0.47%
23	羟乙基纤维素与再生氧化纤维素止血纱布理化性质的对比研究	刘白璐;史青;林少辉;郝艳丽;仲亮;李展韬;郑明广;谢英	中国医学装备, 2016, 第1期	0.46%
24	小麦种子中 α -淀粉酶化学性质的研究	吴华涛;李玥;王亚丽	化工时刊, 2008, 第12期	0.37%
25	不同淀粉糊化度水平的教槽料对乳猪体	彭君建;张贵阳;周春	饲料工业, 2019, 第13期	0.37%



	外消化率的影响	景;乔艳娜;徐登科;徐国安		
26	冻融循环处理对玉米淀粉凝胶结构及颗粒理化特性的影响	高金梅;黄倩;郭洪梅;罗勤贵;张国权;李文浩	现代食品科技, 2017, 第2期	0.37%
27	乙醇辅助氨基改性NCR-MCM-48分子筛的制备及其对Cr(VI)的吸附性能	崔艳红;孙鹏;汪颖军;所艳华;张微;王彦宏	硅酸盐通报, 2021, 第6期	0.37%
28	瓜尔豆胶与魔芋胶复配联合超声处理改善鸡血豆腐的品质	王鑫;黄瑾;吴瑞婕;卢方云;李倩;周婷;邹烨;王道营;徐为民	食品科学, 2021, 第23期	0.37%
29	基于实时荧光PCR对肉制品中羊肉的精确定量	金鹭;陈传君;林华;胡滨;韩国全;陈世界;张婧;安徽;杨苗	食品与发酵工业, 2020, 第8期	0.36%
30	一种木薯种质资源离体保存方法的初步研究	欧文军;罗秀芹;李开绵	中国农学通报, 2014, 第31期	0.36%
31	5种不同酱油抗氧化活性的对比分析	冯拓;单培;盛明健;王泽建;王博;张智宏;高献礼	现代食品科技, 2022, 第3期	0.35%
32	海藻酸钠-高直链玉米淀粉-共轭亚油酸三元体系的消化性质	赵阳;陈海华;王雨生;黄娟;尚梦珊	现代食品科技, 2016, 第1期	0.33%
33	不同蛹虫草杂粮培养基的生产性能及滋味物质分析	刘红;马辉;曹宏;李阳鸣;包建忠;陈秀兰;孙叶	食品工业科技, 2019, 第12期	0.31%
34	采用3,5-二硝基水杨酸比色法测定饲料总淀粉含量	马晶晶;王际英;张利民;王世信;黄炳山;孙永智	中国饲料, 2010, 第14期	0.31%
35	杂粮营养物体内和体外消化研究现状及其产物的功能性	姜鹏;刘念;戴凌燕;阮长青;张东杰;王长远;李志江	中国粮油学报, 2022, 第5期	0.3%
36	用户健康信息学学科建设与发展设想	李安迪;李慧;陈华娟;洪娜;梁效玮;吴惠庶	医学信息学杂志, 2021, 第11期	0.27%
37	一种减少网络振动的智能路由选择算法设计	邵天竺;王晓亮;陈文龙;唐晓岚;徐敏	计算机研究与发展, 2021, 第6期	0.26%
38	超声波辅助异抗坏血酸处理对贮藏期鲜切苹果的护色作用	贾玉;张芳;王梦茹;王雪莹;李国琴;额日赫木	保鲜与加工, 2021, 第10期	0.26%
39	响应面优化金钱草主根多酚提取工艺及其抗氧化性	方兰;邱树毅;周鸿翔;曾海英;王晓丹	食品工业科技, 2017, 第22期	0.25%
40	新型自供电鼠标论述	肖应超	科教导刊(电子版), 2016, 第26期	0.24%
41	魔芋葡甘聚糖对馒头品质的影响	刘宣伯;甘晶;韭泽悟;殷丽君;庞志花;程永强	食品科学, 2017, 第21期	0.24%
42	微波—酶法制备玉米抗性淀粉工艺优化	牛春艳;唐远发	食品与机械, 2016, 第6期	0.24%
43	高中化学实验教学中学生创新思维的培养	张敏	高中数理化, 2020, 第6期	0.23%
44	魔芋葡甘聚糖对面条品质及其淀粉体外消化的影响	蔡攀福;李冰;梁毅;李琳;王雪;曾咏欣	食品科学, 2018, 第5期	0.22%
45	嘉宝果营养成分分析	唐丽;袁婷婷;钟秋平	经济林研究, 2014, 第2期	0.21%
46	川明参多糖在体外模拟消化过程中的结构变化及对消化酶活性的影响	高涛;罗黄洋;吴韧;阎睿;贺灵芝;程飞;唐华丽	食品与发酵工业, 2021, 第23期	0.21%
47	饲料青贮及在奶牛饲喂中的应用	赵文娟	中国畜牧兽医文摘, 2015, 第2期	0.21%
48	稻秆及稻秆生物炭添加对稻田红壤有机碳组分及CH ₄ ;subgt;4lt;subgt;和CO ₂ ;subgt;2lt;subgt;累积排放量的影响	廖添怀;李欢;王艳玲	农业环境科学学报, 2022, 第7期	0.2%
49	生育期对鲜食甘薯品种“心香”营养成分及产品加工特性的影响	李臣;薛冠炜;黄静艳;王宁东;陆国权	浙江农业学报, 2017, 第12期	0.19%



50	上白粉	陕西科技消息, 1984, 第8期	0.19%
----	-----	-------------------	-------

相似报纸

序号	题名	作者	出处	相似度
1	让康养旅游成为旅游业高质量发展的新动力		黑龙江日报, 2021.10.07	0.31%
2	油料及制品需求旺盛		云南经济日报, 2003.01.11	0.3%
3	发展杂粮产业 营造特色农业	宋桂芳	山西法制报, 2005.11.28	0.2%

相似网络文档

序号	题名	作者	相似度
1	还原糖和总糖的测定3,5-二硝基水杨酸比色法		1.16%
2	热分析技术在淀粉类食品行业的应用		1%
3	储氢材料氢化镁(MgH ₂)的DSC测试		1%
4	不同叶面肥及声波处理对温室草莓生长和果实品质的影响研究	鞠明岫	0.98%
5	营养烹饪指导教学篇		0.81%
6	生物工程专业实验		0.78%
7	反复连续湿热处理对不同晶型淀粉结构和理化性质的影响机制	宫冰	0.71%
8	反复连续钝化处理对谷类、薯类和豆类淀粉结构、理化及功能性质的影响	许美娟	0.71%
9	体育总局办公厅关于开展2018年国家体育总局决策咨询研究项目申报的通知		0.68%
10	体育总局办公厅关于开展2017年决策咨询研究项目申报的通知		0.68%
11	多谷物共挤压加工对其物化及消化特性影响研究	韩玲玉	0.68%
12	稻壳提取低聚糖的研究	熊素敏	0.66%
13	深圳职业技术学院学生创新创业园		0.64%
14	黄芪中有效成分的提取及不同干燥方法的研究	张晓伟	0.6%
15	茶酒发酵工艺研究	邱新平	0.6%
16	陕西省教育厅办公室关于建设陕西省学前教育课程体系示范基地的通知		0.56%
17	马铃薯块茎的贮藏和萌发的化学调节	肖惠瑗	0.5%
18	玫瑰果实形态、生长动态及营养成分研究	刘平	0.47%
19	月季切花‘黑魔术’与‘影星’品种保鲜技术及其效应的研究	李龙	0.46%
20	学校即将启动2008年大学生创新性实验计划项目的申报		0.46%
21	中南大学大学生创新教育项目申请书		0.46%
22	硫酸钠激发胶凝材料制备尾矿充填体的设计与性能研究	彭饶	0.46%
23	低温贮藏对甘薯和马铃薯及加工制品糖含量的影响	姚黎霞	0.41%
24	一种低分子量中性人参多糖的提纯与表征	盈盈	0.38%
25	β-胡萝卜素乳液水凝胶微粒稳定性及消化特性的研究	王健	0.33%
26	微生物学实验论文 (转载)		0.29%
27	亚洲玉米螟生物学生态学特性及药剂毒力测定研究	李欣诺	0.27%
28	中医美容秘方如美容保健何让肌肤美白的		0.27%
29	海南省教育厅关于组织申报2012年度海南省研究生创新科研课题的通知		0.27%
30	天麻发酵酒的研制	高远	0.24%
31	超高压—酶法制备小麦抗性淀粉及性质、应用研究	燕玲娟	0.23%
32	几种特殊精细化学品的合成研究	葛东涛	0.23%
33	抗性淀粉制备现状与发展对策的探讨		0.23%



34	品种、生长期和贮藏温度对甘薯质地品质的影响	薛冠炜	0.22%
35	气流膨化香菇脆片的工艺研究	刘增强	0.21%
36	低升糖指数高纤面条的研发	蔡攀福	0.21%
37	超声对淀粉结构、性质的影响及制备辛烯基琥珀酸淀粉酯的作用机理	张玉杰	0.18%
38	薯蓣皂苷对抗糖尿病心脑血管脂质沉积和HMG-CoA还原酶mRNA表达升高的实验研究	郝爽	0.18%
39	人参和西洋参芦类型群体的品质相关性状鉴定研究	姜婷	0.17%

全文对比

大学生创新训练项目计划申请书

项目编号

项目名称 低GI杂粮超微粉的开发与模拟消化能力的研究

项目负责人 郭怡诺 联系电话 15833972560

所在学院 食品学院

学号 202140 51007 专业班级 食品科学与工程创新人才培养班

指导教师 贾建

申请日期

起止年月

黑龙江八一农垦大学

一、基本情况

项目名称 低GI杂粮超微粉的开发与模拟消化能力的研究

项目级别

项目类型 A类

项目类别 创新训练项目

所属学科 学科一级门：工学 学科二级类：食品科学与工程

是否为重点支持领域 否 重点支持领域 泛终端芯片及操作系统、重大应用软件的应用开发；云计算、人工智能和无人驾驶；新材料及制造技术；新能源与储能技术；生物技术与生物育种；绿色环保与固废资源化；新一代通信技术、千兆光网技术和新一代IP网络通信技术；生物医学工程与精准医学、脑科学和类脑计算；城乡治理与乡村振兴；社会事业与文化遗产

项目来源名称 B学生来源于教师科研项目选题

选题来源 新农科

起止年月 2023年7月-2024年7月

负责人 郭怡诺 性别 女 民族 汉 出生年月 2002年10月

学号 20214051007 联系电话 手机：15833972560 邮箱：843996105@qq.com



指导教师 贾建 联系电话 手机:13836962020 职称: 高级实验师 邮箱: 615699693@qq.com

项目简介 低血糖生成指数 (Glycemic Index, GI) 食品可以作为血压、血脂、血糖异常人群和减肥人群的首选食物,更是健康人群每天可以搭配食用的最佳食物,发展前景广阔。传统的杂粮具有较低的GI值,但是口感粗糙,不利于消化吸收,对脾胃虚弱消化能力较弱的人群不友好,通过超微粉碎技术,使得杂粮更易被人消化吸收,但与此同时GI值升高,对食物中含糖量有特殊要求的人群不友好。因此本项目是对不同比例杂粮杂豆粉中的淀粉进行改性,针对杂粮中的淀粉进行淀粉老化实验,使得杂粮中的淀粉耐消化,水解成糖的速率更慢,产生的热量更低,并使杂粮中其他营养成分好消化吸收。超微粉碎后的杂粮杂豆GI值降低,研发出食用口感更佳、冲调便利、GI值更低的营养健康杂粮杂豆冲调复配食品,有益于杂粮杂豆超微粉在低GI食品中的发展。

负责人曾经参与科研的情况 无

指导教师承担科研课题情况 2019.4-2019.10 畜禽废水膜法处理及运行参数优化(横向课题,参与) 2017.1-2018.4 黑龙江省大庆市科学技术项目“果胶酶和超滤相结合加工澄清果汁的工艺研究”(参与) 2014.6-2016.5 黑龙江八一农垦大学博士启动基金项目“**纳滤膜回收大豆乳清废水中低聚糖及脱盐效能与机制**”(参与)。2013.9-2015.9 黑龙江省教育厅科学技术研究项目“两性离子纳滤膜的制备及乳清脱盐效能的研究”(参与)。

指导教师对本项目的支持情况 指导教师对本项目有较大热情与支持,对本项目有全方位的方向性指导。

项目组主要成员 姓名 学号 专业班级 所在学院 项目中的分工

郭怡诺 20214051007 食工21创新班 食品学院 实验实施与实验设计

王聪颖 20214051021 食工21创新班 食品学院 实验实施与实验分析

宋佳伟 20214051018 食工21创新班 食品学院 实验实施与收集实验资料

刘玉环 20214051016 食工21创新班 食品学院 实验实施与实验分析

闫浩阳 20214051025 食工21创新班 食品学院 数据整理分析

二、立项依据(可加页)

(一) 研究目的和意义 目前,我国慢病人口已超过3亿,肥胖及相关并发症,如**糖尿病、心血管疾病等的发病率、死亡率的不断上升**,带来沉重的卫生经济负担。**国家出台《关于促进健康服务业发展的若干意见》《“健康中国2030”规划纲要》等政策**,提出实现慢病管理需要加强饮食营养干预,低血糖生成指数膳食是很好的选择。低GI杂粮粉是一种可为中老年人及糖尿病患者提供高纤维、低热量、低血糖的保健食品。这对于控制糖尿病、代谢综合征和其他血糖相关疾病非常有帮助。开发研究低GI杂粮粉的目的,就是为了向中国国内广大消费者提供质优价廉的低GI杂粮粉。**近年来,随着人民生活水平的提高和膳食结构的改善,人们对杂粮类食品的需求越来越大**,但是我国存在杂粮资源短缺、品种单一、加工方法落后等问题,对低GI杂粮粉的研究程度不深,当前市面上所销售的杂粮粉并不能满足人们的需求。**同时,低GI杂粮粉中含有丰富的维生素和矿物质,能有效地补充人体营养需要**。该项目的目的就是通过分析低GI超微杂粮粉的加工特性,研究不同工艺参数对杂粮粉的膨胀性能、**持水性和感官品质的影响,从而确定最佳工艺参数**。在最佳工艺参数下生产出高质量低GI杂粮粉,并研究其在食品中的稳定性。最终生产出营养丰富、风味独特的低GI杂粮粉。并设计出一条新的制备低GI超微杂粮粉的技术路线,促进杂粮杂豆超微粉在低GI食品中的发展。研究内容 本项目是对不同比例杂粮杂豆中的淀粉进行改性,针对杂粮中的淀粉进行淀粉老化实验,使得杂粮中的淀粉耐消化,水解成糖的速率更慢,产生的热量更低,并使杂粮中其他营养成分好消化吸收。超微粉碎后的杂粮杂豆GI值降低,可研发出食用口感更佳、冲调便利、GI值更低的营养健康杂粮杂豆冲调复配食品。本实验选用红豆、燕麦、薏米作为杂粮复配粉原料,将原料分为两组,一组进行超微粉碎实验;另一组先进行淀粉老化试验后再进行超微粉碎实验。使用模拟体外消化实验分别测定两组中淀粉的水解率及其GI的变化,将上述两实验的结果进行对比,探究超微粉碎技术和淀粉经抗性处理后对杂粮粉淀粉水解率和GI的影响。低GI超微杂粮粉的制备路线:杂粮杂豆的选择→蒸煮→淀粉老化处理→干燥→粉碎→超微粉碎→得到成品 1.蒸煮 挑选颗粒完整,无损坏的红豆和薏米,用蒸馏水洗净。其中将红豆按照料液比3:1(g/mL)浸泡在蒸馏水中,在40℃下浸泡0.5h,于100℃的温度条件下蒸煮20min,然后将红豆平铺在鼓风干燥箱中,平铺厚度约为2.0cm,干燥温度为90℃,干燥时间为100min。薏米按料液比为1:3(g/mL)浸泡在蒸馏水中,于40℃下浸泡1h,再在100℃温度下蒸煮15min后焖5min。2.淀粉老化处理 (1)采用挤压处理法、微波辐射法、压热处理法、超声等方法进行处理,得到抗性淀粉。①**挤压处理法:挤压处理即将食品物料置于高温高压下,突然释放至常温常压,使物料内部结构和性质发生变化的过程。经高温高压处理,淀粉颗粒中分子之间的氢键削弱,淀粉颗粒部分解体,粘度上升发生糊化。应用挤压膨化技术,是由于挤压膨化起到了预糊化的作用,提高淀粉糊化度。只有使淀粉完全糊化,才能使淀粉酶与普鲁兰酶对其充分作用,生成定长度的直链淀粉分子,通过调节酶的作用条件,从而提高抗性淀粉得率。**②**微波辐射法:使食品中的水分在极短时间内迅速汽化,产生膨化效应。处理过程中,淀粉分子间氢键断开,冷却阶段相邻的直链淀粉间又重新形成键,即淀粉的老化。**③**压热处理法:将另一组杂粮粉与水充分混合,经过高压、高温处理后,充分糊化淀粉悬浮液,凭借自然冷却过程,然后冷藏老化之后,将该淀粉制作而成。在采取压热处理后,淀**

粉中的淀粉膨胀度予以降低,抗酶解性能迅速提升。④超声法:长时间超声处理会导致透明度降低和抗酶能力的增强;由于超声处理后直链淀粉含量的增加和淀粉聚合度降低,淀粉老化趋势增强。

(2) 总淀粉含量的测定 称1.00g杂粮粉于锥形瓶中,加入15mL蒸馏水和10mL 6mol/L盐酸,沸水浴30min,用碘-碘化钾溶液检查是否水解完全。待锥形瓶中样品液冷却后,加入1滴酚酞指示剂,用6mol/mL的NaOH中和溶液显色为微红,后用蒸馏水定容至100mL,混匀。以抽滤机抽滤定容后的水解液,取滤液10mL二次定容至100mL容量瓶中,混匀,作为待测液。三种杂粮原料的超微粉以及复配的复配法和经抗性处理的杂粮粉均按照上述方法进行淀粉水解。DNS比色方法参考陆国权的方法并做一定修改。取7支20mL的具塞刻度试管编号,按表1加入试剂。将各管摇匀后沸水浴5 min,取出后冷却至室温,加蒸馏水至20mL刻度处,混匀备用。540nm处用0号管调零,用可见分光光度计分别读取1-6号管的吸光度,以葡萄糖含量为横坐标,吸光度值为纵坐标绘制标准曲线。将上述操作中的葡萄糖标准溶液换为各待测杂粮淀粉水解液,按照加入待测液1mL,蒸馏水1 mL及DNS试剂1.5mL进行操作,后续操作与上述方法一致。以葡萄糖为标品,通过葡萄糖标准曲线回归方程将实验结果吸光度值转换为葡萄糖含量,再按照公式(1)和公式(2)计算总淀粉含量。还原糖(%)=00%(1)总淀粉总量(%)=0.9100%(2)表1 葡萄糖标准曲线的制作 Table 1 Preparation of glucose standard curve 编号0123456葡萄糖标准溶液(mL) 00.20.40.60.81.01.2去离子水(mL) 2.01.81.61.41.21.00.8DNS试剂(mL) 1.51.51.51.51.51.5葡萄糖含量(mg) 00.20.40.60.81.01.2

(3) 淀粉水解率的测定 参照李珊、马雨洁和许芳溢的方法,称取5g杂粮粉,加入20 mL的0.3 mol/L NaCl溶液,并用3mol/mL的HCl 调节溶液pH值为2,置于锥形瓶中,放入40℃水浴摇床中,预热5min后加入0.4mL胃蛋白酶(0.1 g/mL)溶液,混匀,于40℃水浴摇床中震荡1h,随后加入磷酸盐缓冲液(pH6.9)并补充体积至50mL,最后加入1 mL葡萄糖苷酶(2500 U/mL)和4 mL猪胰α-淀粉酶(3000 U/mL),以200 r/min的转速摇动并计时。在0min,30 min, 60 min, 90 min, 120 min,150min,180 min时分别取出1 mL上清液,将其沸水浴5min灭酶,取出以后作为总淀粉待测液。以葡萄糖为标准品,采用3,5-二硝基水杨酸比色法测定消化液中还原糖的含量,再按照公式计算总淀粉水解率。红豆、薏米、燕麦的杂粮粗粉、超微粉及复配粉分别按照上述操作一式三份进行实验。总淀粉水解率(%)=(消化液中还原糖含量×0.9)/总淀粉含量×100% (3) 以消化时间0~180 min为横坐标,参试样品所得淀粉水解率为纵坐标,绘制时间-总淀粉水解率曲线。分别计算本实验杂粮超微粉、抗性处理的杂粮粉与白面包在0~180 min期间总淀粉水解率曲线下的面积(AUC样品和AUC参考)。以白面包作为参考,按公式(4)计算出杂粮样品的总淀粉水解指数(HI),参试样品的GI则按照公式(5)计算。HI=AUC样品/AUC参考×100% (4) GI=39.71+0.549HI (5) (4) 淀粉老化工艺优化 老化过程:含淀粉的粮食经加工成熟,是将淀粉糊化,而糊化了的淀粉在室温或低于室温的条件下慢慢地冷却,经过一段时间,变得不透明,甚至凝结沉淀,这种现象称为淀粉的老化俗称“淀粉的返生”。“老化”是“糊化”的逆过程,值得注意的是:淀粉老化的过程是不可逆的,比如生米煮熟饭后,不可能再恢复成原来的生米。老化后的淀粉,不仅感变差,消化吸收率也随之降低 (5) 单因素实验 主要研究影响淀粉老化的各项参数对淀粉老化程度和速率的影响,研究直链淀粉比例;水分、支链淀粉比例、温度对淀粉老化程度和速率的影响。温度分别为0、1、2、3、4、5 (°C);水分含量分别为20%、25%、30%、35%、40%;盐碱度分别为4、5、6、7;表面活性物质脂肪甘油酯、糖脂、磷脂、大豆蛋白等。通过对淀粉老化程度测算,研究上述实验条件对淀粉老化程度和速率的影响。(6) 正交试验 为了探究制备低GI杂粮粉的最佳工艺条件,根据单因素实验结果,筛选影响显著的因素,如温度、盐碱度、水分含量等因素进行正交试验,指标为淀粉老化度,研究各个因素之间的相互作用以及对淀粉老化度指标的影响因素顺序,优化制备低GI杂粮粉的最佳工艺条件。淀粉的老化首先与淀粉的组成相关,含直链淀粉多的淀粉易老化,不易糊化,合支链淀粉多的淀粉相反。食物中淀粉含水量 30%~60%时易老化;含水量小于 10%时不易老化。称取100mg样品,加入8mL缓冲液,然后加入2mL配好的α-淀粉酶液(1.5g溶于13mL水中),在60℃水浴中(中间取出来磁力搅拌3次,每次5min)放置80min,使之充分酶解。取9mL澄清的酶解液,用移液枪加入2mL0.2%12~2%KI溶液,静置20min后,波长625nm处测定其吸光率。评价指标: a总淀粉吸光率:测量吸光度值大小 b实验用淀粉吸光率:测量吸光度值大小 c完全糊化的淀粉吸光率:测量吸光度值大小 d通过三个吸光率计算淀粉老化程度 通过测定淀粉老化前后,使用α淀粉酶进行水解,测定水解液吸光度值。老化度DR计算公式如下: DR=(b-c)/(a-c)×100% (a总淀粉吸光率;b实验用淀粉吸光率;c完全糊化的淀粉吸光率。)

) 数据处理: 所有数据均测定3次,得出结果以平均值±标准偏差的形式表示,并用excel 对数据进行计算处理,用SPSS 26对数据进行显著性分析,使用origin 8.5对数据作图分析。本实验选用红豆、燕麦、薏米作为杂粮复配粉原料,采取粗粉碎技术对三种原料进行粉碎处理,将粉碎后的产物分为两组,一组进行超微粉碎实验;另一组先进行抗性淀粉老化试验后再进行超微粉碎实验。使用模拟体外消化实验分别测定两组中淀粉的水解率及其GI的变化,将上述两实验的结果进行对比,探究超微粉碎技术和淀粉经抗性处理后对杂粮粉淀粉水解率和GI的影响。3. 对杂粮杂豆进行干燥 将杂粮以平铺厚度约为0.5 cm左右平铺在85℃鼓风干燥箱中,干燥100 min。4.初粉碎 使用高速多功能粉碎机分别对红豆、薏米、燕麦粉碎3 min,过80目筛得到红豆、薏米、燕麦粗粉,放入密封袋中冷藏待用。5.超微粉碎 分别使用上述过80目后的杂粮粗粉为原料,将其分为两组,一组经过行星式球磨机进一步进行超微粉碎。依据前期试验结果,红豆超微粉碎条件是球料比6:1,频率为25 HZ、粉碎时间15 min,粉碎过后过100目筛即得红豆超微粉; , 燕麦超微粉碎条件是球料比4:1,频率为25 HZ、粉碎时间15 min,粉碎过后即得燕麦超微粉;薏米超微粉碎条件是球料比5:1,频率为25 HZ、粉碎时间15 min,粉碎过后过100目筛即得薏米超微粉。粉碎后的超微粉放入密封袋中冷藏待用。杂粮混合粉 杂粮混合粉主要分为粗粉碎和超微粉碎两种,其混合比例如表2所示。表2 杂粮复配粉的混合比例 Table 2 Mixing ratio of multigrain formu 红豆薏米燕麦木糖醇总和粗粉碎10.8%24.2%48%17%100%超微粉碎10.8%24.2%48%17%100%

6.超微粉碎后粒径对消化能力的影响 模拟体外消化 体外消化是由 Dong 等原有方法进行修改而成。粉末的体外消化一般经过三步,开始于口腔,接着是胃,最后是肠道阶段。模拟的唾液、胃液和肠液是由相应的消化酶、水、电解液等配置而成。

(1) 模拟口腔消化 人工口腔液的制备:准确称量 1.19g Na.HPO4, 0.095 g KHPO4, 4.0g NaCl 和0.455g α-淀粉酶(酶活力: ≥220U/mL)溶解

在 500mL 纯水中制得模拟唾液。在口服阶段：将 1g 杂粮粉末按照 1:5 的比例与唾液混合，用 1M HCl 将杂粮粉混合物酸化至 6.8，并在 37℃ 的水浴中搅拌 10min，得上清液，-20℃ 储存。

(2) 模拟胃消化 胃液的制备：准确称量 1.55g NaCl, 0.55 g KCl, 0.075g CaCl 和 0.30gNaHCO₃，溶解在 500 mL 纯水中，然后将 135mg 胃蛋白酶加入到电解质液中模拟胃液。胃消化阶段中：胃液预热，将口腔食糜与胃液混合，用 HCl 将混合物的 pH 降至 3.0，然后 37℃ 孵育搅拌 2h，取上清液，-20℃ 储存。

(3) 模拟小肠消化 肠液的制备：将 4.0g 胰蛋白酶溶于 50 mL PBS 溶液中，准确称量 2.70 g NaCl, 0.325g KCl 和 0.165g CaCl₂ 与 40mL 的胰蛋白酶溶液混合制得 500mL 肠液，其中盐溶液用超纯水配置，蛋白酶和胆盐用 5mmol/L PBS(pH=7) 配置。在肠道步骤中，将胃食糜与肠液混合，用 1M NaOH 将混合物的 pH 提高至 7.0，然后 37℃ 孵育搅拌 2h。取上清液，-20℃ 储存。

(4) 杂粮粉中糖类物质溶出量的测定 口腔取样阶段，由于消化时间较短，只单次取样；胃肠取样阶段，以 30min 为时间间隔，在每个时间隔点取样直至消化结束，之后对糖类总溶出量进行测定。

7. 冲调性能测试 (1) 保水能力测定 杂粮粉保水能力的测定参照 Kurek 等的方法并稍作修改。称取试样 0.5g，记为 m_1 ，置于 50 mL 离心管中，对装入样品的离心管再次称质量，记为 m_2 ，在离心管中加入 20 mL 蒸馏水，漩涡混匀后在室温下静置 24h。此后将混匀的浆液在 4 000×g 25℃ 条件下离心 10 min，去除上清液后，对离心管及残留物称质量，记为 m_3 。保水能力按公式计算。保水能力/(g/g) = $(m_2 - m_3)/m_1$ (2) 吸水膨胀性测定 杂粮粉吸水膨胀性的测定参照 Sowbhagya 等的方法并稍作修改。称取试样 0.5g，记为 m_1 ，置于 15mL 离心管中，记录杂粮粉体积 V_1 /mL，在离心管中加入 10 mL 蒸馏水，漩涡混匀后在室温下静置 18h，而后记录静置后杂粮粉体积 V_2 /mL (即除去上清液后的体积)。吸水膨胀性按公式计算。吸水膨胀性/(mL/g) = $(V_2 - V_1)/m_1$ (3) 结块率测定 结块率测定参考乐梨庆等的方法并稍作修改，称取 5g 杂粮粉，记为 m_1 ，放入 100mL 离心管中，倒入 40mL 80℃ 的开水搅拌均匀，静置 10min 后加 40mL 水稀释，用已知质量为 m_2 的 20 目筛网过滤，将筛网烘干至恒质量 m_3 ，根据公式计算结块率。结块率/% = $(m_3 - m_1)/m_1 \times 100\%$

国、内外研究现状和发展动态 红小豆是生活中常见的杂豆之一，具有丰富的蛋白质、维生素、膳食纤维等营养物质，还富含多份、单宁、皂苷等活性成分。燕麦富含蛋白质、脂肪、维生素、矿物质等营养素，有相关研究证明，食用燕麦有降胆固醇、降血压、预防治疗结肠癌等功效。薏米具有均衡的营养成分，有研究表明从薏米种子中薏苡仁酯能够调节免疫系统，有抗癌功效。红豆、燕麦和薏米具有高营养价值，常被用作原辅料来制作代餐粉及其它食品，但它们粗糙的质感使得其适口性不佳，导致市场竞争力不如精细主粮，这就促使了更多的技术手段被应用于杂粮加工中。超微粉碎技术作为近 20 年来新型的物理处理技术手段，其被广泛应用于食品、药品、工业等行业。超微粉碎技术是指利用机器或者流体动力将物料颗粒粉碎至微米级粉体的过程，其粉碎细度远大于普通粉碎，粉碎后所得粉体粒径极大的减小，比表面积增大，大大提高粉碎颗粒的均匀度。超微粉碎技术处理不仅使杂粮粉具有更佳的口感和冲调性，且能有效地提升杂粮的营养价值和利用价值。聂梅梅、王博通过实验研究发现，超微粉碎技术能够显著减小物料粉的粒径，使物料粉具有更高的多糖溶出率和自由基清除能力。除此，赵愉涵等通过研究发现超微粉碎处理会增加五谷杂粮粉总酚、总黄酮的溶出量，提高其营养和功能价值。Van 等研究表明，经过球磨粉碎后显著提高了小麦麸皮中的水溶性阿拉伯木聚糖含量。除了以上作用，超微粉碎技术还会影响杂粮淀粉的结构及理化性质，从而影响杂粮制品的质量。淀粉是红豆、薏米、燕麦的主要碳水化合物来源，经过超微粉碎后会显著改变淀粉结构和理化特性。Che 等人通过研究发现超微粉碎使得杂粮淀粉颗粒受到一定程度的破坏，表面粗糙，淀粉颗粒粒径变小，比表面积变大，颗粒分布均匀，结晶度显著降低。淀粉结构及理化性质地改变会显著影响模拟体外消化指标评价，尤其是淀粉水解。所以研究者们时常通过模拟体外消化实验对杂粮及其制品的淀粉消化功能进行评价。杨小雪[18]研究几种不同加工方式对红小豆的体外消化功能评价，结果表明挤压膨化后红小豆的淀粉水解率远低于万能磨粉碎处理的淀粉水解率，进一步说明粉碎工艺对淀粉结构的影响导致其消化功能的改变。韩玲玉通过挤压膨化工艺处理多谷物，结果发现燕麦、薏米淀粉显著降低，所含膳食纤维量增加，血糖生成值显著降低。模拟体外消化技术是根据动物的消化生理特点，模拟近似于动物体内的消化环境和酶系，在体外评定饲料消化吸收的一种方法。且模拟体外消化技术是根据动物的消化生理特点，模拟近似于动物体内的消化环境和酶系，在体外评定饲料消化吸收的一种方法。依据模拟体外消化技术的原理创造了体外消化模型，即模拟在口腔-胃-肠道中食物结构所发生的变化以及消化吸收率和释放。相比于体内消化实验，体外消化实验具有成本低、周期短、结果可重复性高的优点，常被用于对比杂粮与主粮制品的差异。王璇等人通过体外消化实验发现杂粮馒头的 GI 显著低于小麦馒头的，更符合低糖人群的食用要求。许芳溢进行苦荞芽粉馒头的体外模拟消化研究，结果表明苦荞芽粉馒头的淀粉水解率显著高于小麦粉馒头。王鹏等人对杂粮淀粉体外消化特性进行实验后分析，结果表明杂粮中淀粉的水解率要显著低于大米，判定杂粮所含的抗性淀粉会影响其淀粉水解率。这些结果均表明比起主粮，杂粮具有更好的降低血糖作用，所以杂粮的利用价值越来越高。除了研究出杂粮的优势以外，模拟体外消化实验还被广泛用于杂粮营养物质的研究中。韩玲玉等人通过模拟体外消化实验研究发现挤压后燕麦、薏米的 GI 与其蛋白质、膳食纤维含量呈显著负相关，与多酚含量呈现一定负相关，但不显著。徐元元研究燕麦、薏米的体外消化能力后发现，燕麦及薏米的淀粉水解率显著高于大米和小麦。姚轶俊通过体外模拟消化研究发现，红豆、薏米经过体外消化后多酚含量显著增加，表现出更佳的降脂活性。随着杂粮被研究发现的更多功能以及不断开发出的健康新产品，超微粉碎工艺因其良好的粉碎能力和效果被广泛应用于杂粮粉的预处理工艺中。目前已有大量研究表明，超微粉碎工艺不仅会改变杂粮本身的理化性质(粒径、溶解度、结块率等)，还会影响杂粮淀粉的结构及消化性，从而导致杂粮制品品质的不同。许多研究者针对杂粮淀粉的变化对杂粮食品淀粉水解率及饭后血糖生成值影响做大量研究，表明了淀粉颗粒理化性质的改变显著影响着其水解率的升降。但大部分研究者是在杂粮进行挤压膨化工艺或者普通粉碎后进行的体外模拟消化实验，而对于超微粉碎工艺处理后的杂粮粉的淀粉水解率变化研究相对较少。当前国内外暂无利用抗性淀粉老化方法降低超微粉碎杂粮粉 GI 值。起初，在海外，血糖指数的概念是为了解决糖尿病患者的饮食问题而诞生的，低 GI 饮食成为了糖尿病患者以及超重肥胖等特定人群的基础治疗方案。

而后，流传至国内，低GI食品成为了和体重管理息息相关的产品，针对年轻群体，国内很多品牌推出了相关概念的代餐、能量棒等。如今，国内人口老龄化以及慢病发病年龄的逐年下移，让大众越来越重视养生、抗衰，想要通过科学控糖来达到慢病防护、抗糖化等目标的人群越来越多。多项国家减控糖政策的全面推进叠加专业膳食营养知识的普及，在消费者心智中，与“控糖”密切相关的GI值成为了选择食品时的重要参考指标之一。低GI的概念由此向更广的人群和年龄更大的圈层倾斜，低GI食品由此迎来了更广阔的市场。但很多消费者都在反映低GI饮食足够健康，却不够好吃，例如粗纤维杂粮、坚果、奇亚籽等原料制成的低GI主食，存在着口感不佳、营养不够均衡等问题，消费者对此类产品的复购意愿较低。

创新点与项目特色 创新点：1.超微粉碎技术是指利用机器或者流体动力将物料颗粒粉碎至微米级粉体的过程，其粉碎细度远大于普通粉碎，粉碎后所得粉体粒径极大的减小，比表面积增大，大大提高粉碎颗粒的均匀度。超微粉碎技术处理不仅使杂粮粉具有更佳口感和冲调性，且能有效地提升对杂粮的消化吸收能力。2.杂粮进行超微粉碎后里面的淀粉更细腻但同时会使GI值升高，对血糖、血脂、血压异常人群和减肥人群不友好。因此本项目的创新点是对不同比例杂粮粉中的淀粉进行改性，进行抗性淀粉老化实验，使得超微粉碎的杂粮GI值降低，研发出使杂粮食用口感更佳，冲调便利，GI值低的营养健康杂粮杂豆类冲调复配食品。项目特色：本项目立足国家绿色食品产业发展的目标战略，开发新资源食品，为应对粮食开发研究问题贡献自己的力量。研究各种传统杂粮作为研究对象，研究适用性广，研究方法现先进，采用模拟体外消化实验研究的方法，大幅度提升了实验的效率，减少不必要的重复实验。对杂粮中的淀粉进行改性，降低其超微粉碎后的GI值。后期项目科研成果与生产结合相对容易，为企业提供一条高效的生产加工工艺。同时促进杂粮粉作为新资源食品的发展，具有一定的社会效益。低GI食品不仅是血糖、血脂、血压异常人群和减肥人群的首选食物，也是健康人群每天可以搭配食用的最佳食物。（五）技术路线、拟解决的问题及预期成果 技术路线：

拟解决的问题：1.传统的杂粮口感粗糙，不利于消化吸收，对消化能力较弱的人群不友好，本项目通过超微粉碎技术，使得杂粮更适口，提高人们对杂粮的消化能力。2.杂粮杂豆具有丰富的蛋白质、维生素、膳食纤维等营养物质，但杂粮粉碎后GI值升高，不利于糖尿病人和想要减脂人群食用，本项目为了解决超微粉碎后GI值升高问题，对粉碎杂粮杂豆中的淀粉进行改性，进行抗性淀粉老化实验，使得超微粉碎的杂粮杂豆GI值降低。3.现有杂粮不具有很好的冲调性，因此对不同杂粮粉进行配比，研制出杂粮与豆类复配杂粮杂豆粉。预期成果：通过本课题研究，预期取得如下成果：通过实验得出超微粉碎技术对三种杂粮原料粉和抗性处理的杂粮粉水解率和GI的影响结论；研制出一种杂粮杂豆类复配冲调食品；研究出降低超微粉碎杂粮粉GI值的工艺路线；参加科技竞赛2项，其中1项为省级以上竞赛；省级以上刊物发表研究论文2篇 完成项目研究报告1份。（六）项目研究进度安排 2023年4月-6月：将杂粮杂豆原料选择进行超微粉碎、蒸煮干燥和初粉碎过筛，进行超微粉碎，模拟体外消化实验并测定GI值。2023年9月-10月：高GI杂粮杂豆通过超声、水热、微波等方法处理使得淀粉老化，进行超微粉碎，模拟体外消化实验并测定GI值。2023年11月-12月：对比两种方式的GI值。2024年1月-3月：根据GI值选择原料配比，制作超微粉碎杂粮粉 2024年4月：对复配超微杂粮粉进行冲调性测试并得到产品。已有基础 与本项目有关的研究积累和已取得的成绩 本项目组成员目前已查阅了大量的文献，对低GI杂粮超微粉的制备工艺、检测指标，开发利用现状等都有了充分的了解和掌握，已经制定了详细的试验计划，并进行了单因素试验。优化了实验方向，通过了初步的杂粮粉的制备和体外模拟消化能力测定，目前的研究结果表明本研究的工艺路线可行，能够得到低GI杂粮超微粉。另外，项目组成员都是食品科学与工程创新人才班的同学，具备坚实的专业基础，且都对本项目具有浓厚的兴趣，积极查找资料并在试验室进行试验。指导教师一直从事食品科学与工程学科的相关研究，目前已指导完成多篇核心期刊论文。另外，指导教师具有坚实的专业基础，一直从事果汁澄清、色素提取等相关研究工作，完成了果汁澄清方面的大庆市指导课题的研究，对果汁的性质及加工特性、酸奶的胶体性质等比较熟悉，这些条件将有利于指导本课题的顺利开展。本项目在2023年4月至5月进行了杂粮粉制备的初步试验，即制备了杂粮粗粉、超微粉。通过不同的混合比例，制备出杂粮混合粉。采用体外模拟消化能力的测定，得到不同粉碎条件对粒径的影响，包括粉碎时间、粉碎功率、球料比等对淀粉水解率的影响。实验前期过程中，我们发现红豆粗粉、薏米粗粉、燕麦粗粉和复配粗粉在体外模拟消化180 min后总淀粉水解率分别为62.69%、61.34%、64.20%、56.62%；红豆超微粉、薏米超微粉、燕麦超微粉和复配超微粉在体外模拟消化180 min后总淀粉水解率分别为66.54%、62.36%、73.53%、67.30%。超微粉碎处理后的红豆粉、薏米粉、燕麦粉及复配粉的总淀粉水解率均显著高于粗粉的总淀粉水解率（P）。因此可推断超微粉碎会提升杂粮粉的淀粉水解率，人食用杂粮超微粉后淀粉更容易被水解消化，促进了杂粮淀粉在肠道中的消化吸收。此外，通过实验我们还发现了红豆粗粉、薏米粗粉、燕麦粗粉及复配粗粉的GI分别为83.40、82.98、83.32、78.15；红豆超微粉、薏米超微粉、燕麦超微粉及复配超微粉的GI分别为87.05、84.69、90.91、86.9。红豆粉、薏米粉及燕麦粉经过超微粉碎处理后，相比较粗粉粉碎的GI值显著升高，且都大于75，即红豆超微粉、燕麦超微粉、燕麦粉及复配粉都为高血糖食物，不适宜高血糖、肥胖人群食用，更适合于低血糖人群食用。下列是初步实验过程中的部分记录数据表格。表3薏米粉的总淀粉水解率 Table 3Hydrolysis rate of total starch of Job's Tear powder 时间（min）0 30 60 90 120 150 180 粗粉碎（%）0.00±0.00a 38.11±1.39a 59.15±0.79a 60.03±1.47a 59.64±0.85a 60.52±0.73a 61.34±0.67a 超微粉碎（%）0.00±0.00a 42.06±1.24b 61.26±0.46b 62.36±0.77b 61.54±0.94b 62.04±1.12b 62.31±0.83b 粒径

注：同一列字母不同表示差异显著（P<0.05）表4 燕麦粉的总淀粉水解率 Table 4 Hydrolysis rate of total starch of oat flour 时间（min）0 30 60 90 120 150 180 粗粉碎（%）0.00±0.00a 37.65±1.13a 54.11±0.52a 59.33±1.30a 64.20±0.61a 63.70±1.39a 63.40±0.43a 超微粉碎（%）0.00±0.00a 51.83±1.32b 62.63±0.73b 68.85±1.26b 73.53±1.05b 72.26±0.75b 71.39±0.94b

注：同一列字母不同表示差异显著（P<0.05）表5 杂粮粉的GI值 Table 5 GI of multigrain meal 种类薏米燕麦红豆复配粉粗粉的GI值 82.98±1.49a 83.32±1.59a 83.40±0.94a 78.15±1.58a 超微粉的GI值 84.69±0.95b 90.91±1.64b 87.05±0.90b 86.90±1.13b

注：同一列字母不同表示差异显著（P<0.05）已具备的条件，尚缺少的条件及解决方法（1）已具备的条件：前期的实验已经能够证明项目设计实验的正确性，初步的实验路线和实验内容也都进行了明确。TJ系列行星式球磨机、电子天平、数显磁力搅拌水浴锅、水浴恒温振荡器、电热鼓风干燥箱、数显酸度计、紫外可见分光光度计等设备在黑龙江八一农垦大学食品学院都有。（2）尚缺少的条件：缺少实验材料（3）解

决方法：网上购买，向学院申请设备与材料

三、经费预算

开支科目 预算经费（元） 主要用途 阶段下达经费计划（元）

前半阶段 后半阶段

预算经费总额 5000 项目 2000 3000

1. 业务费 3200 1200 2000

(1) 计算、分析、测试费 1000 对产品进行性能分析测试 500 500

(2) 能源动力费

(3) 会议、差旅费

(4) 文献检索费 200 项目 200

(5) 论文出版费 2000 论文出版、审阅 2 000

2. 仪器设备购置费

3. 实验装置试制费

4. 材料费 1000 各种杂粮杂豆，酶试剂 500 500

学校批准经费

四、指导教师意见

导师（签章）： 年 月 日

五、院系大学生创新创业训练计划专家组意见

专家组组长（签章）： 年 月 日

六、学校大学生创新创业训练计划专家组意见

负责人（签章）： 年 月 日

七、大学生创新创业训练计划领导小组审批意见

导师（签章）： 年 月 日

说明：

- 1.文献相似度 = 送检文章中与检测范围所有文献的相似字符数/送检文章正文字符数
- 2.去除参考文献相似度 = 送检文章中检测范围所有文献（不包括参考文献）的相似字符数/送检文章正文字符数
- 3.去除本人已发表论文相似度 = 送检文章中与检测范围所有文献（不包括自引）的相似字符数/送检论文正文字符数
- 4.单篇最大相似度：送检文章与某一文献的相似度高干全部其他文献
- 5.正文字符数：送检文章正文部分的总字符数，包括汉字、非中文字符、标点符号、阿拉伯数字（不计入空格），正文不包括关键词、目录、图片、附录、参考文献等

