

## 高抗性淀粉组方主食的研发及其对代谢综合征的影响

山东省立医院营养科  
陈立勇



## 项目简介

- 代谢综合征 (MS) 的防治已成为医学领域亟待研究攻关的课题, 而抗性淀粉 (RS) 是近年来国际食品研究领域的热点。本项目首次以非提纯添加的RS应用性研究为切入点, 选用富含RS的食物原料, 其中部分原料经过热压处理法、微波辐射法等物理加工方法预处理, 制作成绿色价廉、口感好、能融入患者生活习惯的高RS组方主食, 从动物实验和人群干预试验两方面系统讨论RS对MS的影响, 从而为MS患者提供新型、安全有效的治疗组方主食及为RS应用于保健食品的开发利用提供依据。

## 研究背景

- RS是一种新型的膳食纤维, 是科研人员对膳食纤维进行定量分析时, 在不溶性膳食纤维中发现的淀粉成分。1992年世界粮农组织FAO根据Englyst和欧洲抗性淀粉协会的建议将抗性淀粉定义为: 不被健康人体小肠所吸收的淀粉及其降解物的总称。由于RS能预防II型糖尿病、结(直)肠癌和一些饮食相关的慢性病, 且可有效克服传统膳食纤维食品呈现的不良气味、结构粗糙、口感干、缺乏吸引力等弊端, 所以它是近年来国际食品研究领域的热点, 也是最近十几年来碳水化合物与健康关系研究中最重要的一项成果。

## RS与血糖和胰岛素

- 血糖的高低受膳食因素的调节, 与葡萄糖的吸收速度有关。RS具有缓慢吸收, 代谢完全的特点, 与普通的淀粉比较, RS可使餐后血糖和胰岛素水平保持在较低的水平。RS有类似膳食纤维的作用, 可以降低GI值。有研究证实RS可以稳定血糖, 阻止葡萄糖耐量异常的发生。另一方面高胰岛素血症和胰岛素抵抗常是代谢综合征发生的诱因。食物中糖类消化的速度较快, 胰岛素抵抗发生的速度就越快。与普通淀粉组相比, RS刺激餐后胰岛素分泌的作用小, 并且可增加餐后饱腹感, 从而调节机体血糖水平, 维持胰岛素的功能, 改善胰岛素的敏感性。

## RS与脂类代谢

- 研究表明, RS在各个方面都影响着脂质代谢和脂类物质的合理分配。RS通过增加粪便容量和释放短链脂肪酸, 增加胆汁酸的排泄, 减少脂肪酸的合成, 可明显降低血清胆固醇和三酰甘油水平。RS降低胆固醇的作用主要是通过增加肝LDL受体的水平, LDL颗粒中三酰甘油的量减少, 使LDL降低, VLDL和HDL则无明显改变。此外, 肝HMG-COA还原酶活性的升高, 提示RS可以通过调节肝体内胆固醇的平衡系统来降低血胆固醇。RS本身几乎不含热量, 并能增加脂质的排泄, 并且减少热量的摄入, 改善了脂类物质的分布, 从而有助于控制体重。

- MS是指腹部肥胖、II型糖尿病、高血压、高血脂、高尿酸血症、微量清蛋白尿等病理现象共同聚集于同一病人的综合征。有研究认为上述诸多因素与胰岛素抵抗有关。随着生活方式和膳食结构的改变, MS已成为发达国家和发展中国家新的流行病和重大健康问题。MS使发生糖尿病和冠心病的危险性明显升高。如果不加以有效的控制, 代谢综合征患病情况将会变得日益严峻, 不可避免会增加个人乃至社会的负担。

- 抗性淀粉与代谢综合征的关系是目前研究的热点。国内外研究表明，RS具有降低餐后血糖，增强机体胰岛素的敏感性，降低血清胆固醇和三酰甘油的水平以及有效控制体重等作用，这些特性预示着抗性淀粉可以预防代谢综合征的发生，减少餐后的组织负荷。

- 但目前RS的应用性研究还处在起步阶段，其对MS的具体作用机制尚有待于进一步探讨。如何充分利用RS有益的生理特性，开发出高效、稳定的RS保健食品，国内外的研究尚不够深入。

- 本项目首次以非提纯添加的RS应用性研究为切入点，选用富含RS的食物原料，运用安全高效的增加抗性淀粉含量的物理方法预处理部分原料，组方制作成绿色价廉、口感好、能融入患者生活习惯的高RS主食，同时进一步探讨RS改善代谢的潜在机制，为MS患者提供新型、安全有效的治疗组方主食及为RS应用于保健食品的开发利用提供依据。

## 研究内容

- 本项目从动物实验和人群干预试验两方面系统讨论RS对MS的影响，通过人群干预实验观察服用组方主食后实验人群的胰岛素敏感性指数（ISI）及血糖、糖化血红蛋白、血脂、尿素氮等血生化指标以及观察实验人群的一般状况和对组方主食的口感满意度，进一步探讨RS改善代谢的潜在机制。

- 实验一：组方主食中RS含量的测定：采用体外模拟胃肠道酶消化法。
- 实验二：组方主食中GI值以及营养成分的测定：以人体试验为依据，运用国际认可的标准化食物GI测定法，对组方主食的GI值进行测定。

- 实验三：动物实验—RS组方主食对于大鼠胰岛素抵抗的影响
- 1) 胰岛素抵抗模型的建立：40只大鼠随机分为4组，一组喂饲正常基础饲料，其余各组食用高脂饲料，5W后进行OGTT试验，计算ISI。任选一组高脂组大鼠与基础组比较，ISI值差异有统计学意义，认为高脂组被成功诱导出现胰岛素抵抗。

2) RS组方主食对于大鼠胰岛素抵抗的影响: 将3组胰岛素抵抗大鼠随机安排进食基础饲料(N1组)、高脂饲料(HF组)和添加RS组方主食粉的饲料(RS组)。原正常基础饲料组为N组, 观察各组大鼠体质量、毛色等一般生化指标, 喂养6W后再次进行OGTT, 计算ISI, 测各组大鼠的空腹以及OGTT进行2h后的血糖、血清胰岛素、总胆固醇、甘油三酯含量。

- 实验四: 人群干预试验—RS组方主食对于MS患者的影响
- 1) 组方主食对于人体餐后血糖调节的影响: 10名空腹健康志愿者分别试食200Kcal组方主食粉馒头和常规膳食(富强粉馒头), 测定餐后2h血浆中血糖和胰岛素应答的变化情况以及人群胰岛素敏感性指数。

- 2) 组方主食对于MS患者3个月主食替代干预的效果: 招募II型DM合并肥胖、高血脂志愿者100人, 按照患者年龄、体质指数(BMI)均衡原则随机分为2组, 干预组与对照组, 分别服用组方主食与普通主食。

- 通过测定空腹血糖和进行OGTT糖耐量试验观察组方主食对于糖代谢的作用; 通过测定血脂、TG、三酰甘油、尿酸等生化指标观察对脂代谢的影响; 观察服用组方主食后志愿者胰岛素敏感性指数(ISI)、体重、BMI、腰臀比、腰围、体脂百分数、内脏脂肪及有关体成分的变化; 观察GSH、SOD、MDA等氧化应激水平指标的变化。

## 主要创新点

- MS的防治已成为医学领域亟待研究攻关的课题, 而RS是近十几年碳水化合物与健康关系中最重要的一项成果, 是近年来国际食品研究领域的热点, 而国内对抗性淀粉的研发还处在起步阶段。本项目首次以非提纯添加的RS应用性研究为切入点, 选用富含RS的食物原料, 其中部分原料经过热压处理法、微波辐射法等提高原料中抗性淀粉含量物理加工方法预处理, 制作成绿色价廉、口感好、能融入患者生活习惯的高RS组方主食, 为RS保健食品的进一步开发利用提供依据、提供思路, 社会和经济效益显著。

- RS在预防和治疗糖尿病、高脂血症、肥胖症等与饮食相关的慢性病中的贡献得到了广泛认可, 但目前RS对MS的影响及作用机制的研究仍是一个较新的领域, 尤其是对MS的具体作用机制尚有待于进一步探讨。本项目从动物实验和人群干预试验两方面系统讨论了RS对MS的影响, 从多个环节系统探讨了RS在控制血糖、体重、改善血脂及胰岛素敏感性等方面的作用, 为肥胖、高血压、高血脂、II型糖尿病等代谢综合征病人保健食品的开发利用提供有效理论依据。

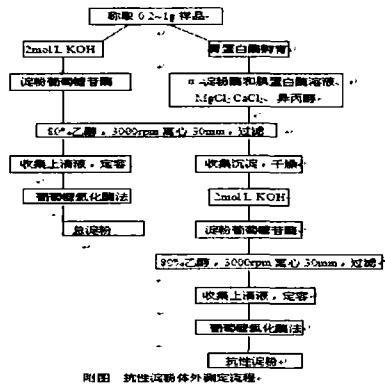
## 研究方法

- 1) 体外模拟胃肠道酶消化法测定组方主食中RS的含量。
- 2) GI值的测定：采用Wolever方法。
- GI =  $\frac{\text{含碳水化合物50g的食物餐后2h血糖曲线下面积} \times 100}{\text{50g葡萄糖餐后2h血糖曲线下面积}}$
- 3) 高脂饲料喂养诱导大鼠产生胰岛素抵抗，ISI指数用10000除以空腹血糖、空腹胰岛素、OGTT中血糖平均值和胰岛素平均值这四项乘积的平方根。人群胰岛素敏感性指数 =  $1 / (\text{胰岛素} \times \text{血糖})$

- 4) 血糖的测定用葡萄糖氧化酶法。
- 5) 胰岛素的测定：放射免疫法。
- 6) 血脂(TC、TG等)：酶法，采用全自动生化分析仪测定。
- 7) 人体成分分析仪测定体脂百分比。
- 8) SOD、MDA、GSH等抗氧化指标的测定按照南京建成生物工程研究所提供的试剂盒操作步骤完成。

## 技术路线

### 实验一



### 实验二

18名空腹健康志愿者，男女各半，20-25岁，BMI 19-25，饮食规律，无慢性病史，禁烟，禁酒，可忍受16h禁食

受试者首先进行2种受试物实验，第1次进行OGTT，第2次进行受试物增量实验，每次间隔72h，整个实验时间为5d。

↓

OGTT试验

↓

组方主食馒头、复配馒头增量实验

↓

样品分析：血糖葡萄糖氧化酶法测定，食物GI值的计算用Wolever方法，血脂胰岛素放射免疫法

↓

统计分析：  
1. 计算组方主食的GI值  
2. 计算受试者试食不同主食，各时点胰岛素AUC / 血糖AUC以及人群胰岛素敏感性指数，比较其差异及餐后血糖胰岛素浓度的变化情况。

### 实验三

选取体质量为180~220g的雄性Wistar大鼠40只，适应性饲养1W后，禁食12h，随机分为4组，每组10只。

一组喂饲正常基础饲料(N)，其余3组食用高脂肪饲料(HF)，8W后进行OGTT，计算ISI，在统一血糖阈值大鼠与空腹血糖比，ISI值越高统计学意义，认为有胰岛素抵抗导致出现高血糖性。另3组喂饲高脂肪大基饲料安特速食(N+BF)、BF(HF组)以及高脂肪高膳食纤维饲料(RS组)，原正常基础饲料组为N组。

实验各组大鼠体质量、体色等一般生化指标，禁食8W后再次进行OGTT，计算ISI，测各组大鼠空腹以及OGTT进行2h后的血糖、胰岛素、总胆固醇、甘油三酯含量。

SPSS16.0软件进行统计分析

### 实验四

II型DM合并肥胖、高血脂患者100人，男女各半，35-45岁，随机分为干预组和对照组，分别服用组方主食与普通主食

↓

3个月后，测定空腹血糖和进行OGTT试验胰岛素分泌能力对代谢的作用

↓

测定血脂、TG、三酰甘油、尿酸等生化指标和代谢对代谢的影响

↓

测定胰岛素分泌能力与空腹血糖、HbA1c、胰岛素、胰岛素抵抗指数、胰岛素敏感性指数及体成分的变化

↓

测定GSH、SOD、MDA等氧化应激水平指标的变化

↓

SPSS16.0软件进行统计分析

## 主要技术指标

- 分别从化学实验、动物实验、人群干预试验等几个方面进行研究测定。
- 1) 在实验室采用体外模拟胃肠道酶消化法测定组方主食中RS的含量，以及测定组方主食的GI值，探讨其可能预防高血糖的原理。

- 2) 建立大鼠胰岛素抵抗模型，通过观察大鼠体质量、毛色等一般生化指标，阐明组方主食的安全性及改善体重的作用，通过测定血糖、胰岛素、ISI以及总胆固醇、甘油三酯等指标，证实RS组方膳具有改善胰岛素抵抗动物胰岛素敏感性的作用。胰岛素抵抗是代谢综合征产生的主要诱因，对于进一步研究RS防治代谢综合征的机制有重要意义。

- 3) 观察空腹健康志愿者餐后2h血糖和胰岛素应答的变化情况以及人群胰岛素敏感性指数；并观察组方膳对MS患者血糖、血脂代谢的影响、体重、BMI等体成分以及抗氧化水平指标的改变，探讨组方膳对餐后血糖、机体胰岛素的敏感性的影响以及3个月膳食替代干预的效果。调查志愿者对组方主食的口感满意度和接受程度，探讨该组方主食的实用性和长期推广性，给予循证临床人群研究支持。

- 4) 通过比较等能量(200Kcal)不同主食间营养价值，比较组方主食与其它主食GI及GL值，探讨其控制血糖、改善血脂的原理。

## 市场需求及产业化前景

- 本项目首次以非提纯添加的RS应用性研究为切入点，选用富含RS的食物原料，其中部分原料经过热压处理法、微波辐射法等物理加工方法预处理，制作成绿色价廉、口感好、能融入患者生活习惯的高RS组方主食，为RS保健食品的进一步开发利用提供依据，具有广阔的市场前景。

- 并且从多个环节系统探讨控制血糖、体重、改善血脂的规律及机制，为肥胖、高血压、高血脂、II型糖尿病、高尿酸血症等代谢综合征病人提供新型、安全有效的治疗组方主食，也为代谢综合征患者保健食品的开发利用提供有效理论依据，社会和经济效益显著。