

一种高膳食纤维含量抗性糊精及其制备方法

相关申请的交叉引用

本申请要求 2024 年 12 月 11 日提交的中国专利申请 202411813142.X 的优先权，
5 该专利申请的全部内容以引用的方式整体并入本文。

技术领域

本发明属于功能糖技术领域，具体涉及一种高膳食纤维含量抗性糊精及其制备
方法。

10

背景技术

膳食纤维（不易被消化的食物营养素）能够保持肠道清洁，在减少和预防胃肠道疾
病以及控制血糖等方面有着显著的功效。膳食纤维包括可溶性和不可溶性膳食纤维，不
可溶性膳食纤维粘度大、溶解性低，口感不好；而水溶性膳食纤维溶解性好、食用口感
15 佳，在食品工业和日常生活中被广泛使用，其中抗性糊精是具有代表性的产品。

抗性糊精具有易溶解性、低粘度、酸稳定性、冷冻解冻稳定性、低褐变性和储存稳
定性等优异特性。抗性糊精具有 α -1,3 糖苷键和 α -1,6 糖苷键，还具有葡聚糖和很多不规
则的支链结构，人体消化酶难以彻底分解结构错综复杂的抗性糊精，从而增进肠蠕动、
血液循环等人体基础代谢和刺激肠道益生菌产生更多的短链脂肪酸。将抗性糊精作为膳
20 食纤维添加到食品中后不会改变产品最终品质，另外，抗性糊精还具有抑制餐后血糖值
急速上升，调节血脂，增强肠胃功能，调节血压，协助控制体重，低热量（仅 0.5~1.4
kal/g）等一系列良好的生理功能和特性，在加工食品中具有广阔的应用前景。

目前，抗性糊精的生产主要是以玉米淀粉、小麦淀粉或马铃薯淀粉为原料，在高温
下加热分解变成焦糊精，再把焦糊精溶解在水中，经过酶的分解，再通过活性炭脱色、
25 离子交换树脂脱盐、色谱交离，最后经干燥等工艺制成。但经过酶解后，制得的抗性糊
精中膳食纤维含量低，一般在 80~85%，而葡萄糖和非膳食纤维含量高。

发明内容

有鉴于此，本发明的目的在于提供一种高膳食纤维含量抗性糊精及其制备方法。本
30 发明的制备方法提高了抗性糊精中膳食纤维的含量。

本发明提供了一种高膳食纤维含量抗性糊精的制备方法，其包括以下步骤：

将豌豆淀粉乳和液化酶混合进行液化，得到液化液；所述液化液的 DE 值为 8~11%；

5 将所述液化液在酸性条件下进行分子重排反应，得到抗性糊精；所述抗性糊精中膳食纤维的质量含量≥93%。

在某些实施方案中，以豌豆淀粉乳的干基计，所述液化酶的用量为 60~100mL/吨。

在某些实施方案中，所述液化在 95~115℃下进行 40~60min。

在某些实施方案中，所述方法在分子重排反应前还包括：灭酶；其中，所述灭酶为酸性灭酶，所述酸性灭酶为：将液化液的 pH 值调至 3~4。

10 在某些实施方案中，所述分子重排反应的酸性条件为 pH 值=1.5~2。

在某些实施方案中，所述分子重排反应在 130~150℃下进行 1.5~2.5h。

在某些实施方案中，所述豌豆淀粉乳中固形物含量为 30~40wt%，pH 值为 5~6。

在某些实施方案中，所述方法在分子重排反应后还包括：将分子重排反应得到的料液依次脱色、脱盐、浓缩和干燥；所述脱色为活性炭脱色，所述活性炭脱色中活性炭的质量为料液中干基质量的 0.5~1%。

在某些实施方案中，所述脱盐为离子交换树脂脱盐，所述离子交换树脂脱盐使用强酸阳离子交换树脂 D001-强碱阴离子交换树脂 D202-强酸阳离子交换树脂 D001 组合。

本发明还提供了上述任一项实施方案所述的制备方法得到的高膳食纤维含量抗性糊精，所述高膳食纤维含量抗性糊精中膳食纤维的质量含量≥93%，DE 值≤5%。

20

与现有技术相比，本发明具有如下有益效果：

本发明提供了一种高膳食纤维含量抗性糊精的制备方法，包括以下步骤：将豌豆淀粉乳和液化酶混合进行液化，得到液化液；所述液化液的 DE 值为 8~11%；将所述液化液在酸性条件下进行分子重排反应，得到抗性糊精；所述抗性糊精中膳食纤维质量含量≥93%。本发明控制液化液的 DE 值为 8~11%，在这个 DE 值范围内，工艺操作可控性高，重复性高，避免了 DE 值过低或过高出现的反应程度不够或单糖较多导致反应剧烈的问题，制得的抗性糊精中膳食纤维含量高。本发明以豌豆淀粉为原料，与玉米淀粉和马铃薯淀粉相比，豌豆淀粉中慢消化淀粉（SDS）含量相对较高，液化后易于得到 DE 值合适的液化液，利用此液化液制备的抗性糊精中膳食纤维含量高，抗消化性好。

30 本发明的制备方法，液化后的糊精粗品再经分子重排反应可直接获得高膳食纤维含

量的抗性糊精，膳食纤维质量含量 $\geq 93\%$ ，淀粉转化率高，不需要再对抗性糊精进行酶转化和色谱分离使其中组分达到合格指标，葡萄糖等小分子含量以及膳食纤维含量均达标。现有技术一般先采用酶转化使大分子水解成小分子，再用色谱分离去除小分子如葡萄糖，得到抗消化性的大分子糊精。本发明制得的抗性糊精中膳食纤维含量高，不需要再额外去除小分子，分子重排反应后的粗品料液易于精制，制得的产品纯度高，本发

5 再额外去除小分子，分子重排反应后的粗品料液易于精制，制得的产品纯度高，本发明的制备方法简单，能耗少、耗水量低，成本低。

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施

10 例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图 1 为实施例中高膳食纤维含量抗性糊精的制备流程图。

具体实施方式

本发明提供了一种高膳食纤维含量抗性糊精的制备方法，包括以下步骤：

将豌豆淀粉乳和液化酶混合进行液化，得到液化液；所述液化液的 DE 值为 8~11%；

将所述液化液在酸性条件下进行分子重排反应，得到抗性糊精；所述抗性糊精中膳

20 食纤维的质量含量 $\geq 93\%$ 。

在本发明中，若无特殊说明，使用的材料和设备均为本领域市售商品。

本发明将豌豆淀粉乳和液化酶混合进行液化，得到液化液；所述液化液的 DE 值为 8~11%。

在本发明中，所述豌豆淀粉乳中固形物含量优选为 30~40wt%，具体可以为 34wt%、35wt%或 36wt%，pH 值优选为 5~6，具体可以为 5.2、5.4、5.5 或 5.6。在所述豌豆淀粉乳调浆过程中优选使用常温自来水。本发明所述的豌豆淀粉乳浓度，便于液化后直接进行分子重排反应，不需要二次调整浓度；所述 pH 值为液化酶的最适 pH 范围，易于得到合适 DE 值的糊精粗品。

25

在本发明中，所述液化酶优选为高温 α -淀粉酶，以豌豆淀粉乳的干基计，所述液化酶的用量优选为 60~100mL/吨（即 60~100mL/T·DS），具体可以为 80mL/吨。所述高温

30

α -淀粉酶优选来自山东隆科特酶制剂有限公司，高温范围为 90~120°C。

在本发明中，所述液化的温度优选为 95~115°C，具体可以为 100°C，时间优选为 40~60min，具体可以为 50min。在所述液化过程中，淀粉颗粒在热力作用下吸水膨胀，淀粉分子间的结合被削弱，导致淀粉颗粒部分解体，形成均一的黏稠液体，也就是糊精。本发明所述的液化温度和时间，便于控制液化液的 DE 值为 8~11%。

在本发明中，所述液化液的 DE 值优选为 9~10%，具体可以为 8%、9.52%、8.31%、10.27%、9.48%、9.34%或 9.15%。所述 DE 值（Dextrose Equivalent）是指还原糖（按葡萄糖计）在干物质中所占的百分比，用于衡量淀粉转化为葡萄糖的程度。本发明所述的 DE 值，避免了 DE 值过低（小于 8）会出现反应程度不够或过高（大于 11）单糖较多导致反应剧烈的问题，可获得高膳食纤维含量的抗性糊精。所述液化液为糊精粗品料液。

得到液化液后，本发明将所述液化液在酸性条件下进行分子重排反应，得到所述抗性糊精；所述抗性糊精中膳食纤维质量含量 $\geq$ 93%。

在本发明中，所述分子重排反应前优选对所述液化液进行灭酶，所述灭酶优选为酸性灭酶，所述酸性灭酶优选为：将液化液的 pH 值调至 3~4，具体可以为 3.3、3.4 或 3.5；所述 pH 值的调节剂优选为盐酸，本发明对所述盐酸的浓度没有特殊的要求。

在本发明中，所述分子重排反应的酸性条件优选为 pH 值=1.5~2，具体可以为 1.5、1.8 或 2。在所述分子重排反应的同时存在酸对糊精的分解，本发明所述的 pH 值不会使酸解剧烈，产生过多小分子，也不会出现糊精粗品酸解程度不够，聚合程度达不到的问题。本发明所述的 pH 值利于分子重排反应的进行，得到的抗性糊精中膳食纤维含量高。在分子重排反应过程中，糊精分子糖苷键重排形成抗消化键型。

在本发明中，所述分子重排反应优选在搅拌和加热的条件下进行，所述加热的温度优选为 130~150°C，具体可以为 140°C，时间优选为 1.5~2.5h，具体可以为 2h；所述搅拌的转速优选为 100~200rpm，具体可以为 105rpm。

在本发明中，所述分子重排反应优选在反应釜中进行，本发明优选将反应釜预热后再加入灭酶后的液化液，所述预热的温度优选为 120~130°C，具体可以为 125°C，稳定时间优选为 15~20min。

在本发明中，所述分子重排反应得到的料液中抗性糊精粗品的 DE 值 $\leq$ 5%、膳食纤维的质量含量 $\geq$ 93%（以干基计）。

在本发明中，所述分子重排反应后优选还包括：将分子重排反应得到的料液依次

脱色、脱盐、浓缩和干燥；

所述脱色优选为活性炭脱色，所述活性炭脱色优选包括：将分子重排反应得到的料液和活性炭混合加热，过滤得到脱色后料液；所述活性炭的质量优选为料液中干基质量的 0.5~1%，具体可以为 0.8%；所述加热的温度优选为 78~82℃，具体可以为 80℃，保温时间优选为 30~40min；

所述脱盐优选为离子交换树脂脱盐，所述脱盐优选使用强酸阳离子交换树脂 D001-强碱阴离子交换树脂 D202-强酸阳离子交换树脂 D001 组合，进料温度优选为 35~55℃，具体可以为 45℃或 50℃，进料速度优选为 3~5BV/h，具体可以为 4BV/h；

所述浓缩的温度优选为 50~60℃，具体可以为 55℃，压力优选为-0.1MPa。所述浓缩后固形物含量优选为 75~80%，具体可以为 76%、77%、77.5%、78%或 78.5%；所述浓缩后产物的电导<50μs/cm，透光率≥95%，色泽为无色或浅黄色；

所述干燥优选为真空干燥，所述干燥的温度优选为 100~110℃，所述干燥后产品水分≤5%。

本发明还提供了上述技术方案所述的制备方法得到的高膳食纤维含量抗性糊精，所述高膳食纤维含量抗性糊精中膳食纤维质量含量≥93%，DE 值≤5%。

本发明提供了一种利用豌豆淀粉制备抗性糊精的方法，以豌豆淀粉为原料，所制备的抗性糊精中膳食纤维含量高（≥93%），抗消化性好，提高了淀粉的转化率，扩大了产品的应用范围。本发明工艺创新简单，精准控制液化 DE 值，分子重排反应能直接制备出高膳食纤维含量的抗性糊精，不需采用酶转化、色谱工序，淀粉转化率高，降低了成本，提高了效率。

为了进一步说明本发明，下面结合附图和实施例对本发明提供的高膳食纤维含量抗性糊精及其制备方法进行详细地描述，但不能将它们理解为对本发明保护范围的限定。

图 1 为实施例中高膳食纤维含量抗性糊精的制备流程图，将豌豆淀粉调浆得到豌豆淀粉乳后进行液化，液化过程控制 DE 值为 8~11，灭酶后进行分子重排反应，脱色、离子交换脱盐、浓缩和干燥，得到抗性糊精。

现在于以下非限制性实施例中描述本发明。

本领域技术人员知晓，实施例以举例方式描述本发明，且不意欲限制本申请所要求保护的范围。实施例中的实验方法，如无特殊说明，均为常规方法。实施例中未注明具体条件者，按照常规条件或制造商建议的条件进行。所用试剂或仪器未注

明生产厂商者，均为可以通过市购获得的常规产品。现参照下列意在举例说明本发明(而非限定本发明)的实施例来描述本发明。

实施例 1

- 5 (1) 调浆：称取 200 g 豌豆淀粉，加自来水调配淀粉乳固形物 35 %，pH 值 5.5；
- (2) 液化：向淀粉乳中加高温 α -淀粉酶 80 mL/T·DS，100 °C 液化 50 min，得到液化液，检测 DE 值指标；
- (3) 灭酶：采用酸性灭酶法，液化后将液化液 pH 值调至 3.5；
- (4) 调 pH 值：用盐酸将步骤 (3) 料液的 pH 值调为 1.8；
- 10 (5) 分子重排反应：高温反应釜预先升温 125 °C，稳定 15 min，然后将步骤 (4) 料液置于反应釜中，于 140 °C 加热 2 h，反应同时开启搅拌，转速 150 rpm，反应后得到抗性糊精粗品料液，检测 DE 值和膳食纤维含量；
- (6) 精制：对抗性糊精粗品料液进行脱色、离子交换脱盐、浓缩以及干燥处理；
- 其中，脱色为：加入干基质量 0.8% 的活性炭，80 °C 保温 30 min 进行脱色；
- 15 离子交换脱盐为：使用 D001 树脂-D202-D001 树脂的组合进行离子交换脱盐，离子交换温度 45 °C，流速为 4 BV/h；
- 浓缩条件为：浓缩温度 55 °C，压力-0.1 MPa，浓缩后固形物含量 75%，电导 23 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，透光率 98%；
- 干燥条件为：真空干燥，压力-0.1 MPa，温度 100°C，经粉碎得到抗性糊精粉体，检测 DE 值、膳食纤维含量和淀粉转化率。
- 20

实施例 2

- (1) 调浆：称取 200 g 豌豆淀粉，加自来水调配淀粉乳固形物 35 %，pH 值 5.6；
- (2) 液化：向淀粉乳中加高温 α -淀粉酶 60 mL/T·DS，115 °C 液化 40 min，得到液化液，检测 DE 值指标；
- 25 (3) 灭酶：采用酸性灭酶法，液化后将液化液 pH 值调至 3.5；
- (4) 调 pH 值：用盐酸将步骤 (3) 料液的 pH 调值为 1.8；
- (5) 分子重排反应：高温反应釜预先升温 120 °C，稳定 20 min，然后将步骤 (4) 料液置于反应釜中，于 140 °C 加热 2 h，反应同时开启搅拌，转速 150 rpm，反应后得到抗性糊精粗品料液，检测 DE 值和膳食纤维含量；
- 30

(6) 精制：对抗性糊精粗品料液进行脱色、离子交换脱盐、浓缩以及干燥处理；

其中，脱色为：加入干基质量 0.8% 的活性炭，80 °C 保温 30 min 进行脱色；

离子交换脱盐为：使用 D001 树脂-D202-D001 树脂的组合进行离子交换脱盐，离子交换温度 45 °C，流速为 4 BV/h；

5 浓缩条件为：浓缩温度 55 °C，压力-0.1 MPa，浓缩后固形物含量 75%，电导 32 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，透光率 96.5%；

干燥条件为：真空干燥，压力-0.1 MPa，温度 100°C，经粉碎得到抗性糊精粉体，检测 DE 值、膳食纤维含量和淀粉转化率。

10 实施例 3

(1) 调浆：称取 200 g 豌豆淀粉，加自来水调配淀粉乳固形物 34 %，pH 值 5.4；

(2) 液化：向淀粉乳中加高温 α -淀粉酶 100 mL/T•DS，95 °C 液化 60 min，得到液化液，检测 DE 值指标；

(3) 灭酶：采用酸性灭酶法，液化后将液化液 pH 值调至 3.0；

15 (4) 调 pH 值：用盐酸将步骤 (3) 料液的 pH 值调为 1.8；

(5) 分子重排反应：高温反应釜预先升温 125 °C，稳定 15 min，然后将步骤 (4) 料液置于反应釜中，于 140 °C 加热 2 h，反应同时开启搅拌，转速 150 rpm，反应后得到抗性糊精粗品料液，检测 DE 值和膳食纤维含量；

(6) 精制：对抗性糊精粗品料液进行脱色、离子交换脱盐、浓缩以及干燥处理；

20 其中，脱色为：加入干基质量 0.8% 的活性炭，80 °C 保温 35 min 进行脱色；

离子交换脱盐为：使用 D001 树脂-D202-D001 树脂的组合进行离子交换脱盐，控制离子交换温度 50 °C，流速为 4 BV/h；

浓缩条件为：浓缩温度 55 °C，压力-0.1 MPa，浓缩后固形物含量 76%，电导 45 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，透光率 96.6%；

25 干燥条件为：真空干燥，压力-0.1 MPa，温度 105°C，经粉碎得到抗性糊精粉体，检测 DE 值、膳食纤维含量和淀粉转化率。

实施例 4

(1) 调浆：称取 200 g 豌豆淀粉，加自来水调配淀粉乳固形物 34 %，pH 值 5.5；

30 (2) 液化：向淀粉乳中加高温 α -淀粉酶 80 mL/T•DS，100 °C 液化 50 min，得到液

化液，检测 DE 值指标；

(3) 灭酶：采用酸性灭酶法，液化后将液化液 pH 值调至 3.4；

(4) 调 pH 值：用盐酸将步骤 (3) 料液的 pH 值调为 1.5；

(5) 分子重排反应：高温反应釜预先升温 125 °C，稳定 15 min，然后将步骤 (4) 料液置于反应釜中，于 140 °C 加热 2 h，反应同时开启搅拌，转速 150 rpm，反应后得到抗性糊精粗品料液，检测 DE 值和膳食纤维含量；

(6) 精制：对抗性糊精粗品料液进行脱色、离子交换脱盐、浓缩以及干燥处理；

其中，脱色为：加入干基质量 1% 的活性炭，80 °C 保温 40 min 进行脱色；

离子交换脱盐为：使用 D001 树脂-D202-D001 树脂的组合进行离子交换脱盐，离子交换温度 45 °C，流速为 4 BV/h；

浓缩条件为：浓缩温度 55 °C，压力-0.1 MPa，浓缩后固形物含量 78%，电导 48 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，透光率 95.8%；

干燥条件为：真空干燥，压力-0.1 MPa，温度 110 °C，经粉碎得到抗性糊精粉体，检测 DE 值、膳食纤维含量和淀粉转化率。

15

实施例 5

(1) 调浆：称取 200 g 豌豆淀粉，加自来水调配淀粉乳固形物 36 %，pH 值 5.2；

(2) 液化：向淀粉乳中加高温 α -淀粉酶 80 mL/T·DS，100 °C 液化 50 min，得到液化液，检测 DE 值指标；

20 (3) 灭酶：采用酸性灭酶法，液化后将液化液 pH 值调至 4；

(4) 调 pH 值：用盐酸将步骤 (3) 料液的 pH 值调为 2.0；

(5) 分子重排反应：高温反应釜预先升温 125 °C，稳定 15 min，然后将步骤 (4) 料液置于反应釜中，于 140 °C 加热 2 h，反应同时开启搅拌，转速 150 rpm，反应后得到抗性糊精粗品料液，检测抗性糊精指标 DE 值和膳食纤维含量；

25 (6) 精制：对抗性糊精粗品料液进行脱色、离子交换脱盐、浓缩以及干燥处理；

其中，脱色为：加入干基质量 0.5% 的活性炭，82 °C 保温 30 min 进行脱色；

离子交换脱盐为：使用 D001 树脂-D202-D001 树脂的组合进行离子交换脱盐，离子交换温度 45 °C，流速为 4 BV/h；

30 浓缩条件为：浓缩温度 60 °C，压力-0.1 MPa，浓缩后固形物含量 80%，电导 45 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，透光率 96.2%；

干燥条件为：真空干燥，压力-0.1 Mpa，温度 105°C，经粉碎得到抗性糊精粉体，检测指标 DE 值、膳食纤维含量和淀粉转化率。

实施例 6

- 5 (1) 调浆：称取 200 g 豌豆淀粉，加自来水调配淀粉乳固形物 35 %，pH 值 5.5；
- (2) 液化：向淀粉乳中加高温 α -淀粉酶 80 mL/T·DS，100 °C 液化 50 min，得到液化液，检测 DE 值指标；
- (3) 灭酶：采用酸性灭酶法，液化后将液化液 pH 值调至 3.6；
- (4) 调 pH：用盐酸将步骤 (3) 料液的 pH 值调为 1.8；
- 10 (5) 分子重排反应：高温反应釜预先升温 125 °C，稳定 15 min，然后将步骤 (4) 料液置于反应釜中，于 130 °C 加热 2.5 h，反应同时开启搅拌，转速 100 rpm，反应后得到抗性糊精粗品料液，检测指标 DE 值和膳食纤维含量；
- (6) 精制：对抗性糊精粗品料液进行脱色、离子交换脱盐、浓缩以及干燥处理；
- 其中，脱色为：加入干基质量 1% 的活性炭，80 °C 保温 40 min 进行脱色；
- 15 离子交换脱盐：使用 D001 树脂-D202-D001 树脂的组合进行离子交换脱盐，离交温度 45 °C，流速为 4 BV/h；
- 浓缩条件为：浓缩温度 55 °C，压力-0.1 MPa，浓缩后固形物含量 78.5%，电导 42 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，透光率 96.4%；
- 干燥条件为：真空干燥，压力-0.1 MPa，温度 100°C，经粉碎得到抗性糊精粉体，检测
- 20 指标 DE 值、膳食纤维含量和淀粉转化率。

实施例 7

- (1) 调浆：称取 200 g 豌豆淀粉，加自来水调配淀粉乳固形物 35 %，pH 值 5.5；
- (2) 液化：向淀粉乳中加高温 α -淀粉酶 80 mL/T·DS，100 °C 液化 50 min，得到液
- 25 化液，检测 DE 值指标；
- (3) 灭酶：采用酸性灭酶法，液化后将液化液 pH 值调至 3.3；
- (4) 调 pH 值：用盐酸将步骤 (3) 料液的 pH 值调为 1.8；
- (5) 分子重排反应：高温反应釜预先升温 125 °C，稳定 15 min，然后将步骤 (4) 料液置于反应釜中，于 150 °C 加热 1.5 h，反应同时开启搅拌，转速 200 rpm，反应后得
- 30 到抗性糊精粗品料液，检测 DE 值和膳食纤维含量；

(6) 精制：对抗性糊精粗品料液进行脱色、离子交换脱盐、浓缩以及干燥处理；

其中，脱色为：加入干基质量 1% 的活性炭，82 °C 保温 40 min 进行脱色；

离子交换脱盐为：使用 D001 树脂-D202-D001 树脂的组合进行离子交换脱盐，离子交换温度 45 °C，流速为 4 BV/h；

5 浓缩条件为：浓缩温度 55 °C，压力-0.1 MPa，浓缩后固形物含量 77.5%，电导 36 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，透光率 96.2%；

干燥条件为：真空干燥，压力-0.1 MPa，温度 100°C，经粉碎得到抗性糊精粉体，检测 DE 值、膳食纤维含量和淀粉转化率。

10 对比例 1

本对比例与实施例 1 基本相同，不同之处在于：淀粉乳中加高温 α -淀粉酶 50 mL/T•DS。浓缩后固形物含量 75.5%，电导 45 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，透光率 95%。

对比例 2

15 本对比例与实施例 3 基本相同，不同之处在于：淀粉乳中加高温 α -淀粉酶 110 mL/T•DS。浓缩后固形物含量 76.5%，电导 32 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，透光率 96.4%。

对比例 3

20 本对比例与实施例 4 基本相同，不同之处在于：步骤（4）中用盐酸将料液的 pH 值调为 1.4。浓缩后固形物含量 76.5%，电导 34 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，透光率 96.7%。

对比例 4

本对比例与实施例 5 基本相同，不同之处在于：步骤（4）中用盐酸将料液的 pH 值调为 2.2。浓缩后固形物含量 79%，电导 32 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，透光率 95.3%。

25

对比例 5

本对比例与实施例 6 基本相同，不同之处在于：步骤（5）中将料液置于反应釜，于 120 °C 加热反应。浓缩后固形物含量 77.5%，电导 28 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，透光率 96.1%。

对比例 6

本对比例与实施例 7 基本相同，不同之处在于：步骤（5）中将料液置于反应釜，于 160 °C加热反应。浓缩后固形物含量 79.5%，电导 31 μs/cm，透光率 95.8%。

5 对比例 7

本对比例与实施例 7 基本相同，不同之处在于：步骤（5）中将料液置于反应釜，于 160 °C加热 1 h。浓缩后固形物含量 78%，电导 26 μs/cm，透光率 95.4%。

对比例 8

10 本对比例与实施例 1 基本相同，不同之处在于：步骤（1）调浆称取玉米淀粉。浓缩后固形物含量 75.3%，电导 26 μs/cm，透光率 95.3%。

对实施例 1~7 与对比例 1~8 进行指标检测：液化液样品（糊精粗品料液）检测 DE 值，抗性糊精粗品料液检测 DE 值、膳食纤维质量含量（以干基计），成品抗性糊精检测 DE 值、膳食纤维质量含量和淀粉转化率。测定结果如下表 1 所示：

15 表 1 实施例 1~7 与对比例 1~8 指标检测结果

实施例	液化 DE 值	抗性糊精 粗品 DE 值	抗性糊精粗 品膳食纤维 质量含量	成品抗 性糊精 DE 值	成品抗性糊 精膳食纤维 质量含量	淀粉干 基转化 率
实施例 1	9.52%	2.34%	97.38%	2.38%	97.46%	97.2%
实施例 2	8.31%	3.21%	96.54%	3.47%	96.21%	95.8%
实施例 3	10.27%	3.24%	96.07%	3.15%	96.33%	96.2%
实施例 4	9.48%	4.38%	93.91%	4.28%	93.89%	93.5%
实施例 5	9.34%	4.26%	94.85%	4.59%	94.16%	93.7%
实施例 6	9.15%	4.37%	94.57%	4.47%	94.22%	93.8%
实施例 7	9.52%	4.93%	95.22%	4.87%	95.31%	95.1%
对比例 1	6.37%	9.83%	89.92%	10.23%	89.77%	88.3%
对比例 2	11.28%	13.75%	85.53%	13.84%	85.23%	84.2%
对比例 3	9.37%	14.13%	85.89%	14.25%	85.54%	84.3%
对比例 4	9.34%	10.13%	88.94%	10.57%	88.46%	87.2%
对比例 5	9.28%	15.57%	84.31%	15.34%	84.65%	84.3%

对比例 6	9.33%	17.35%	82.47%	17.23%	82.17%	81.8%
对比例 7	9.51%	14.01%	85.01%	14.39%	84.25%	83.8%
对比例 8	9.56%	6.25%	86.02%	6.18%	86.23%	85.6%

表 1 中的淀粉转化率是指 1 吨淀粉干物质转化为多少膳食纤维，转化率=成品质量*膳食纤维含量/(淀粉干物质质量)。

由表 1 可知，与实施例 1 对比，对比例 1 中酶用量减少，得到的液化液中 DE 值低，抗消化反应（分子重排反应）过程中葡萄糖等底物不够，产生的抗性糊精少，膳食纤维含量低；与实施例 3 对比，对比例 2 中酶用量增加，得到的液化液中 DE 值高，抗消化反应过程中底物较多，反应剧烈，聚合形成的抗性糊精再次被分解，膳食纤维含量降低；与实施例 4 对比，对比例 3 中抗消化反应 pH 值降低，糊精粗品酸解程度高，聚合过程中底物多，反应剧烈，产生的抗性糊精再次被分解，膳食纤维含量降低；与实施例 5 对比，对比例 4 中抗消化反应 pH 值升高，糊精粗品在抗消化反应过程中酸解程度降低，底物含量少，聚合程度低，膳食纤维含量低；与实施例 6 对比，对比例 5 降低分子重排反应温度，聚合程度不够，产生的抗性糊精少，膳食纤维含量低；与实施例 7 对比，对比例 6 提高反应温度，聚合形成的抗性糊精在高温下部分分解，产生的抗性糊精少，膳食纤维含量低；与对比例 6 同时对比，对比例 7 提高反应温度的同时降低反应时间，制备的抗性糊精 DE 值高、膳食纤维含量低，这是由于虽然缩短了时间，但温度过高反应剧烈不可控，得到的抗性糊精存在部分高温分解；与实施例 1 对比，对比例 8 采用玉米淀粉，豌豆淀粉中慢消化淀粉（SDS）含量高于玉米淀粉，因此实施例 1 豌豆抗性糊精中膳食纤维质量含量更高。

实施例 1~7 制得的抗性糊精在 DE 值、膳食纤维含量等方面优异，主要是因为特定淀粉的反应体系形成了抗消化性好、膳食纤维含量更高的抗性糊精。

尽管上述实施例对本发明做出了详尽的描述，但它仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部实施例，人们还可以根据本发明实施例在不经创造性劳动前提下获得其他实施例，这些实施例都属于本发明保护范围。

权 利 要 求

1. 一种高膳食纤维含量抗性糊精的制备方法，其包括以下步骤：
将豌豆淀粉乳和液化酶混合进行液化，得到液化液；所述液化液的 DE 值为 8~11%；
将所述液化液在酸性条件下进行分子重排反应，得到抗性糊精；所述抗性糊精中膳食纤维的质量含量 $\geq 93\%$ 。
2. 根据权利要求 1 所述的制备方法，其中，以豌豆淀粉乳的干基计，所述液化酶的用量为 60~100mL/吨。
3. 根据权利要求 1 或 2 所述的制备方法，其中，所述液化在 95~115℃下进行 40~60min。
4. 根据权利要求 1 所述的制备方法，其中，所述方法在分子重排反应前还包括：灭酶；其中，所述灭酶为酸性灭酶，所述酸性灭酶为：将液化液的 pH 值调至 3~4。
5. 根据权利要求 1 或 4 所述的制备方法，其中，所述分子重排反应的酸性条件为 pH 值=1.5~2。
6. 根据权利要求 1 所述的制备方法，其中，所述分子重排反应在 130~150℃下进行 1.5~2.5h。
7. 根据权利要求 1 所述的制备方法，其中，所述豌豆淀粉乳中固形物含量为 30~40wt%，pH 值为 5~6。
8. 根据权利要求 1 所述的制备方法，其中，所述方法在分子重排反应后还包括：将分子重排反应得到的料液依次脱色、脱盐、浓缩和干燥；所述脱色为活性炭脱色，所述活性炭脱色中活性炭的质量为料液中干基质量的 0.5~1%。
9. 根据权利要求 8 所述的制备方法，其中，所述脱盐为离子交换树脂脱盐，所述离子交换树脂脱盐使用强酸阳离子交换树脂 D001-强碱阴离子交换树脂 D202-强酸阳离子交换树脂 D001 组合。
10. 权利要求 1~9 任一项所述的制备方法得到的高膳食纤维含量抗性糊精，其中，所述高膳食纤维含量抗性糊精中膳食纤维的质量含量 $\geq 93\%$ ，DE 值 $\leq 5\%$ 。