



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03160129.4

[43] 公开日 2004 年 6 月 2 日

[11] 公开号 CN 1500406A

[22] 申请日 2000.4.26 [21] 申请号 03160129.4
分案原申请号 00807890.4

[30] 优先权

[32] 1999. 4. 26 [33] US [31] 60/131,047

[71] 申请人 宝洁公司

地址 美国俄亥俄

[72] 发明人 M·D·M-S·维拉格兰

S·阿钱塔 J·C·沃藤

E·M·博伊尔 J·F·埃文斯

M·D·韦布 J·李 K·Y·李

D·R·帕顿 M·斯托加诺维克

M·A·米施金

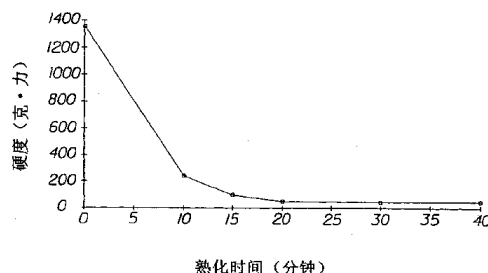
[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所
代理人 黄淑辉

权利要求书 2 页 说明书 71 页 附图 15 页

[54] 发明名称 脱水制品的制备方法

[57] 摘要

制备脱水水果、蔬菜和植物块茎特别是马铃薯制品的方法。本方法的步骤包括将整的生可食制品、生可食制品的切片或碎片煮制足够的时间以便使淀粉部分熟化并且使可食制品的组织软化；将熟化的制品磨细并且将磨细的制品干燥。生可食制品优选是未去皮或部分去皮的。所得的脱水制品比超过方法删除的相应产品(1)保留了更多的维生素 C；(2)具有更浅的颜色；(3)较高的游离直链淀粉含量；(4)减少的破碎细胞和(5)减少的降解产物。

马铃薯硬度作为
时间的函数

1. 含维生素 C 的脱水马铃薯制品:
 - a) 其中脱水马铃薯制品具有平均维生素 C 保留率, 相对于形成脱水马铃薯制品所用的马铃薯中原始存在的维生素 C, 为至少约 7%, 优选至少约 15%, 更优选至少约 30%; 并且
 - b) 其中薄片具有相对吸光度指数为小于约 1.5。
2. 权利要求 1 的脱水马铃薯制品, 其中所说的脱水马铃薯制品具有相当于“L”值大于约 78 亨特单位、优选“b”值小于约 21 亨特单位、更优选“a”值为约-1 至约-3 亨特单位的色度。
3. 权利要求 1 的脱水马铃薯制品, 具有约 3-约 3.8 平方米/克的总孔面积。
4. 权利要求 1 的脱水马铃薯制品, 其中破碎了小于约 70% 的马铃薯细胞。
5. 权利要求 1 的脱水马铃薯制品, 具有约 60-约 400 RVA 的峰值粘度, 优选具有约 40-约 200 RVA 的最终粘度。
6. 权利要求 1 的脱水马铃薯制品, 其中所说的脱水马铃薯制品含有约 3 mg 维生素 C/100mg 马铃薯固形物至约 30 mg 维生素 C/100 g 马铃薯固形物。
7. 含有维生素 C 的脱水马铃薯制品:
 - a) 其中脱水马铃薯制品具有平均维生素 C 保留率, 相对于形成脱水马铃薯制品所用的马铃薯中原始存在的维生素 C, 为至少约 7%, 优选至少约 15%, 更优选至少约 30%; 并且
 - b) 其中薄片具有相当于“L”值大于约 78 亨特单位的颜色;
 - c) 其中薄片具有小于约 70%的破碎细胞, 优选小于约 40%的破碎细胞;
 - d) 其中薄片含有约 0.1-约 0.3 ppm 的 2-甲基吡嗪和约 0.3-约 1.5 ppm 的苯乙醛和 0.1-0.6 ppm 的蛋氨酸; 并且
 - e) 其中薄片的游离直链淀粉含量为约 20-约 38%。
8. 通过使用权利要求 7 的脱水马铃薯制品制作的面团, 其中所说的面团的弹性模量 (G') 为约 15000-约 90000 帕斯卡, 优选约 35000-约 55000 帕

斯卡;和粘度模量 (G'') 为约 3000-约 15000 帕斯卡, 优选约 5000-约 10000 帕斯卡。

9. 通过使用权利要求 7 的脱水马铃薯制品制作的面团, 其中所说的面团的面片强度为约 80-约 450 gf, 优选约 110 gf-约 240 gf。

10. 通过使用权利要求 7 的脱水马铃薯制品制作的马铃薯泥, 其中所说的马铃薯泥的坚实度约 700 gf-约 1800 gf。

11. 权利要求 7 的脱水马铃薯制品, 具有约 85RVA-约 400 RVA 的峰值粘度和约 60 RVA-约 155 RVA 的最终粘度。

12. 用上述权利要求任一项的脱水制品制作的食物制品, 优选其中所说的食物制品是小吃制品, 并且更优选其中所说的小吃制品是马铃薯小吃制品。

13. 权利要求 12 的食物制品, 其中所说的食物制品是由脱水制品制作的马铃薯小吃制品, 所说的脱水制品选自马铃薯薄片、马铃薯片状颗粒、马铃薯颗粒及其混合物。

脱水制品的制备方法

技术领域

本发明涉及加工水果、谷物、蔬菜和植物块茎尤其是加工马铃薯，以生产脱水的薄片、片状颗粒(flanules)或颗粒的方法。

发明背景

含脱水水果、谷物和蔬菜的谷粉制产品，特别是马铃薯，已经非常普及。其中最普及的产品是成形马铃薯油炸片，玉米饼油炸片，椒盐卷饼和挤出或膨化制品。谷粉制产品的制作通常是通过向脱水制品中添加诸如水、风味料、乳化剂和其它淀粉物质的配料。然后，一般来说将混合物挤出和/或片化并且熟化（例如，烘烤，油炸），形成最终的制品。成品的味道和其它感官特性主要取决于起始脱水制品的物化性质和感官性质。

谷粉制产品制备中包括的最普及的脱水制品是脱水马铃薯薄片、片状颗粒和颗粒。使用两种基本工艺来生产脱水颗粒、片状颗粒和脱水马铃薯薄片。这两种工艺的初期制备阶段一般来说是相同的。将马铃薯洗涤、去皮并且检查除去任何有缺陷的马铃薯。将好的马铃薯切成厚片、用室温水清洗并且送入到熟化操作中，熟化操作分为两步熟化步骤。第一步熟化步骤是预熟化步骤，在约 155 °F-约 175°F（活化温度，在此温度下可以出现原果胶水解）将马铃薯部分熟化并且增溶其中的一些淀粉。在此步骤中，开始出现淀粉的溶胀和糊化。预熟化之后，将马铃薯在水中熟化会引起增溶的淀粉从溶液中沉淀出来，也已知为凝沉。在制作片状颗粒和某些类型的薄片（即用于生产成形小吃的某些薄片）时，省略预熟化和冷却步骤。第二步熟化步骤包括将马铃薯在蒸汽熟化器中熟化，以便使淀粉糊化并且制备用于脱水的马铃薯。在工艺的此步骤之后，颗粒和片状颗粒的加工不同于薄片的加工。颗粒和片状颗粒加工与薄片加

工的不同之处在于干燥步骤较温和并且不破坏马铃薯组织，不像薄片化加工中常用的转筒式干燥那样。转筒式干燥主要依靠传导热量转移，从而对产品的品质无效并且有害。在制作片状颗粒时，干燥操作包括流化和提升式气流干燥，这两种都基于对流加热。

其次，脱水步骤较缓慢，使得马铃薯颗粒在系统中长时间保留。第三，造粒过程在所用的干燥过程方面不同于薄片化过程，由此将一部分首先干燥的颗粒再循环回熟化马铃薯泥的物料流中。这个过程已知为回加过程。

将马铃薯加工成脱水制品的常规工艺具有某些缺陷。在马铃薯薄片和颗粒的常规制作方法中，马铃薯要经过预熟化、冷却、熟化和很多其它减少和改变马铃薯原始风味和淀粉功能特性的步骤。一般来说，在熟化步骤之前，要将马铃薯洗涤、去皮、热烫、预熟化和冷却。马铃薯切片通常通过水来传送。这需要使用大量的水和能量。水预熟化和冷却步骤会导致水溶性风味产物母体(或风味组分)的大量损失以及使脱水制品风味和品质下降的各种水相反应。此外，干燥过程会导致有益挥发性风味组分大量损失。出于经济的观点，这些过程需要花费大量的能量、时间和金钱于预熟化、冷却、熟化和干燥步骤中。除风味损失外，去皮过程还会损失最多约 10% 的马铃薯产品。在马铃薯的去皮过程中，使用高压蒸汽来软化马铃薯组织中的皮。形成了所谓的“皮圈(peel ring)”，其是在马铃薯周围的一薄层熟化的淀粉层。在随后的熟化过程中，这个薄层相当于溶胀的淀粉，延迟到马铃薯心的热量转移速率，造成马铃薯不均匀熟化，导致生马铃薯部分与熟化过头的马铃薯部分相交杂。

脱水马铃薯常规工艺的另一个缺陷是将生马铃薯彻底熟化所必需的熟化时间相当较长(最长约 45 分钟)。熟化慢的结果还导致使生的产品熟化就必需使用大量的能量。这种长时间的马铃薯熟化会破坏维生素、减少所需风味产物母体的初始浓度、有助于形成加工风味并且增加细胞破碎。

常规方法的再一个缺陷是它们不能有效使用来始终如一地生产适合用于谷粉制产品的高品质马铃薯薄片，片状颗粒和颗粒。此外，在大部

分情形中，主要过程的设计不是为生产具有适合挤出或形成可片化面团而应具有的特性的薄片或颗粒，而是为生产适合完全不同用途的配料，所说的用途例如餐桌用品(例如马铃薯泥)的再水合，或低剪切形成用于中间湿产物的马铃薯，如马铃薯薄饼或法式油炸马铃薯片。

因此，本发明的一个目的是提供一种使水果、蔬菜和谷物、特别是马铃薯脱水的有效方法，有效是基于能量消耗和马铃薯损失。

本发明的另一个目的是提供一种脱水马铃薯制品的制作方法，该方法加强了熟化，以达到关键物质的转化，同时明显缩短了熟化停留时间和改进了品质。

本发明的另一个目的是提供一种高品质、低成本脱水马铃薯制品的生产方法，其中使用的方法简单、快速和经济。

本发明的另一个目的是提供一种脱水马铃薯制品的制作方法，其中取消了必需将生马铃薯预熟化和冷却的过程。

本发明的另一个是提供脱水马铃薯制品，其特别适合用作制作加工的谷粉制品如成形马铃薯小吃品用的面团的一部分。

本发明的又一个目的是提供脱水马铃薯制品，其具有超过常规生产的薄片、片状颗粒或颗粒的改进的营养价值、颜色和加工品质。

本发明的再一个目的是提供脱水制品，其与常规生产的产品相比具有增加的风味产物母体含量。

本发明的另一个目的是提供脱水马铃薯制品，其特别适合用于提供具有改进风味、质地和保质期的复水马铃薯泥。

本发明的这些和其它目的将从以下的公开内容和权利要求书中显而易见。

发明概述

本发明提供一种生产脱水制品的改进的方法。本发明特别适合用于制备脱水马铃薯制品，也适合用于制备其它脱水制品，如水果(例如，香蕉、梨、苹果、桃、杏)和蔬菜(例如，甘薯、甜菜、南瓜)以及谷物如玉米制品(例如，粗玉米粉)、小麦、燕麦、大麦、西米、苋菜属和木薯。

本发明主要涉及(1)本质上取消预熟化、冷却和可选择去皮步骤，(2)明显减少熟化时间，通过 a) 增加一般通过延长熟化而达到的功能性特征，例如，通过添加外生来源如小麦淀粉或马铃薯淀粉来释放游离直链淀粉，b) 和/或根据使淀粉部分糊化、使引起酶性褐变的酶失活以及使引起细胞分离和原果胶部分水解而导致组织软化的酶活化所必需的能量来确定最少熟化时间，c) 并且改变马铃薯碎片的尺寸，以及(3) 通过用红外加热加强转筒式干燥来减少原料产品的干燥时间。这样可以获得具有改进物化性质、风味、营养和外观(例如较浅的颜色)效果的薄片。

本发明的一个实施方案提供一种含淀粉制品的制备方法。该方法包括以下步骤：提供含淀粉物料，其中含有能够引起褐变、脂质氧化或纤维素类物质水解的一种或多种酶；将含淀粉物料部分熟化预定量的时间和温度，以便足以使一种或多种酶基本上失活以减少酶性褐变，使引起纤维素类物质部分水解的酶致活，能够使细胞分离，使淀粉至少部分糊化并且使淀粉细胞的破碎率保持在小于约 70%、优选小于约 40%、更优选小于约 20%；将部分熟化的含淀粉物料磨细，形成湿的泥状物；并且将湿的泥状物干燥，形成含水量以不含脂肪的基料计不足约 15%的脱水制品。

本发明的另一个实施方案提供另一种含淀粉制品的制备方法。该方法包括以下步骤：提供含淀粉物料，其中含有具有产生非酶性褐变能力的任何其它组分的糖；将含淀粉物料部分熟化预定量的时间和温度，以便足以使淀粉至少部分糊化并且使淀粉细胞的破碎率保持在小于约 70%、优选小于约 40%、更优选小于约 20%；将部分熟化的含淀粉物料磨细，形成湿的泥状物；并且将湿的泥状物干燥，形成含水量以不含脂肪的基料计不足约 15%的脱水制品。

含淀粉物料中可以含有多酚氧化酶，并且将含淀粉物料部分熟化的步骤可以包括将含淀粉产品熟化足够使多酚氧化酶基本上失活同时不使淀粉完全糊化的时间。含淀粉物料中还可以含有一种或多种能够引起非酶性褐变的物质。含淀粉物料中可以含有原果胶酶，并且将含淀粉物料部分熟化的步骤可以包括将含淀粉物料熟化足够使原果胶酶基本上致活同时不使淀粉完全糊化的时间。

将马铃薯部分熟化的步骤可以包括熟化足够的时间,以产生具有中央质构值(center texture value)为约 20 gf-约 1000 gf、优选约 100 gf-约 500 gf 的马铃薯。

可以通过水浸泡、蒸汽、水浸泡和蒸汽的联合或微波将产品熟化足够的时间,以便达到:使淀粉部分糊化,以致如果需要可以在随后的步骤中(例如,干燥,油炸,焙烤或挤出)实现完全糊化;使造成褐变的酶(例如,多酚氧化酶)失活;并且使通过原果胶部分水解造成细胞分离导致组织软化的酶(原果胶是一种不溶性、高聚合形式的果胶,其与细胞壁结构有关联)致活。可以将产品粉碎,然后干燥。可以使用各种干燥方法将粉碎的产品干燥,例如,转筒式干燥,红外干燥,红外和转筒式干燥的联合,冷冻干燥,流化床干燥,提升式气流干燥或其联合使用。

本方法在干燥步骤之前还可以包括向湿的泥状物添加添加剂或任何物质(包括干薄片)的步骤,其中添加剂可有效改变泥状物的流变性。添加剂可以改变泥状物的粘度,并且可以有效补充泥状物的游离直链淀粉和/或支链淀粉含量。在一个实施方案中,在干燥步骤之前可以包括向湿的泥状物添加未改性的淀粉,并且其中淀粉选自小麦淀粉、玉米淀粉、木薯淀粉、稻米淀粉、马铃薯淀粉、燕麦淀粉、西米淀粉及其混合物。

本方法还可以包括添加化学试剂的步骤,以便使薄片中的马铃薯淀粉产生化学改性(即,琥珀酰化,乙酰化,磷酰化(phosphorylation)等)。这样可以使薄片中的马铃薯淀粉交联或取代或其它改性。添加剂的目的可以是改变泥状物的 pH(即,氢氧化钙,盐酸,柠檬酸等)。

本发明的另一个实施方案提供将物料干燥形成脱水制品的方法。该方法包括:(a)提供含有待干燥物料的湿的泥状物;(b)将湿的泥状物干燥,其中湿的泥状物的干燥包括以下步骤:

- (i) 提供第一能量源,选自传导加热源、对流加热源、红外能量源及其组合;
- (ii) 提供第二能量源,包括红外能量源;
- (iii) 形成湿的泥状物的层,泥状物层具有第一表面和对面的第二表面;
- (iv) 用第一能量源加热泥状物层的第一表面;并且

(v) 用第二能量源加热泥状物层的第二表面;

其中在加热泥状物层的第二表面之前, 将泥状物干燥至含水量小于约 50wt%; 并且其中加热泥状物层第一和第二表面的步骤的至少一部分是同时进行的。

在一个实施方案中, 第一能量源是蒸汽加热的转筒式干燥器。可以将泥状物的第一表面放置在转筒式干燥器的被加热的干燥表面并且通过红外源来加热对面的泥状物第二表面。

本发明的另一个实施方案提供脱水马铃薯。该脱水马铃薯薄片的平均维生素 C 保留率, 相对于形成马铃薯薄片所用的马铃薯物料中原始存在的维生素 C, 为至少约 7%; 并且薄片的相对吸光系数为小于约 1.5。

脱水马铃薯薄片可以具有相当于“L”值大于约 78 亨特单位、“b”值小于约 21 亨特单位并且“a”值为约-1 至约-3 亨特单位的色度。薄片中可以含有最多约 0.3 ppm、优选约 0.1-约 0.3 ppm 的 2-甲基吡嗪; 和最多约 2.7 ppm、优选最多约 1.5 ppm 的苯乙醛以及最多约 0.7 ppm、优选 0.1-0.6 ppm 的蛋氨酸 (methional); 并且游离直链淀粉含量为约 20-约 38%。

薄片可以用来加工形成弹性模量(G')为约 15000 帕斯卡-约 90000 帕斯卡、优选约 35000 帕斯卡-约 55000 帕斯卡并且粘度模量(G'')为约 3000 帕斯卡-约 15000 帕斯卡、优选约 5000 帕斯卡-约 10000 帕斯卡的面团。在本发明的一个实施方案中, 薄片和相应的面团可以用来制作加工的小吃制品。

本发明的一个重要优点是比常规工艺减少了产品损失并且增加了生产率。本发明的另一优点是消除了预熟化、冷却和优选地消除了去皮步骤, 由此明显减少了熟化时间和干燥期间的停留时间。这样可以减少成本和消除加工工业中遇到的高能量和高用水量所带来的费用。熟化时间的减少连同不用给马铃薯去皮增加了薄片制作过程的生产率。这是由于当将马铃薯部分熟化时马铃薯皮屑仍附着在马铃薯组织中, 并且没有形成皮圈。这样会使皮更粘附于转筒干燥器和马铃薯泥, 并且增加了以磅/小时计的生产率。在目前的薄片化工业中, 当加工未去皮的过熟马铃薯时, 皮通常情况下都会在转筒式干燥过程中经过最后一个涂敷辊时从泥

状物上脱落,增加了马铃薯的损失。

本发明的另一个优点是相比于通过常规方法获得的相应产品,脱水制品中较少形成降解产物并且保留了更多的营养(如维生素 C)、更多的风味产物母体和更多的总氨基酸。本发明的再一个优点是它提供的产品具有改进的颜色保留性、较少加工风味和较少细胞破碎率。无需理论支持,据信这是由于 a) 多酚氧化酶的失活和 b) 非酶性褐变反应率和泥状物在熟化和干燥过程中的停留时间的减少。术语“非酶性褐变反应”指其中含还原糖的物质当单独被加热或者在氨基酸、肽和蛋白质的存在下加热时产生深褐类黑精和其它化合物的反应,其中所产生的一些化合物会带来不期望的风味。

细胞破碎率的减少是由于熟化和干燥期间的较短停留时间。较少细胞破损会降低化合物从细胞中沥取出(例如 风味产物母体和营养素如维生素)。

附图描述

图 1. 图示了生马铃薯和马铃薯切片熟化各种熟化时间后的硬度。

图 2. 图示了联合使用转筒式干燥器和红外干燥时穿越泥状物层的热量和质量转移。

图 3A. 图示了根据本发明一个实施方案联合使用转筒式干燥器与红外加热面板对泥状物的干燥。

图 3B. 图示了根据本发明一个实施方案联合使用转筒式干燥器与红外加热面板对泥状物的干燥。

图 3C. 图示了图 3B 中红外加热面板沿转筒周边的排列,面板分 5 排排列,每排由 4 个面板。

图 4A、B、C: 使用标准熟化/干燥工艺制作的薄片中的马铃薯细胞的显微照片 (80X): 图 4A) < 50% 破碎细胞的实例, 图 4B) 约 50% 破碎细胞的实例, 图 4C) > 50% 破碎细胞的实例。

图 5. 联合使用转筒式干燥与红外加热制作的薄片中的马铃薯细胞的显微照片 (80X)。

图 6. 本发明的通过低程度熟化并且联合使用转筒式干燥与红外干燥制作的薄片中的马铃薯细胞的显微照片 (80X)。

图 7. 通过使用低程度熟化、共薄片化 (向马铃薯泥添加小麦淀粉) 和转筒式干燥联合红外干燥制作的薄片中的马铃薯细胞的显微照片 (63X)。

图 8. 图示了用不同工艺制作的可铃薯薄片的使用亨特刻度的色度值。

图 9. 图示了分散在乙醇中的马铃薯薄片的相对吸光度指数。

图 10. 图示了通过熟化不同时间加工的可铃薯薄片中的维生素 C 含量。

图 11. 图示了生马铃薯和熟化马铃薯的糊化焓。

图 12A. 图示了 IR 面板的功率对温度。

图 12B. 示意了 IR 面板设置和功率分布。显示了设置在转筒干燥器最低点时的 IR 面板和功率分布。

图 13A、B 和 C: 根据实施例 4 使用基准条件制作的薄片中的马铃薯细胞的显微照片 (80x)。

图 14A、B 和 C: 根据实施例 4 使用低程度熟化和添加小麦淀粉 (WS) 和转筒式干燥制作的薄片中的马铃薯细胞的显微照片 (80x)。

详细描述

本文中所说的“共薄片化”指在干燥前向马铃薯泥中添加附加的配料或化学品。

本文中所说的“共薄片化剂”指在干燥前向泥浆化操作中添加的物质或物质的混合物，以便改进泥状物的功能。

本文中所说的“低程度熟化”指仅需要使淀粉部分糊化并且使造成褐变的酶失活的熟化程度。

本文中所说的术语“加工的谷粉制产品”指由含得自植物块茎和/或谷物的面粉、粗粉或淀粉的面团制作的食物制品。

本文中所说的“内聚性面团”指能够放在光滑表面上并且被擀轧或挤出成所需最终厚度或通过模具口挤出而不会撕裂或形成孔的面团。本文中所说的“马铃薯泥”包括通过将脱水马铃薯与水混合制成的马铃薯产品。

本文中所说的“脱水马铃薯制品”包括(但不限于此)马铃薯薄片、马铃薯片状颗粒、马铃薯颗粒、马铃薯附聚物、任何其它脱水马铃薯物质及其混合物。

本文中所说的“片状颗粒”指 US 专利申请系列号 09/175,138“用脱水马铃薯片状颗粒制作的面团组合物”中描述的脱水马铃薯制品(1998.10.19 申请, Villagran 等), 该专利申请引入本文作为参考。片状颗粒是具有介乎薄片和颗粒之间功能的脱水马铃薯制品(片状颗粒定义为 WAI 为约 5.5-约 7 且%游离直链淀粉为约 9-约 19)。

本文中所说的“减少比”定义为常规产品与本发明产品中所选离子对应的风味化合物的峰面积之比, 描述于本文的“加热产生的挥发物”部分和本文的“对挥发性化合物同时进行蒸馏, 萃取和 GC 分析”分析方法中。

本文中所说的“快速粘度计单位 (RVU)”是与厘泊相关的一种粘度单位: 12 RVU 约等于 1 厘泊。

本文中所说的“纤维素类物质”指非淀粉类多糖, 对于马铃薯来说, 要区分其中的以下物质: a) 粗纤维, b) 纤维素, c) 果胶类物质, d) 半纤维素, e) 其它多糖。粗纤维是关于马铃薯在除去所有可溶物和大部分淀粉和含氮组分后的干物质的总称。纤维素存在于细胞壁的支撑膜中并且是马铃薯中非淀粉多糖的约 10-20%。植物的果胶类物质分成三类: 1) 原果胶, 2) 可溶性果胶和 3) 果胶酸。原果胶是一种不溶性的、与细胞壁

结构相关联的果胶的高聚合形式。原果胶占马铃薯总果胶类物质的 69-77%。新收获的马铃薯中存在低含量的可溶性果胶(Kroner and Volksen, 1950)。半纤维素是细胞壁组分(约 1%), 由混合的配糖链(含葡萄糖醛酸与木糖以及半乳糖醛酸与阿拉伯糖的组合)构成。

本文中所说的“总氨基酸含量”指可提取的游离氨基酸以及以蛋白质为形式的氨基酸或与其它分子相连或键合的氨基酸。“游离氨基酸含量”指容易提取并且不与其它分子相连或键合的氨基酸。

除非另有说明, 所有百分数均按重量计。

在本发明的方法中将着重描述脱水马铃薯薄片和颗粒的制备。此只为举例说明的方式并且本发明不限制于此。从最广义方面, 本发明的方法总体上说可以应用于制备脱水水果(例如, 桃、苹果、杏、梨、香蕉), 蔬菜(例如, 马铃薯、甘薯、甜菜、菠菜、洋葱、胡萝卜、芹菜、西红柿、密生西葫芦、花椰菜、蘑菇、豌豆), 谷物(例如, 大麦、燕麦、玉米、黑麦、小麦、稻米、苋菜属、西米), 薄片状佐料和香辛料/草本植物(例如, 大蒜、细香葱、欧芹、芫荽、多香果、姜、青辣椒、红辣椒、黑胡椒), 鱼片, 脱水乳等等。本发明还可应用于生产可以用于婴儿食品的薄片。

本发明的方法还可应用于其它含淀粉物料如胶以及药用物质。

可以使用制备常规马铃薯薄片、片状颗粒和颗粒用的任何可商购获得的马铃薯来制备本发明的脱水马铃薯制品。优选, 使用诸如(但不限于此)Norchip、Norgold、Russet Burbank、Lady Russeta、Norkota、Sebago、Bentgie、Aurora、Saturna、Kinnebec、Idaho Russet 和 Mentor 的马铃薯来制备脱水制品。

在本发明的一个实施方案中, 首先将生的整马铃薯洗涤。还可以将马铃薯切成任何尺寸的片。如果需要减小尺寸, 可以将马铃薯片切成约 0.125 英寸-约 0.75 英寸厚的切片。例如, 可以将片切成 1/4" × 1/4" 法式油炸马铃薯片或 1/8" × 1/8" 鞋带状马铃薯片。可以将马铃薯切片或碎片去皮、部分去皮或不去皮。优选, 将马铃薯部分去皮或完全不去皮。将马铃薯洗涤, 并且选择性地切片, 然后进行熟化步骤处理。可以通过

浸没在水中、常压蒸汽、低于一个大气压压力的蒸汽或大于一个大气压压力的蒸汽或者其联合来熟化马铃薯。将马铃薯碎片用蒸汽或浸没在水中熟化足够使淀粉部分糊化、减少酶性和非酶性褐变并且使马铃薯软化的时间，其中软化至可以将它们糊化的程度。

通过举例方式，可以将平均厚度为约 3/8 英寸-约 1/2 英寸的马铃薯切片通过本发明的低程度熟化方法，用约 200°F-约 250°F 的蒸汽熟化约 12-约 25 分钟，更特别是约 14-约 18 分钟。可以将鞋带状马铃薯片通过本发明的低程度熟化方法，用约 200°F-约 250°F 的蒸汽熟化熟化约 7-约 15 分钟，更特别是约 9-约 12 分钟。

在本发明另一个实施方案中，使用微波加热来熟化生的整马铃薯、马铃薯碎片或马铃薯切片。当使用切片马铃薯时，用微波熟化时必须仔细选择片的厚度以避免因内部驻波模式(干扰模式)引起的局部加热。马铃薯可以是未去皮、部分去皮或整个去皮的。优选，马铃薯是完整的且是未去皮的。当使用微波熟化平均厚度为约 3/8 英寸-约 1/2 英寸的马铃薯切片时，一般来说使用波长为约 900-约 2500 兆赫兹(MHz)的微波能量需要约 6-约 20 分钟，更特别是约 8-约 17 分钟。对整马铃薯来说，使用频率为 900-约 2500MHz 的微波能量通常来说需要熟化约 6-约 30 分钟，更特别是约 12-约 20 分钟。在熟化之前，可以用针在马铃薯的表面刺孔。熟化时间非常取决于场强、负荷和频率。

在本发明的一个优选实施方案中，使用整的马铃薯。马铃薯可以是未去皮或部分去皮的。优选，马铃薯是未去皮的。当使用部分去皮或未去皮的整马铃薯时，外皮起保护层作用，允许淀粉熟化的同时最低程度地破坏马铃薯组织。这样将减少马铃薯细胞的破碎率，并且减少随后单元操作中对马铃薯的损失(包括水溶液化合物)。使用未去皮或部分去皮的整马铃薯对避免过度加热外表面处的淀粉是有利的。这种淀粉的过度加热会导致淀粉溶胀，从而可以膨胀并且封闭表面，由此降低达到马铃薯中央的热传递速率。可以用水、常压蒸汽或低于大气压压力的蒸汽或两者的联合，或者使用空气对流干燥炉来熟化整的马铃薯。

优选，马铃薯的熟化是通过在合适温度下水浸泡足够的时间，以便

使淀粉部分糊化、使酶失活并且使马铃薯软化到它们可以被泥化的程度。在温度为约 176 °F (80 °C)-约 212 °F (100°C)、优选 185 °F (85°C)-约 212 °F (100°C)、更优选 188.6 °F (87°C)-约 212 °F (100°C) 的热水中, 可以在约 15-约 40 分钟、优选约 20-约 35 分钟内完成对平均大小为约 3-约 6 英寸的整马铃薯的如此熟化。在一个实施方案中, 马铃薯的大小可以是约 2-约 7 英寸 (马铃薯最长侧的距离) 并且可以熟化约 25 分钟。

马铃薯或马铃薯碎片熟化的实际温度和时间长度取决于被熟化的马铃薯的大小和熟化马铃薯所用的方法(即, 蒸汽压力, 煮制温度)。在常规方法中, 将马铃薯熟化到直至马铃薯中央的硬度从约 1000 gf 降低至约 40gf 为止。正常情况下, 在马铃薯的熟化过程中, 随着原果胶酶水解马铃薯细胞壁的原果胶, 组织变软。

根据本发明, 仅将马铃薯熟化预定量的时间(“低程度熟化”)。这个时间的预定量不大于达到淀粉部分或完全糊化和酶失活所必须的量, 同时使马铃薯的硬度维持在比常规方法明显较高的(约 90-200 gf)的程度上。熟化时间通过用质地分析仪(TA 仪器公司, New Castle, DE)测定马铃薯中心的硬度来确定。测定范围达到约 90-约 200 克力、优选约 120-约 180 克力、更优选约 130-约 150 克力说明马铃薯熟化到足以实现本发明的目的。图 1 显示了对生马铃薯和切片熟化各种熟化时间获得的曲线图。

接下来, 将熟化的马铃薯磨细, 生产湿的泥状物。熟化产物的磨细可以通过例如莱泥化(ricing)、泥化、绞碎或通过联合使用泥化和绞碎来完成。熟化马铃薯的磨细优选通过使用常规马铃薯绞碎机如 Lan Elec 绞碎机(#PC14AHD 型)将马铃薯绞碎、将马铃薯泥化、绞碎接着泥化或者通过使用普通压莱泥机或改进的压莱泥板(具有狭缝而不是孔口)来进行。这些狭缝还可以具有附加的锐利边缘以增强对整马铃薯的切割。

可以向泥状物中添加具有特定目的的各种配料(下文中称为共薄片化剂), 例如添加以下配料(但不限于此):

1) 为改进(即增加)游离直链淀粉, 可以向泥状物中添加天然淀粉、改性

淀粉和抗性(resistant)淀粉;

2) 为改进(即增加)支链淀粉, 可以向泥状物中添加改性淀粉、糯米、豌豆淀粉和糯玉米;

3) 为改变或改进泥状物粘度, 可以向泥状物中添加水解淀粉, 如麦芽糖糊精或玉米糖浆固体以及上述的淀粉;

4) 为改变泥状物的弹性, 可以向泥状物中添加树胶、蛋白质、纤维或化学品(即琥珀酸, 乙酰化酸, 磷酸, 羟基 propilation 等);

5) 为改进吸水性指数, 可以向泥状物中添加改性淀粉和/或树胶以及实现马铃薯淀粉化学改性的化学品;

6) 为改变泥状物中马铃薯细胞的细胞壁强度, 可以向泥状物中添加碳酸钙, 氯化钙, 氢氧化钙或其它钙源;

7) 为增强有益风味反应, 可以向泥状物中添加风味产物母体, 如氨基酸(例如蛋氨酸), 风味包胶剂如环糊精, 甜味剂, 乳制品(如非脂干乳, 乳清产品和酪乳), 香辛料和着色剂;

8) 为降低泥状物的细胞壁强度, 可以向泥状物中添加钙螯合剂如柠檬酸, 柠檬酸钠和其它阳离子螯合剂;

9) 为改变泥状物的 pH 以降低非酶性褐变, 可以向泥状物中添加酸性化合物(如但不限于抗坏血酸, 富马酸, 磷酸或其混合物)。

此外, 还可以添加改变含淀粉制品陈化的共薄片化剂。

可以向泥状物中添加淀粉("共薄片化"), 以便赋予脱水马铃薯薄片独特的特性。本文中所说的"淀粉"指得自诸如小麦、玉米、木薯、西米、稻米、马铃薯、燕麦、大麦、苋菜属的具有重复葡萄糖酐单元的天然或未改性的碳水化合物聚合物; 改性淀粉, 包括(但不限于此)水解淀粉如麦芽糖糊精、高直链淀粉含量玉米、高支链淀粉含量玉米、纯直链淀粉、化学取代的淀粉、交联淀粉及其混合物。"淀粉"还可以包括往回添加到泥状物的干燥的马铃薯薄片。

优选的淀粉是未熟化的淀粉, 其具有较小的淀粉颗粒粒度, 吸水性指数(WAI) 小于马铃薯淀粉(以致在熟化过程中淀粉溶胀的程度小于马铃薯淀粉)并且游离直链淀粉百分比大于相同熟化程度的马铃薯淀粉。添加

淀粉 (“共薄片化”)的好处包括: 1) 通过增加泥状物的表面多孔性以及泥状物的固形物含量, 由此减少了干燥达到薄片所需含水量的停留时间, 从而增加了生产率, 和 2) 增加了所得薄片的游离直链淀粉含量(在添加小麦淀粉的情形中), 其是形成用于小吃制造的面团片时是重要因素 (即给面团提供了内聚性)。

添加淀粉起许多功能。添加淀粉可增加新马铃薯泥的内聚性, 改善泥状物中的水分分布并且改善泥状物对转筒的粘附性。无需理论支持, 还相信小麦淀粉可间接防止马铃薯细胞的破裂, 这是通过在由相似条件下熟化的马铃薯淀粉提供的游离直链淀粉之外和之上给泥状物提供附加的游离直链淀粉。特别是, 小麦淀粉的游离直链淀粉否则将必须得通过马铃薯淀粉的延长熟化来提供。因此, 添加小麦淀粉允许在马铃薯薄片制造过程中的马铃薯部分或充分熟化, 而不是马铃薯的不均匀熟化。

表 1. 显示了马铃薯淀粉和其它淀粉之间的功能差异

淀粉	颗粒粒度(μm)	形状	糊化(℃)	吸水性指数	溶胀能力
马铃薯	15-100	卵形	56-66	8-12	> 1000
小麦	2-35	扁平形或椭圆形	52-63	3.5	521
稻米	3-8	多边形	61-77.5	3	19
玉米	5-25	多边形	62-72	4.5	24

染色显微镜研究表明在小麦淀粉颗粒中, 直链淀粉易于扩散到淀粉颗粒的外部并且扩散到水相中, 即使在糊化充分完成之前。这是它的溶胀能力较低的结果。剪切小麦淀粉糊可导致颗粒外层分裂, 从而导致从溶胀的颗粒外层中释放出分裂碎块。小麦淀粉糊受到剪切时发生的变化与马铃薯淀粉糊中观察到的变化相比是较小的, 当剪切完全改变了微结构时。马铃薯淀粉颗粒在糊化后容易碎裂。文献中提出破裂之前是溶胀颗粒的塌陷或空蚀, 使颗粒壁中产生节点或弱点。而且, 文献中提出小麦淀粉和马铃薯淀粉之间的差别在于淀粉颗粒中的直链淀粉分布。小麦

淀粉的直链淀粉位于颗粒的外部，溶胀后能够使直链淀粉沥出，而马铃薯淀粉的直链淀粉相对更接近颗粒的内部。

在实施本发明时，将约 0.5%-约 50%，优选约 2%-约 30%，更优选约 4%-约 15% 淀粉与湿泥状物混合。在混合期间，使淀粉均匀分布在泥状物中。对天然淀粉来说，得自稻米、小麦、豌豆、玉米或高直链淀粉含量的（即，30wt% 直链淀粉）的任何植物块茎或谷物。对改性淀粉来说，得自马铃薯、糯玉米、或高直链淀粉含量（> 50%）的任何植物块茎或谷物。然后，按照下述的工艺加工湿泥状物和淀粉的混合物。

如果需要，优选可以将至少约 0.1% 乳化剂添加到湿泥状物或泥状物/淀粉组合物中作为加工助剂。如果必需，也可以添加最多约 3%、优选最多约 1% 的较高含量的乳化剂，以便当泥状物太粘（例如由于熟化过头导致太多的破碎细胞）时复合游离直链淀粉。优选的乳化剂是部分氢化大豆油的蒸馏甘油单酸酯和甘油二酸酯。还可以使用本领域已知的其它在制作马铃薯薄片中适合作为加工助剂的乳化剂，例如乳酸酯、脱水山梨糖醇酯、聚甘油酯、卵磷脂。乳化剂通过几种机理起作用。首先是作为细胞中的游离淀粉的涂层，控制泥状物在干燥器上的粘性和粘附性，其次是在系统中提供润滑作用以控制由于过度剪切造成的细胞损伤。

还可以向湿泥状物/泥状物组合物添加其它可选成分，以改进脱水马铃薯薄片和马铃薯颗粒的储藏稳定性。通常使用各种稳定剂和防腐剂来改进所得薄片或颗粒的稳定性和质地。例如，可以将亚硫酸盐添加到湿的泥状物中，生产含约 150-约 200ppm 亚硫酸盐的脱水制品。如果使用的话，将干亚硫酸钠和亚硫酸氢钠作为亚硫酸盐添加到湿的泥状物中并且防止薄片和颗粒在加工和随后的储藏过程中颜色变深。可以加入最多约 10 ppm 总量的抗氧化剂如没食子酸丙酯、BHA（2 和 3-叔丁基-4-羟基-茴香醚）、BHT（3,5-二-叔丁基-4-羟基甲苯）和天然抗氧化剂如迷迭香、百里香、马郁兰和鼠尾草以防止氧化变质。可以添加足够在干燥的产品中达到约 200 ppm 的柠檬酸，以防止因存在铁离子而引起的变色。可以加入抗坏血酸以补偿加工过程中的维生素 C 损失。

下一个加工步骤是干燥或脱水步骤，用于形成脱水薄片或颗粒。在

本发明的实践中可以使用适合干燥马铃薯的常规设备。适宜的干燥器可以选自公知的干燥设备如流化床干燥器、刮板式热交换器、转筒式干燥器、冷冻干燥器、提升式气流干燥器等等。当生产薄片时，优选的干燥方法包括使用冷冻干燥、转筒式干燥、红外干燥、转筒式干燥与红外干燥的联合使用。当生产颗粒时，提升式气流干燥和流化床干燥是优选的。特别优选的干燥方法是利用转筒式干燥器和红外面板。

冷冻干燥可以使用常规冷冻干燥设备来进行。可以使用连续式方法或间歇式方法来干燥泥状物。适宜的冷冻干燥器包括接触式冷冻干燥器、速冻干燥器、辐射式冷冻干燥器、微波式冷冻干燥器、高频冷冻干燥器。优选，由于它们处理大容量的能力，使用接触式冷冻干燥器来干燥泥状物。优选，在进入冷冻干燥室之前，让泥状物以最低程度损伤马铃薯细胞结构的速率结冻。

或者，可以在开始冷冻干燥过程(即，加热，升华，蒸发)之前将马铃薯泥在冷冻干燥器的冷却室中冷冻。根据被干燥食物的类型和所用的冷冻干燥器的类型来确定精确的干燥条件。

当使用转筒式干燥器时，将泥状物通过传送装置送到转筒的顶表面。小直径未加热的辊不断将新的马铃薯泥涂敷到早已存在于转筒上的马铃薯泥部分，由此产生具有预定厚度的面片或层。小辊的圆周速度与转筒的圆周速度相同。在泥状物层沿转筒圆周一部分转动之后，刮刀通过将干燥的面片从转筒上剥离下来，将干燥的面片取下。典型来说，通过转筒内包含的压力为约 70 psig-约 140 psig 的加压蒸汽将转筒式干燥器本身加热至约 250 °F-约 375 °F。优选约 310 °F-约 350 °F，更优选约 320 °F (160°C)-约 333 °F。为达到最好的结果，适宜控制干燥器转筒的旋转速度和其内部温度，以便使最终产品的含水量达到约 5%-约 12%，优选约 6%-约 10%。典型来说，约 9 秒/转-约 25 秒/转，优选约 11 秒/转-约 20 秒/转的旋转速度便足够了。使用转筒式干燥器在马铃薯工业中是已知的。

优选的方法中使用单转筒干燥器，其中将湿的马铃薯泥以 0.005"-约 0.1"、优选约 0.005"-约 0.05"、更优选约 0.01 英寸厚度的薄片形式涂布到转筒上。

待湿的泥状物片状化和干燥之后, 将所得的干燥面片磨细, 例如, 用 Urschel Comitrol (Urschel Laboratories 公司制造, Valparaiso, 印地安那州)。可以使用最低程度损伤淀粉的任何磨细方法, 如碾磨、切割或粉化。

在一个特别优选的实施方案中, 通过同时使用转筒式干燥器与安置在干燥器外面的红外面板来干燥和薄片化湿的泥状物。

作为背景技术, 将马铃薯泥转筒式干燥成干燥的马铃薯薄片涉及了热量和质量的同时转移。随着热量从转筒式干燥器转移到薄片而使水分蒸发, 随水分迁移过薄片而出现了质量转移并且转移到周围环境。泥状物的内表面指与转筒式干燥器直接接触的泥状物表面。泥状物的外表面指与周围环境直接接触的相对泥状物表面。马铃薯泥的干燥速率受以下参数限制: 1) 从转筒式干燥器表面到泥状物的热量转移; 2) 穿越泥状物的热量转移; 3) 从泥状物到外部环境的热量转移; 4) 质量(水分)减少和由于泥状物随含水量降低而从转筒上分离引起的从转筒到泥状物的热量转移; 5) 穿越薄片的质量转移(水分); 和 6) 从泥状物外表面到周围环境的质量转移(水分)。

转筒式干燥器与红外加热的联合提供了改进的穿越泥状物层的热量转移和改进的从泥状物层的质量(水分)转移。图 2 图示了穿越泥状物层的热量转移和从泥状物层的质量(水分)转移。图 2 中, T_1 是转筒内部蒸汽温度, T_2 是转筒内部温度, S_1 是转筒壁的厚度, T_3 是转筒外部温度, T_4 是泥状物内表面温度, T_5 是泥状物干膜 F_{20} 与泥状物湿膜 F_{22} 接触面的温度, S_2 是干膜 F_{20} 的厚度, S_3 是湿膜 F_{22} 的厚度, T_6 是泥状物外表面温度, P_{v6} 是泥状物外表面处的蒸气压力, T_7 是周围环境温度, 并且 P_{v7} 是周围环境温度下的蒸气压力。 Q_{16} 是干燥转筒所提供的热流, Q_{IR} 是红外热源所提供的热流, Q_{67} 是来自泥状物外表面的热流并且 M_{67} 是水分从泥状物外表面的质量转移。

相比于仅使用干燥转筒的情况, 转筒式干燥器与红外加热的联合能够使相对较高的热流穿过泥状物并且提供给泥状物的外表面。泥状物外表面处的红外加热可以比常规方法提高泥状物的外部温度。无需理论支

持, 据信这样可以在泥状物的外表面产生较高的蒸气压力, 进而相信可以改进泥状物内部表面与转筒之间的接触。这种改进的接触减少了泥状物内表面与转筒在较低含水量处的分离, 因此改进了从干燥转筒到泥状物内表面的热量转移并且增加了干燥速率。

泥状物外表面的红外加热还减少了周围环境对外表面的冷却。外表面冷却导致在外表面处产生湿膜(由于冷凝), 从而减少了水分穿过泥状物到周围环境的质量转移。泥状物外表面的红外加热有助于消除该湿膜层, 从而增强了穿越泥状物厚度的热量和质量转移, 并且降低了泥状物的含水量。因此, 加速了干燥过程。

红外加热在干燥后期(泥状物含水量小于约 50%)特别有效。红外加热可最大程度降低泥状物外表面出现的质量转移瓶颈。用红外加热提高表面温度和蒸气压力增加了水分从泥状物外表面的质量转移, 提供了增加干燥速率的驱动力。红外加热器提供这个优点, 即使红外干燥器提供的热流强度比转筒式干燥器提供的热流强度低 1-2 个数量级。

净结果不仅增加了生产能力, 而且改进了薄片的品质, 这是由于邻近于热干燥器转筒表面的马铃薯细胞的停留时间较少。较少停留时间可减少风味产物母体和营养的分解反应。

当与常规干燥方法相比, 转筒和红外面板的联合本质上改进了泥状物的干燥性能。使用转筒式干燥器和红外面板具有许多优点。将这种干燥方法与本文所述的用于制备马铃薯泥的方法联合使用(1)明显增加了脱水马铃薯的生产速率; (2)与常规干燥器相比, 增加了在温和条件下干燥马铃薯泥的速度; 特别是(3)使产品具有比常规方法生产的马铃薯薄片较少的细胞损伤、较浅的颜色和较低的吸水性指数、较少的加工风味。使用红外加热器的优点在于加热器可以容易和准确控制。例如, 可以按与光的相同方式使加热器中放射的能量集中、聚焦、导向和反射并且可以将加热器分区, 以提供均匀加热或能量密度的定制分布。

干燥湿泥状物所用的设备包括蒸汽转筒式干燥器和红外面板。在干燥器外面安置电加热型红外面板, 使其辐射能量到在干燥器外表面上形成的物料上(例如, 湿的泥状物片)。湿的泥状物受两个干燥组件的作用。

一个组件是接触式干燥, 通过将热量引过转筒式干燥器的壁(即, 热量转移)。转筒式干燥器可以通过例如热水、蒸汽或加热回路来加热。典型地, 用约 70 psig-约 130 psig、优选约 85 psig-约 120 psig、更优选约 90 psig-约 100 psig 压力的蒸汽将转筒加热至约 250 °F (121.1°C)-约 400 °F (204.4°C)、优选约 320 °F (160°C)-约 380 °F (193.3°C)、更优选约 330 °F (165.5°C)-约 360 °F (182.2°C)。

适用的红外干燥面板发出约 0.7 微米-约 100 微米短至长波谱范围的波长。本发明中, 红外干燥面板的波长优选为约 0.7 微米-约 50 微米, 优选约 0.7-约 10 微米, 更优选使用约 0.7-约 0.9。优选, 红外面板的放射性可以通过热电偶控温调整设备控制。优选, 面板具有约 2 瓦/英寸²-约 40 瓦/英寸²、更优选约 3 瓦/英寸²-18 瓦/英寸²并且首选约 4 瓦/英寸²-约 12 瓦/英寸²的密度。这个密度含盖了面板的约 300 °F(148.8 °C)-约 1000°F(537.7°C)的温度输出。本文中所说的“密度”指每单位面积放射能量并达到面板温度所需要的功率。

可以使用的红外面板的实例(但不限于此)包括卤灯、非卤环灯、石英管灯、金属丝灯、灯管(burner tube)、金属鞘棒、面板加热器等的面板。面板的构型包括(但)双曲线形、凹形、椭圆体形、抛物线形。

此外, 红外能量可以使用单平板式面板、多面板、灯泡、点加热器, 线加热器, 条形加热器, 区域加热器和室加热器来提供。

将面板设置在沿转筒的周缘处, 以便给泥状物层的第二表面提供红外加热。优选, 将面板设置成泥状物首先仅被干燥器转筒干燥, 接着泥状物被干燥器转筒和红外源同时干燥。面板位于可以在泥状物层被干燥至含水量小于约 70%、更特别是小于约 60%、更特别是小于约 50 %、更特别是小于约 45%并且优选不超过约 40%之后给泥状物的第二表面提供红外加热的位置。在一个实施方案中, 面板的位置位于泥状物层被干燥至含水量约 30%-约 40%之后开始加热泥状物的第二表面。

面板所处的位置致使面板的红外能量导向泥状物的第二表面。湿马铃薯泥在通过刮刀从转筒上取下之前受红外辐射的作用。优选, 面板的位置尽可能接近泥状物的第二表面, 优选小于或等于约 2 英寸, 并且在

一个实施方案中小于约 1 英寸。

参看图 3A 所示的实施方案，马铃薯泥 20 沉积在干燥转筒 100 的表面，并且涂敷辊 210、220、230 和 240 在转筒 100 上提供具有预定厚度的泥状物层 22。泥状物层 22 具有与转筒 100 接触的第一表面 24 和对面的第二表面 26。显示有数个红外加热面板 300 与转筒 100 相关联。图 3A 中，面板所处的位置是在转筒顶部泥状物层开始沉积之后、并且泥状物在最后一个辊 240 下面经过之后，开始给泥状物层红外加热约 180 度或更多度。因此，在泥状物的第二表面被红外加热之前，与转筒接触的泥状物的第一表面被转筒加热，加热时沿转筒旋转了超过 90 度以上。在图 3A 所示的实施方案中，红外面板位于开始加热干燥器转筒底部的泥状物层。刮片 400 将干马铃薯制品 500 从转筒表面上取下。

在图 3B/3C 所示的实施方案中，红外能源包括五排 (300A-300E) 红外加热面板 300，每排包括四个面板。图 3C 中设置了编号为 301-320 的面板，以便覆盖转筒上介于最后一个涂敷辊 240 和刮片 400 之间的泥状物表面。

可以面板与面板和/或排与排之间独立地改变面板的各自温度。因此，可以沿转筒周边(排与排)或沿转筒整个宽度(一排间的面板与面板)变化施加给泥状物的红外热量。根据具体的涂敷情况，可以关闭一排或多排中的一种或多个面板。

制备脱水马铃薯薄片的一种优选方法包括以下步骤：(a) 使用微波能源使马铃薯熟化，将马铃薯绞碎并泥状化，并且 (b) 将马铃薯泥冷冻-干燥。制备脱水马铃薯薄片的另一种优选方法包括以下步骤：(a) 将生的未去皮的整马铃薯煮熟，(b) 将马铃薯绞碎并泥状化，并且 (c) 同时使用转筒式干燥器和红外面板干燥马铃薯泥。

或者，可以将湿马铃薯泥用于制备马铃薯颗粒、片状颗粒以及马铃薯泥、法式油炸马铃薯条或其它马铃薯制品。该方法包括根据上述方法使马铃薯熟化。将泥状物和“回加产品”(即先前干燥的马铃薯颗粒或薄片)合并。将湿泥状物与回加产品合并有助于减少湿泥状物中存在的水分含量。可以将各种量的回加产品与湿泥状物合并。通常来说，泥状物中

含有约 50%-约 85%、优选约 75%-约 80% 的回加产品，取决于最终颗粒所需的含水量。添加泥状物的结果使产品的温度下降至约 145 °F (62.7℃)-约 155 °F (68.3℃) 范围。

在干燥马铃薯颗粒和片状颗粒之前还可以向泥状物中添加淀粉。制备片状颗粒的过程不同于常规制粒过程，不同点是：a) 在片状颗粒制作过程中马铃薯不去皮；b) 最大程度减少熟化前的马铃薯预熟化和冷却；c) 控制和缩减调理 (conditioning) 时间和后冷却。这些条件使片状颗粒当与其它配料混合形成面团，如制造成形油炸片用的面团时，具有较纯洁的风味、增加的游离直链淀粉、增加的吸水能力以及产生合意的流变性。取消去皮确保了不会使马铃薯外表面加热过头，避免细胞溶胀和增加热量和质量转移到马铃薯中心。取消片状颗粒加工中的预熟化、预冷却，调理和后冷却，保证了对细胞膨胀，细胞破碎的控制并因此控制了干制品的吸水能力。

在片状颗粒或颗粒加工中，可以将淀粉直接添加到泥状物中或者与回加干物料混合。或者，可以将淀粉直接作为回加干物料。淀粉可以在不同的添加点加入，达到特定的停留时间和温度，以便使淀粉达到各种糊化程度，减少附聚并且形成均匀的泥状物。向片状颗粒过程加工 (以及在薄片化过程中) 添加淀粉具有许多潜在的益处：1) 当熟化时间明显减少造成限制细胞破碎率时，作为游离直链淀粉的来源，2) 可以增加片状颗粒的吸水能力而不引起附聚问题，和 3) 通过增加泥状物的固形物百分含量而增加了干燥速率。

在经过泥状化和混合之后，将合并的泥状物在约 100 °F (37.7℃)-约 110°F (43.3℃) 下冷却。冷却通常在振动冷却器或流化床中用常温或约 70 °F (21.1℃) 的新鲜空气以小于约 1 分钟的停留时间来完成。当然，冷却的时间可以取决于所存在的泥状物的体积来改变。冷却对所得颗粒的吸水能力和风味具有显著的影响。冷却的程度将决定淀粉凝沉的程度和细胞膨胀的程度。

在将干燥后的回加产品与熟化的马铃薯泥混合之后，可以进行调理。泥状物的调理一般来说通过将泥状物放在带子上约 4-约 60 分钟来进行。

在此期间，马铃薯泥随水分从较湿的泥状物颗粒迁移到回加物料流的干颗粒而平衡并且出现淀粉凝沉现象。调理结束时的颗粒粒度分布测定对确保不存在起粒或结块现象(因回加过程引起的)是关键。如果在回加了循环利用的物料之后，形成了大量的颗粒，则颗粒粒度分布将会由于大量颗粒吸收有限的水分而继续增大。然后，将冷却后的泥状物混合。进行混合以破坏调理步骤过程中形成的任何附聚物。

然后，用例如旋风分离器或提升式气流干燥器使用约 450 °F 热空气将马铃薯颗粒和片状颗粒空气干燥至含水量为约 16%，并且筛选将颗粒分离成各种颗粒粒度(即，造粒)。筛选一般是为了分离产品的不同主要部分(不同颗粒粒度分布)，将其分为三组：1) 粗物料，包括生马铃薯的大碎片和一些皮(用于动物饲料)，2) 中间颗粒粒度，其回加到泥状物中以降低含水量，和 3) 细物料，将其最终干燥。令人满意的造粒对达到使颗粒具有合意的物理性能是非常重要的，包括形成具有最小破碎率的单个细胞。当潮湿混合料的含水量为约 25%-约 45%时，对造粒来说是最佳的。

最终的干燥可以在流化床中以降低含水量至约 16%-约 6%。然后将颗粒在室温下冷却。

马铃薯薄片的物化性质

马铃薯种类、比重、薯龄、储藏、还原糖含量和加工条件影响着马铃薯薄片的物化性质。用于马铃薯薄片去皮、熟化和脱水的方法是最终脱水制品物理性质和总体品质的最主要决定因素。可以改进薄片的生产工艺来生产适合给定用途的薄片。通过这种改进可以生产出具有一定范围吸水指数、游离直链淀粉含量、糊状物粘度的薄片和/或具有低含量热降解产物、高含量维生素 C、改进的颜色保留性、较少加工风味和较少细胞破碎率的薄片。所期望的物理性质取决于脱水制品加工过程中所用的步骤。加工步骤影响着破碎细胞的含量以及细胞膨胀的程度，这些又影响着薄片的物理性质(例如颜色和 WAI)和组成(例如营养素和风味产物母体)。

据发现,某些加工步骤会使薄片具有独特和意想不到的超出常规生产的薄片的优点。使用本发明加工步骤获得的一些独特和意想不到的优点如下:

(1) 使用上述的熟化方法("低程度熟化")和转筒式干燥可以使薄片具有:

- (a) 增加的维生素 C;
- (b) 较少的破碎细胞;
- (c) 较浅的颜色;
- (d) 较低的 WAI;
- (e) 较低的游离直链淀粉百分比; 和
- (f) 较低浓度的斯特雷克尔 醛 (蛋氨酸, 苯乙醛, 2-甲基丁醛, 3-甲基丁醛)。

(2) 使用上述熟化方法 ("低程度熟化"), 并且在转筒式干燥之前向泥状物中添加淀粉 ("共薄片化")可以使薄片具有:

- (a) 增加的孔径;
- (b) 增加的游离直链淀粉含量;
- (c) 增加的峰值和最终糊状物粘度; 和
- (d) 较浅的颜色;
- (e) 较少的破碎细胞
- (f) 较低浓度的斯特雷克尔 醛 (蛋氨酸, 苯乙醛, 2-甲基丁醛, 3-甲基丁醛)。

(3) 使用上述的熟化方法("低程度熟化")和转筒式干燥联合红外干燥 ("红外")会使马铃薯薄片具有:

- (a) 较低的吸水性指数,
- (b) 较低的峰值和最终糊状物粘度
- (c) 增加的维生素 C,
- (d) 较低浓度的斯特雷克尔 醛 (蛋氨酸, 苯乙醛, 2-甲基丁醛, 3-甲基丁醛); 和

(e) 比对照薄片更浅的颜色 (即, 薄片化过程中较少的褐变)。

(4) 使用上述熟化方法 ("低程度熟化"), 添加淀粉 ("共薄片化") 和转筒式干燥联合红外干燥 ("红外") 使薄片具有:

(a) 较少的破碎细胞,

(b) 较低的 WAI,

(c) 增加的游离直链淀粉含量,

(d) 较浅的颜色

(e) 增加的维生素 C; 和

(f) 增加的多孔性

(g) 较低浓度的斯特雷克尔 醛 (蛋氨酸, 苯乙醛, 2-甲基丁醛和 3-甲基丁醛)。

优选的脱水薄片通过以下方法来生产, 其中 (1) 通过煮制、汽蒸或其二者的联合熟化整马铃薯、马铃薯碎片和/或切片, 然后将马铃薯绞碎和泥化; 联合使用红外加热和转筒式干燥将泥状物干燥; 和 (2) 前述方法, 其中在红外加热和转筒式干燥之前, 将未糊化的淀粉添加到泥状物。

吸水性指数 (WAI)

吸水性指数是表示含淀粉物质如马铃薯薄片持水能力的参数。它与马铃薯细胞在熟化/糊化期间的溶胀程度成正比。吸水性指数还是对细胞破碎的间接测定。原料马铃薯具有低吸水性, 随着在熟化步骤过程中淀粉开始糊化吸水性增加, 并且在干燥过程中随细胞破坏增加而继续增加。延长的熟化时间以及转筒式干燥期间的高温和停留时间都可以使马铃薯薄片的吸水性指数增加到一定程度, 之后细胞壁崩溃并且吸水性下降。这种 WAI 一开始随熟化时间/温度增加而增加至最大 WAI、随后 WAI 随熟化时间进一步增加而降低, 至少部分地符合被熟化的含淀粉物质的糊状粘度与熟化温度之间的函数关系。

向转筒式干燥引入第二能量源如红外加热, 可以明显降低马铃薯泥

在转筒上的停留时间。这样可以较少破坏马铃薯细胞，表现为较少细胞膨胀和较少细胞破碎，其还与吸水性指数较低的薄片有关。通过明显降低未去皮马铃薯的熟化时间制作的马铃薯薄片可以由于淀粉糊化和马铃薯细胞膨胀程度较低而降低吸水性指数值。脱水马铃薯薄片的吸水性指数还可以通过添加其吸水性明显低于干燥前马铃薯泥的物质来改变，如添加天然小麦淀粉。薄片的吸水性还受用作共薄片化剂的物质的特定 WAI 影响。加入小麦淀粉可以降低所得薄片的 WAI。

在成形油炸片的制作过程中，据信 WAI 与油炸过程中将被最终产品吸收的油的数量和油炸期间产品膨胀的程度有关。还认为 WAI 与马铃薯油炸片中较高固体含量的马铃薯所吸收的脂肪的降低有关。

本发明脱水马铃薯薄片所具有的吸水性指数(WAI)的范围为约 7.5-约 11，优选约 7.7-约 10；并且更优选 约 8-约 9。

游离直链淀粉的百分比

本发明生产的脱水马铃薯还优选含有至少 14%、更优选至少 18%、更优选至少 20%的游离直链淀粉。直链淀粉的百分比是对马铃薯薄片中游离淀粉的测定。成品脱水马铃薯薄片中游离直链淀粉的含量受马铃薯的熟化程度及干燥前游离直链淀粉与单酸甘油酯的复合程度以及磨碎程度的控制。而且，游离直链淀粉的含量可以通过在薄片化过程中添加含高直链淀粉含量的淀粉(例如小麦淀粉，改性玉米淀粉，稻米淀粉，豌豆淀粉)来增加。如果在加工过程中将淀粉添加到泥状物中，则脱水薄片可以含有约 14%-约 30%、更特别是约 19%-约 26%、更特别是约 20%-约 24%的游离直链淀粉。

联合使用红外加热与转筒式干燥，由于较少细胞膨胀和细胞破碎，可减少成品薄片中的游离直链淀粉含量。

在成形小吃的制造中，特别是片状产品的制造中，游离直链淀粉的百分比对确保面团在高速加工性能下的良好成片性是非常重要的。面团中低含量的游离直链淀粉常常会导致存在针孔。因此，在成形小吃的制造中，高含量的游离直链淀粉是合意的。然而，随着熟化时间减少或者

通过减少干燥期间的停留时间(如通过使用红外加热)导致细胞破碎的程度降低,游离直链淀粉的含量趋于减少。因此,本发明一个方面的方法是将低程度熟化和红外干燥与向湿的泥状物添加另一种游离直链淀粉来源结合起来。添加游离直链淀粉在颗粒的制造中是特别重要的,其中可溶性淀粉的含量可以非常低。

向湿的泥状物添加支链淀粉相对较高的添加剂或配料也是合意的。例如,可以添加糯质玉米淀粉来增加泥状物的支链淀粉含量,这样可以增加成形片的吸水性和膨胀性(如果将淀粉预糊化)。通过向泥状物中添加糯质淀粉、改性淀粉、交联淀粉、取代淀粉、速溶淀粉及其组合,可以产生不同的质地。

可以在面团中使用高含量的片状颗粒或颗粒,以便可以通过掺加在油炸过程中产生面团膨胀并且增加挤出片中面团内聚性的附加淀粉来制作成形片。可以向泥状物中添加高支链淀粉含量的添加剂,特别是糯质淀粉,来增强面团的挤出性。正常情况下,脱水马铃薯不是用于挤出的特别优选的原料。然而,据信通过向马铃薯泥添加糯质淀粉或改性淀粉,可以增强最终的脱水马铃薯对剪切、温度和压力的耐受性,从而可以达到内聚性面团和良好的产品膨胀。

破碎马铃薯细胞的百分比

马铃薯细胞定义为被纤维素类物质包围着的独立小囊,其中不仅含有支链淀粉和直链淀粉,还含有水溶性风味产物母体以及营养素、矿物质、脂类、蛋白质及其组合。

在含淀粉物质如马铃薯中,在淀粉的熟化期间,细胞膨胀,尺寸增加由此使淀粉的溶胀力增加(取决于马铃薯的固含量百分比,马铃薯的种类,薯龄等)。在薄片化操作中,主要目的是使马铃薯脱水,同时不引起对产品品质的明显的损害,其表现为细胞分离和最小程度的细胞破坏。常规的教导是必需要将马铃薯完全熟化(淀粉完全糊化),并且必需要将马铃薯热烫,才能获得具有一定品质的产品和防止过度褐变。本发明没有使淀粉完全糊化而获得高品质的马铃薯薄片,将未糊化的部分留待在

随后的加工步骤中(油炸, 焙烤, 挤出等)糊化, 并且提供了具有较浅颜色的薄片而无需对马铃薯进行附加的热烫。

一些参数是借助使用光学显微镜根据马铃薯细胞的形态测定的: 包括破碎细胞的百分比, 细胞膨胀和细胞间隔。

细胞间隔是淀粉水合、溶胀和糊化期间细胞之间的距离。在熟化过程中, 细胞间隔发生变化(增加)。细胞破碎的发生起因于熟化和干燥过程中的时间和温度分布, 以及干燥和磨碎过程中施加给马铃薯泥的剪切。磨碎严重破坏马铃薯细胞。通过控制磨碎的方法、磨碎的条件和磨碎的程度, 可以明显减少破碎细胞的含量。从而使成形小吃的质地更稠密, 类似于常规的小吃片(如由切成片的马铃薯制作的马铃薯油炸片)。当马铃薯细胞破碎时, 游离直链淀粉渗出细胞, 增加了泥状物的粘性。过度的粘性通过添加单酸甘油酯以复合一些游离的直链淀粉来抵消。在本发明中, 仅将马铃薯熟化至引起部分细胞分离、特定细胞膨胀和最少量破碎细胞的程度。

破碎细胞的百分比通过光学显微镜来测定并且是泥化、菜泥化、绞碎和/或磨碎过程中熟化程度和淀粉破坏程度的指示。大量的破碎细胞说明加工条件不合适, 如熟化过头, 干燥期间过热或使用了太强的剪切和/或使用了施加太强剪切的装置(例如锤式研磨机)来减小马铃薯颗粒粒度等。通过实施本发明生产的脱水马铃薯薄片中含有小于约 70%的破碎细胞, 优选小于约 40%的破碎细胞, 更优选小于约 30%的破碎细胞, 更优选小于约 25%, 并且更优选小于约 20%的破碎细胞。当在泥状物中掺入淀粉并且当使用红外加热和转筒式干燥来干燥泥状物时, 破碎细胞的含量出人意料地减少。

使用图 4A 和 4B 作为对照参考, 以举例说明测定和识别破碎细胞的方法。这些显微照片(在 80x 放大率下光学显微镜图象)显示了具有不同破碎细胞含量的马铃薯薄片试样。图象中的箭头显示破碎细胞。图 4A 显示了含小于 50% 破碎细胞的试样。图 4B 显示了含大于 50%破碎细胞的试样。

图 4C 也是 80x 下的光学显微镜图象, 显示了使用马铃薯薄片常规制

作方法制作的薄片中的约 50%的破碎细胞。

图 5 是一光学显微镜图象的显微照片，显示了根据本发明一个实施方案制作的马铃薯薄片试样，其中联合使用红外干燥和转筒式干燥来干燥马铃薯薄片。破碎细胞的含量小于 20%。

图 6 是一马铃薯薄片细胞光学显微镜图象的显微照片，其中所说的马铃薯薄片细胞是用整马铃薯、低程度熟化及联合使用红外干燥和转筒式干燥来制作的。破碎细胞的含量约 25%。破碎细胞的这个含量可以归因于在未糊化碎片的存在下对马铃薯泥的剪切作用。

图 7 是一马铃薯薄片细胞光学显微镜图象的显微照片，该薄片是通过用蒸汽将马铃薯低程度熟化不超过 15 分钟(切片的，部分去皮的)形成泥状物，向泥状物中添加小麦淀粉然后联合使用红外加热和转筒式干燥来干燥泥状物制成的。破碎细胞的含量为约 10%。在细胞周围明显存在有糊化的小麦淀粉。

总孔面积

使用 Micromeritics PoreSizer 9320 汞式孔隙计(Micromeritics, Norcross, GA)来测量孔体积和侵入数据。将试样放入孔隙计中并且浸泡在汞中。将压力逐步增至 30,000 psia，并且汞流到颗粒之间且侵入孔之中。检测侵入的量并且用来计算结果。孔体积和孔面积计算中使用的相应等式如下：

体积 = $\pi d^2/4 * L$ 是圆柱体的体积，其中 d 是孔的直径并且 L 是孔的长度。假设 $L = d$ ，此种情形中体积等于 $\pi d^3/4$ 。

孔的壁面积 = $\pi d * L$ 不计孔的底表面和顶表面。

下表 2 显示了相对于使用常规方法干燥的薄片，本发明的红外干燥(“IR”)联合转筒式干燥降低了薄片的总孔面积。在 IR 联合转筒式干燥之前向马铃薯泥添加小麦淀粉所提供的孔面积低于常规干燥薄片、但高于不添加小麦淀粉并且用 IR/转筒式干燥制作的薄片。表 2 还展示了相比于常规干燥的薄片的堆积密度，本发明用 IR/转筒式干燥的试样的堆积密度降低。

表 2. 马铃薯薄片的总孔面积

试样	总孔面积(平方米/克) (三个测量值的平均数)	平均堆积密度 (g/cc)
常规转筒式干燥	4.09	0.726
IR/转筒式干燥	3.69	0.503
小麦淀粉共薄片化和 IR/转筒式干燥	3.74	0.567

通过本发明红外干燥联合转筒式干燥生产的脱水薄片所具有的总孔面积为小于约 4 平方米/克, 并且在一个实施方案中为约 3 平方米/克-约 3.8 平方米/克。无需理论支持, 据信通过减少马铃薯在转筒表面上的停留时间可使孔径变小, 这可与较低含量的破碎细胞发生联系。据信, 随着马铃薯细胞破碎, 早已糊化并因此溶胀的支链淀粉从细胞中释放出来, 吸收水分并且降低水分和直链淀粉的迁移性。这可能会导致孔径增加和干燥马铃薯片厚度的增加。而且, 随着破碎细胞含量减少, 含有支链淀粉并且支链淀粉不吸收过多量的水分, 从而可以导致从转筒式干燥器上脱落下较薄的马铃薯物料片。

水分

脱水马铃薯薄片中含有约 5%-约 14%、优选约 5%-约 12%、更优选约 6%-约 9%、更优选约 7%-约 8%的水分。马铃薯薄片的最终含水量是控制维生素 C(以及其它营养素)保留率的因素之一。薄片的含水量越高, 维生素 C 含量越高。然而, 在高含水量下薄片的稳定性由于霉菌生长和/或氧化反应而变差。

颜色

食物中存在四种类型的褐变反应: 美拉德反应, 焦糖化, 抗坏血酸氧化和酚酶褐变。前三种是非酶性的(有时, 抗坏血酸的氧化是由酶催化的)。脱水的水果和蔬菜无论是生的原料在加工过程中还是在储藏过程中

都受所有这三种类型的褐变。酶性褐变发生在浅色水果和蔬菜的切割表面，如苹果，马铃薯等。马铃薯的切割表面与空气接触由于酚被酶性氧化成邻醌(orthoquinone)而引起快速褐变，进而聚合形成褐色色素或黑素。催化这些反应的酶是：酚酶，多酚氧化酶，酪氨酸酶或儿茶酚酶。酪氨酸是大部分植物组织中某些酚酶的主要底物，以及绿原酸(O. Fennema, 1985)。储藏期间发生的生化变化也会造成产品变味和产生异味以及变色。

本发明的另一个优点是它可以生产具有改进颜色的脱水物料。据信，这不仅是由于引起酶性褐变的酶(多酚氧化酶或酚酶)被失活，而且据信还由于本方法降低了非酶性褐变反应，非酶性反应是氨基酸和还原糖之间的一种反应(美拉德反应)。美拉德反应也会引起脱水薄片颜色的变化。无需理论支持，据信本发明薄片的改进颜色至少部分地归因于本发明的改进方法导致的停留时间的减少。在通过焙烤、干燥或油炸制作成形小吃的方法中，控制美拉德反应是重要的。可以优选还原糖含量小于约4%、优选小于约3%、更优选小于约2%的含淀粉物质。例如，对油炸小吃来说，优选低还原糖(即<1.5%)的马铃薯，因为油炸期间褐变反应会较少。

可以分析薄片试样的颜色变化，对作为干配料(亨特色度计)和可溶性组分(光度测定)的薄片试样都作分析。

表 3. 马铃薯薄片的“a”、“b”和“L”亨特色度计测定值

试样	IR	熟化	添加剂	a	b	L
S	IR/950°F	*对照熟化	10%WS	-2	13.9	85.4
V	IR/950°F	*对照熟化	无	-1.6	17.4	79.6
BB	IR/950°F	整马铃薯在水下	无	-.3	19.1	73.6
L	IR/360°F	整马铃薯在水下	10%WS	-1.8	16.6	81.6
B	没有 IR	蒸汽 15 分钟/ 1/4" 切片	10%WS	-1.5	14.4	80.6
O	IR/360°F	整马铃薯在水下	10%麦芽糖糊精	-1.8	17.7	77.9
N	没有 IR	整马铃薯在水下	10%麦芽糖糊精	-1.9	16.9	78.7
CC	没有 IR	*对照熟化	无	0.4	22.7	77.3
U	没有 IR	整马铃薯在水下	无	2.2	20.7	66.6
DD	没有 IR	*对照熟化	10%WS	-1.2	17.8	82.4
AA	IR/950°F	法式油炸马铃薯用 切片 1/4"x1/4"	无	-0.7	17.5	78.9
M	没有 IR	整马铃薯在水下	10%WS	-1.6	15.5	82.4
EE	没有 IR	法式油炸马铃薯用 切片 1/4"x1/4"	无	0.7	20.3	75.4
Q	IR/360°F	蒸汽 15 分钟/ 1/4" 切片	10%WS	-1.3	13.8	81.2
对照 1	没有 IR	*对照熟化	无	5.3	19.3	80.8
对照 2	没有 IR	*对照熟化	无	5.2	21.2	77.6
对照 3	没有 IR	*对照熟化	无	3.6	18.7	82.6
对照 4	没有 IR	*对照熟化	无	4.3	20.6	74.8
对照 5	没有 IR	*对照熟化	无	5.5	25.4	75.8
对照 6	没有 IR	*对照熟化	无	3.6	20.4	79.5
对照 7	没有 IR	*对照熟化	无	5.3	23.3	74.4

*对照熟化 = 蒸汽 40 分钟/ 1/2"切片

本发明生产的脱水马铃薯薄片一般来说比常规薄片化方法生产的马铃薯薄片的颜色浅。使用亨特色度计(HunterLab, Reston, VA)测定颜色的亮度。该仪器模拟人眼看到的颜色感觉。“L”、“a”和“b”是色板中的坐标。“L”刻度范围是从黑到白,“a”是从绿到红并且“b”是从蓝到黄。含淀粉的马铃薯薄片通常具有比常规方法生产的马铃薯薄片较高的“L”值和较低的“a”和“b”值。

一般来说,根据下述过程用亨特色度计测定,本发明生产的马铃薯薄片具有大于约 78 亨特的“L”值、小于 0 亨特的“a”值和小于 21 亨特的“b”值。优选,本发明的薄片具有约 79-约 86、优选约 80-约 85、更优选约 81-约 83 亨特的“L”值。本发明制备的马铃薯薄片具有约-1 至约-3、优选约 1.3 至约-2.7、更优选约-1.6 至约-2.5 亨特的“a”值。本发明生产的薄片还具有约 13.8-约 21、优选约 17-约 19、更优选约 16.5-约 17.5 亨特的“b”值。图 8 显示了使用亨特色度计比较用不同方法制作的不同薄片的色度读数。

表 3 显示了使用不同加工条件制作的薄片的色度读数。

本发明的薄片还可以通过测定薄片可溶性组分的吸收特性来分析。本发明薄片的吸光度扫描包括一个在 260-280 nm 范围处的峰,其是蛋白质的典型范围。酪氨酸是引起马铃薯果肉变黑(所谓的酶性变色)的马铃薯中的游离氨基酸之一。在来自蛋白质的天然氨基酸中,色氨酸、酪氨酸和苯丙氨酸吸收紫外线光并且分别在 278、274.5 和 260 nm 处具有最大吸光度。本发明制造的薄片,包括用 IR 加热和小麦淀粉共薄片化制造的薄片,比常规薄片显示较低的吸光度。

本发明马铃薯薄片的相对吸光度指数低于常规薄片。相对吸光度指数(RAI)定义如下:

相对吸光度指数 = $A_s/0.042$, 其中 A_s 是试样在 265nm 下测定的吸光度。

本发明马铃薯薄片的相对吸光度指数小于 2,更特别是小于 1.5,并且在一个或更多实施方案中小于 1.25。图 10 显示了对照薄片和新薄片的相对吸光度。表 4 显示了常规薄片以及本发明制造的薄片的 RAI 值。

表 4. 不同方法生产的马铃薯薄片的相对吸光度指数值

	RAI	实际吸光度@265nm
常规马铃薯薄片	2.1	0.0882
低程度熟化, 共薄片化(小麦淀粉)和红外/ 转筒式干燥	1.26	0.053
红外/转筒式干燥	1.02	0.043
共薄片化(小麦淀粉)	1	0.042

马铃薯泥(熟化马铃薯)的坚实度

马铃薯泥的坚实度定义为将熟化的马铃薯从容器顶部向下反向挤压到容器体积的 75%所需要的力。其是对熟化马铃薯的粘度的间接测定。马铃薯泥的坚实度不仅受马铃薯种类、马铃薯固含量和薯龄/储藏条件的影响, 还受加工条件如熟化器中的停留时间和压力的影响, 并且还受添加到泥状物中的共薄片化物料的影响。

熟化马铃薯的坚实度(属流变参数之列)可以影响转筒式干燥操作。马铃薯的坚实度随熟化时间的降低而增加, 这可能是由于纤维素类物质的有限软化和/或原果胶的部分水解和部分淀粉糊化。正常情况下, 在常规的转筒式干燥操作中, 将相对坚实的马铃薯碎片加工成脱水马铃薯薄片同时不引起操作上的问题是困难的。例如, 将相对坚实的马铃薯物料均匀分布到带有涂敷辊的转筒上是困难的。而且, 相对生的坚实马铃薯碎片很难粘附在转筒表面并且落到位于转筒式干燥器底部的涂敷辊上。从而可能导致熟化马铃薯不均匀分布在转筒表面, 明显降低生产速率。

根据本发明, 可以将马铃薯低程度熟化(因而相对坚实), 接着给相对坚实的马铃薯使用共薄片化剂如小麦淀粉。添加共薄片化剂降低马铃薯泥的坚实度。例如, 添加 10%的小麦淀粉可以使马铃薯的坚实度降低约 50%, 从约 1,800 gf 降低至约 860 gf (使用 35mm 压缩盘测定; 当使用 45 mm 盘时, 测定的坚实度值从约 12,400 下降至约 7,434 gf)。因此, 可以获得坚实度降低的马铃薯, 同时避免了使马铃薯物料熟化过头或不均匀

熟化的缺陷。根据本发明，可以对马铃薯物料进行低程度熟化联合加入小麦淀粉的处理，以提供坚实度为约 700 gf-1800 gf、更特别是约 800 gf-约 1200 gf（使用 35mm 压缩盘测定；当使用 45 mm 盘时，测定的坚实度值为约 5,000 gf-约 16,000 gf）的马铃薯泥。

面片厚度

面片厚度不仅是转筒速度、转筒式干燥器蒸汽压力、熟化时间和马铃薯固含量的函数，还是存在泥状物中添加的其它物料的函数。加入 15% 小麦淀粉可以对从转筒式干燥器中脱落的面片的厚度产生大的影响。向转筒上的马铃薯泥的外表面附加红外加热也可以降低面片的厚度，特别是在较高 IR 面板温度下，通过减少片在转筒上达到目标含水量的停留时间。根据本发明的方法，转筒上的面片厚度为约 0.005-约 0.02 英寸。

维生素 C

马铃薯是维生素 C 的丰富来源，并且可以包含两种类型的维生素 C：L-抗坏血酸和脱氢抗坏血酸。马铃薯块茎中这两种酸的总量为 1-54 mg/100g，最常见是约 10-25 mg/100g。

马铃薯薄片中存在的维生素的量取决于新鲜马铃薯中存在的维生素 C 的量，其取决于马铃薯的种类、生长条件和储藏条件。马铃薯薄片中的维生素 C 保留率还受加工条件（去皮，熟化，干燥，磨碎）、脱水马铃薯薄片的最终含水量和直至用作其它产品的原料为止的储藏条件的影响。

本发明方法生产的马铃薯薄片，与通过常规方法生产的马铃薯薄片相比，保留了更多的新鲜马铃薯中的维生素 C。据信这是由于熟化时间的减少和在转筒式干燥过程中的停留时间的减少。本发明制备的脱水马铃薯薄片中可以含有约 3 mg 维生素 C/100mg 马铃薯固体-约 30mg 维生素 C/100mg 马铃薯固体。相对于形成马铃薯薄片用的马铃薯物料中原始存在的维生素 C，本发明的脱水马铃薯薄片的平均维生素 C 保留率为至少约 7%，并且在一个实施方案中为至少约 15%。平均维生素 C 保留率通过求三种或更多种脱水薄片试样的百分维生素 C 保留率的平均值来测定。百分

保留率 (% 保留率) 是脱水薄片试样中维生素 C 的量 (mg/100 g 马铃薯固体) 与制作薄片用的生马铃薯中维生素 C 的量之比乘以 100。

图 10 显示了马铃薯薄片的维生素 C 浓度是熟化时间的函数。表 4 显示了生马铃薯物料的维生素 C 含量 (32 mg/100g) 以及三种不同方法制作的脱水薄片的 % 保留率: 1) 常规的转筒式干燥加工; 2) 联合使用本发明的红外干燥和转筒式干燥对马铃薯泥进行干燥的加工; 和 3) 对马铃薯物料进行本发明的低程度熟化, 接着联合使用本发明的红外干燥和转筒式干燥的加工。参看表 4, 常规干燥的薄片的平均维生素 C 保留率, 基于 7 个试样, 为 4.8%; IR 干燥薄片的 3 个试样的平均值为 15.9%, 并且低程度熟化和 IR 干燥薄片的 5 个试样的平均值为 7.9%。

表 4. 维生素 C 保留率 (%)

	维生素 C (mg/100g 固体)	%保留率
生马铃薯		
Russet Burbank	3-32	
脱水马铃薯薄片		
1. 常规	n=7 0.9-4.2, 平均=1.54	3-12.5, 平均=4.8
2. 在水中煮制并且用 IR/转筒干燥的整马铃薯	n=3 2.0-8.9, 平均=5.1	6-28, 平均=15.9
3. 蒸汽低程度熟化并且用 IR/转筒干燥	n=5 0.9-6, 平均=2.53	3-19, 平均=7.9

氨基酸含量

马铃薯加工的熟化和干燥步骤通常可以给被处理的马铃薯造成明显的热和机械应力。间接确定品质下降程度的方式之一是通过测定组成的变化。当氨基酸参与了美拉德褐变反应时, 从营养观点会损失氨基酸。这对赖氨酸和诸如 L-精氨酸和 L-组氨酸的基本氨基酸来说是特别重要的。正常情况下, 如果食物经历了美拉德褐变, 会损失一些氨基酸和营养价值。涉及基本氨基酸损失的另一途径已知是斯特雷克尔降解, 其牵涉 α -二羧基化合物和 α -氨基酸之间的相互作用。斯特雷克尔降解反应过程形成的挥发性化合物包括醛类、吡嗪和糖分裂碎块, 其有助于脱水产

品和成品油炸制品的风味和香味。

与常规方法制作的薄片相比，本发明脱水马铃薯薄片的大多数氨基酸的总含量较高。表 5 比较了本发明制作的脱水马铃薯薄片的总氨基酸组成(测试薄片)与常规方法制作的对照试样的总氨基酸组成。

表 5 总氨基酸含量比较

	对照薄片 实施例 A	测试薄片 实施例 A	对照薄片 实施例 B	测试薄片 实施例 B
去皮情况	完全去皮	完全去皮	完全去皮	没有去皮
切片厚度	1/2 英寸	1/2 英寸	1/2 英寸	整马铃薯
熟化介质	蒸汽	蒸汽	蒸汽	水
熟化时间(分钟)	45	45	35	25
红外温度(°F)	N/A	360	N/A	950
红外覆盖度	N/A	转筒表面的 11%	N/A	转筒表面的 11%
总氨基酸(mg/100g 固体)				
天冬氨酸	2648	2600	2511	2923
苏氨酸	264	278	285	299
丝氨酸	319	311	316	334
谷氨酸	1714	1700	1888	2451
脯氨酸	264	267	253	311
甘氨酸	209	211	243	265
丙氨酸	242	244	285	299
胱氨酸	88	100	105	115
缬氨酸	429	444	527	621
蛋氨酸	110	111	148	161
异亮氨酸	231	256	316	357
亮氨酸	385	400	422	449
酪氨酸	242	311	253	345
苯丙氨酸	330	356	380	403
组氨酸	165	200	211	242
赖氨酸	484	500	517	587
精氨酸	473	500	475	541
色氨酸	88	89	105	104

表 5 中, 列举的实施例 A 的对照和测试薄片是由选自相同批次的马铃薯制造的。 同样, 列举的实施例 B 的薄片是由选自相同批次的马铃薯制造的。

游离氨基酸含量

马铃薯中的三分之二以上的非蛋白氮是以游离氨基酸形式存在的。天冬氨酸、谷氨酸和缬氨酸占游离氨基酸总含量的大于 50%。马铃薯中的游离氨基酸含量取决于马铃薯的种类和环境条件以及以后的加工条件而不同。游离氨基酸(即谷氨酸, 蛋氨酸, 亮氨酸, 异亮氨酸等)影响着脱水产品的风味和品质。例如, 酪氨酸被多酚氧化酶氧化使其颜色变化会导致马铃薯果肉变黑。酪氨酸的氧化产物(黑素)是导致马铃薯变色的原因。

这些游离氨基酸可以与还原糖反应, 产生风味反应。一些反应会产生有益的风味而另一些会带来加工(例如, 不期望)风味。

无需理论支持, 据信本发明制作的薄片中的游离氨基酸含量高于常规方法制作的薄片, 说明在本发明的加工处理中降解反应(斯特雷克尔 醛反应)较少, 并且这种较低的反应率据认为是由于在本发明熟化和干燥过程中的停留时间的减少。向马铃薯泥添加特定的氨基酸如蛋氨酸可以增加游离蛋氨酸的含量, 以便在经油炸的成形油炸片中可以感受到较强的马铃薯风味。

加热产生的挥发物

马铃薯块茎中含有很多挥发性化合物: 醛类, 醇类, 酯类, 有机含硫化合物等。生马铃薯中含有乙醛, 丙醛, 丁醛, 甲醇, 乙醇, 1-丙醇, 2-丙醇, 1-丁醇, 戊醇, 辛醇, 丙酮, 丁酮, 庚酮, 脂肪酸的酯和其它加热产生的挥发物。本发明生产的马铃薯薄片比常规薄片具有基本上较少的加热产生的挥发性化合物。可以使用气相色谱法和质谱法来比较常规生产的薄片和本发明方法生产的薄片。

本发明的薄片显出特别低含量或者不含下述化合物：甲基丁醛，二甲基二硫，二甲基三硫，蛋氨酸，苯基乙醛和乙基吡嗪。这些化合物是造成一些经加工产生褐变风味反应的原因。这种在本发明薄片观察到的组成差异可以通过概念“烟枪”来描述。概念“烟枪”涉及薄片挥发物的组成，其是对马铃薯中初始风味产物母体浓度的间接测定，以及对产物母体由于加工严酷性和加工中出现的褐变反应程度造成损失的间接测定。薄片挥发物组成越少，成品或小吃的风味组成越高。

下表 6 中，根据减少比汇总了常规薄片和本发明马铃薯薄片的风味化合物的相对含量，所说的含量是使用改良的清除和捕集技术用气相色谱法和质谱法测定的。表 6 显示了本发明的马铃薯薄片与常规薄片相比，这些加工风味化合物有所减少。本发明薄片，对 3-甲基-丁醛、2-甲基-丁醛、二-甲基-二硫、二-甲基-三硫、蛋氨酸和苯基乙醛化合物来说，减少比为大于约 2，优选约 2-约 40，更优选约 2-约 10，并且对乙基吡嗪来说，减少比大于约 2，优选约 2-约 50，更优选约 2-约 20。用本发明薄片制备的马铃薯泥具有比常规薄片更纯净和更具马铃薯风味。

表 6 中，试样 Q 指本发明的通过将 1/4 英寸部分去皮的马铃薯切片在蒸汽中熟化 15 分钟、向马铃薯泥添加 10%小麦淀粉并且用红外加热 (360°F) 联合转筒式干燥进行干燥而制作的薄片。

试样 BB 指本发明的通过将未去皮的整马铃薯在沸水中熟化 25 分钟、不添加小麦淀粉并且用红外加热 (950°F) 联合转筒式干燥进行干燥而制作的薄片。

试样 V 指本发明的通过将去皮的 1/2 英寸马铃薯切片用蒸汽熟化 40 分钟、不添加小麦淀粉并且用红外加热 (950°F) 联合转筒式干燥进行干燥而制作的薄片。

表 6. 试样 Q、BB 和 V 的减少比-比较脱水马铃薯制品中所选挥发性风味化合物的相对含量(比常规加工的产品减少, 按常规产品与本发明产品中所选离子对应的风味化合物峰面积之比计算; 这便是“减少比”)

风味化合物	m/e 离子	试样 Q	试样 BB	试样 V	常规薄片
3-甲基-丁醛	71	18.2	16.3	5.7	1
2-甲基-丁醛	86	22.6	14.6	6.1	1
二-甲基-二硫	94	13.1	12.5	4.7	1
二-甲基-三硫	126	10.3	10.5	5.2	1
蛋氨酸	104	19.9	13.0	5.4	1
苯基乙醛	91	10.5	12.8	4.0	1
乙基吡嗪	107	41.4	17.0	10.9	1

表 7 显示了对常规薄片和本发明试样 Q' 的加热产生的挥发物的定量分析。试样 Q' 指与上述试样 Q 同等的薄片, 只是批次不同。本发明的薄片可以含有最多约 0.3 ppm、优选约 0.1-约 0.3 ppm 的 2-甲基吡嗪。本发明的薄片还可以含有小于约 0.12 ppm、优选小于约 0.06、更优选小于约 0.04 ppm 的 2,5-二甲基吡嗪和最多约 2.7 ppm、优选最多约 1.5 ppm、更优选最多约 0.6 ppm 的苯基乙醛。本发明的薄片还可以含有最多约 0.3 ppm、优选约 0.1-约 0.3 ppm 的蛋氨酸。

表 7. 对照马铃薯薄片和新马铃薯薄片的挥发性化合物定量分析 (浓度 ppm)

挥发性化合物	常规薄片 (ppm)	Q' 薄片 (ppm)
2-甲基吡嗪	0.32	0
2,5-二甲基吡嗪	0.14	0
3-乙基 2,5-二甲基吡嗪	0.05	0
苯基乙醛	2.73	0.64
蛋氨酸	0.7	0.32

面片强度

面片强度是对面团成片性的测定。面片强度越高，面团的内聚性和弹性越强。含马铃薯薄片的面团组合物(并且根据本发明通过添加小麦淀粉制造的)比用常规马铃薯颗粒制造的面团显出明显改进的面片强度。面片强度是对破裂面团所必需的力的测定。面片强度与面团的内聚性和在随后的加工步骤中面团抗孔产生和/或抗撕裂的能力相关。

本发明面团的面片强度随面团制作步骤中能源输入量的增加而增加。影响能源输入量的因素可能包括(但不限于此)混合条件、面团片形成和可测定的游离直链淀粉的量。由本发明的通过低程度熟化和/或红外加热生产的马铃薯薄片由于较低游离直链淀粉含量和较少细胞破碎而显出较低的面片强度。根据本发明，通过向马铃薯泥添加小麦淀粉，游离直链淀粉的含量增加。联合使用低程度熟化、加入小麦淀粉和红外干燥联合转筒式干燥，可获得既可成片又不表现过多细胞破碎的面团。由本发明薄片制作的面团具有的面片强度为约 80 gf-约 450 gf，优选 约 110 gf-约 240 gf，更优选约 140 gf-约 220 gf。

面团制备

本发明的面团组合物可以通过任何适宜的面团成片方法来制备。典型地，将薄片、片状颗粒或颗粒和其它淀粉基料物料以及可选择的乳化剂和蔗糖脂肪酸多酯组合彻底混合在一起制备成松散的干面团。另行混合风味剂(可选的)、水解淀粉、蔗糖和/或盐的水预混料，达到前述定义的水解淀粉和水的量。然后，将水预混料添加到淀粉基料的物料混合物和乳化剂的共混物中。优选用于将面团成分混合在一起的设备是常规混合器。可以使用 Hobart®混合器进行分批操作和使用 Turbolizer®混合器进行连续混合操作。然而，也可以使用挤出机来混合面团并且形成面片或成型的片。

制备好之后，将面团加工形成相对平且薄的面片。任何能将这种淀粉基料的面团形成面片的适宜方法都可以使用。例如，可以从两个对转的圆筒形辊之间碾压出均匀、相对薄的面团物料的面片。可以使用任何

常规的压片、碾磨和量规设备。磨辊应当加热至约 90°F (32°C)–约 135°F (57°C)。在一个优选的实施方案中，将磨辊保持在两个不同的温度下，前辊比后辊温度低。也可以通过挤出制备面团。

通常将本发明的面团组合物加工形成厚度为约 0.015–约 0.10 英寸 (约 0.038–约 0.25cm)、优选厚度为约 0.05–约 0.10 英寸 (约 0.013–约 0.025 cm)、首选约 0.065 英寸–约 0.080 英寸 (1.65–2.03 mm) 的面片。对卷纹型 (波浪形) 油炸片来说，优选的厚度为约 0.75 英寸 (1.9 mm)。然后，将面团片加工成预定大小和形状的小吃片。小吃片可以使用任何适宜的压印或切割设备来形成。可以将小吃片加工成各种形状。例如，小吃片可以是椭圆形、正方形、环状、蝴蝶结形、星轮形或针轮形。可以将小吃片做成 PCT 申请 WO 95/07610 (Dawes 等, 1996. 1. 25, 其引入本文作为参考) 中描述的卷纹形油炸片。US 专利 5,464,642 (1995. 11. 7 授权, Villagran 等) 公开了制作低脂肪油炸小吃的方法，并且引入本文作为参考。待小吃片成型后，将它们熟化至松脆。

根据本发明，面团制备中可以包括再添加小麦淀粉、玉米粉、稻米、改性淀粉或其组合。用本发明薄片制作的面团可以不需要像形成成形小吃的内聚性面片所典型需要的那么多的乳化剂和水。这归因于较少的细胞破坏、较低的 WAI 和较低的磷脂降解 (一种天然乳化剂)，其中所说的磷脂通常情况下可在细胞壁中发现。

峰值粘度 (PV)

淀粉溶胀和崩溃的速率和程度是淀粉源的特性，并且受加工、其它组分和改性的影响。峰值粘度与淀粉或混合物的吸水性指数或水合和粘合能力相关。其还经常与最终产品的品质相关，并且提供和指征混合熟化机或挤出机可能遇到的粘性负载。在糊状物粘度测定的过程中，将试样加热至 95°C 并且在此温度下放置 10 分钟，之后冷却至室温。在放置期间，试样受到高温和机械剪切应力的作用。破坏了淀粉颗粒并且直链淀粉渗出到溶液中。这个时期出现的特征是粘度降低，有时称热糊粘度。随着试样冷却，淀粉分子之间出现或大或小程度的再缔合。这个阶段通

称作逆转并且牵涉到淀粉凝沉，或淀粉分子的重排序。淀粉凝沉的程度与最终的粘度有关。

可以对含小麦淀粉的薄片测定糊状物粘度(峰值和最终粘度)，并且这种薄片可以显出与常规制作的薄片明显不同的粘度。马铃薯和谷物淀粉在冷却时由于形成强的凝胶而呈非常不同的行为方式，马铃薯淀粉糊实际上并不受长时间冷却的影响。没有用小麦淀粉制作的马铃薯薄片具有相对较低的粘度，这是由于颗粒在完全糊化和剪切颗粒后很快破裂。用小麦淀粉制作的薄片由于支链淀粉分裂形成凝胶而具有相对较高的粘度。马铃薯中的直链淀粉的胶凝化可能受到阻碍，这是因为支链淀粉分离得不够和给直链淀粉流动的空间不足。

本发明马铃薯薄片的峰值粘度(PV)范围为约 50 RVA 单位-约 400 RVA 单位，优选约 85 RVA 单位-约 400 RVA 单位，更优选约 115 RVA 单位-约 300 RVA 单位，并且更优选约 121 RVA 单位-约 158 RVA 单位，并且最终的粘度范围为约 40 RVA 单位-约 200 RVA 单位，优选约 60 RVA 单位-约 155 RVA 单位，更优选 约 90 RVA 单位-约 120 RVA 单位，更优选约 95 RVA 单位-约 110 RVA 单位。

糊化程度

马铃薯物料的熟化程度可以按两种方式测定：通过测定吸水性指数来间接测定，以及通过测定使试样中的任何未糊化淀粉部分糊化所必需的能量来直接测定。这个用于糊化的能量用差式扫描量热计(TA 仪器公司，New Castle, DE)来测定，通过测量含淀粉试样的糊化焓(ΔH_g)。 ΔH_g 测定为能量(ΔH)对温度的温度记录图中的峰下面积。在 58-70℃下，薄片在任何未糊化淀粉部分都将糊化。糊化的程度如下计算：

$$100\% - [(100) \times (\text{薄片的} \Delta H_g) / (\text{生马铃薯的} \Delta H_g)]$$

本发明的马铃薯薄片中含有糊化程度小于 100%的部分程度糊化的淀粉。对于用低程度熟化和向马铃薯泥添加小麦淀粉制作的本发明的薄片，糊化程度为约 75%。图 12 显示了生马铃薯以及用蒸汽熟化最少的 12 分钟的马铃薯切片的温度记录图。

面团体系中薄片的粘弹性

典型的稳定剪切测量不适合于通常来说不可流动的面团。对这类物料的一个不错的替代方法是振动测试。由于面团相对不能流动而使用振动试验法。面团的粘弹性可以通过使用控制应力流变计来测定。粘弹性 G' (弹性模量) 与面团的弹性有关, 而 G'' (粘性模量) 与面团的流动性有关。当含薄片的面团片 (本发明方法制作的) 具有高刚性或弹性模量时, 小吃的内部结构非常膨松。这种膨松的结构使得油炸小吃具有泡沫状 (聚苯乙烯泡沫状) 质地和缓慢的入口融化感。 G' 测量是面团耐受应力能力有多好的指征, 并且也是小吃经油炸后其中存在的内部结构的指征。

用通过本发明方法生产的马铃薯薄片制作的面团, 其 G' 可以为约 15000 帕斯卡-约 90000 帕斯卡, 优选为约 35000 帕斯卡-约 55000 帕斯卡。面团的 G'' 可以为约 3000 帕斯卡-约 15000 帕斯卡, 优选约 5000 帕斯卡-约 10000 帕斯卡。

分析方法

吸水性指数(WAI)

通常, 术语“吸水性指数”和“WAI”指任何以碳水化合物为基料的物料经过熟化过程后的持水能力的测定 (参见, 例如, Anderson, R. A., Conway, H. F., Pfeifer, V. F. 和 Griffin, Jr., E. L., 1969, 玉米粉通过碾磨和挤出-熟化的糊化 (Gelatinization of Corn Grits By Roll-and Extrusion-Cooking), CEREAL SCIENCE TODAY; 14 (1):4)。马铃薯薄片和马铃薯颗粒的熟化和脱水使马铃薯细胞产生了生理学变化, 从而影响到其复水性, 特别是其持水能力。这个测量以每单位质量的物料所持水的质量的比来表示。

通过以下过程测定试样的 WAI: 称重空的离心试管至小数点后两位。将 2g 干试样 (例如, 马铃薯薄片) 放入试管中。在试管中加入 30 毫升水。将水和试样剧烈搅拌以确保没有残留干块。将试管放入 30℃ (85 °F) 水浴中 30 分钟, 10 分钟和 20 分钟时重复搅拌过程。然后, 将试管在 3,000

RPM 下离心 15 分钟。从试管中倾析去水，留下凝胶。将试管和内容物称重。将所得的凝胶重量除以干试样重量来计算 WAI (即， $[\text{试管和凝胶的重量}] - [\text{试管重量}] \div [\text{干薄片的重量}]$)。

直链淀粉百分比(A %) 试验

本方法特意测定在特定测试条件下可溶于 0.1N NaOH 溶液的马铃薯薄片和马铃薯颗粒中直链淀粉的百分比(相对量)。将薄片或颗粒在 60℃ 的碱性溶液中搅拌 30 分钟，离心，然后将澄清的上清液与碘反应并且进行分光光度分析。直链淀粉测定为在 700nm 下的碘络合物，而不是在 610 nm 下测定，以避免“直链淀粉-I₂复合物”的干扰。

仪器

容量瓶，容量吸移管，天平，分光光度计 (Beckman Model 24 或等效仪器)，小池(1 cm 一次性的，Marksman Science #1-P-10，或 1 cm 吸取型 Markson MB-178 或 Beckman Part #579215)，恒温浴，掺混机和掺混机罐。

试剂

氢氧化钠溶液 0.1N，盐酸，碘，碘化钾，对照薄片。

溶液的制备

A. 储备碘溶液

将 2g 碘和 20g 碘化钾称到一红色 250 ml 容量瓶中，并且用蒸馏水溶解。

B. 试剂碘溶液

将 10 ml 储备碘溶液和 2 ml 浓盐酸移液至一红色 1000 ml 容量瓶中。用蒸馏水稀释定容。

对照薄片

对照薄片是具有 WAI 为 8.5、含水量为 7 wt%、密度为 35 磅/立方英尺、颗粒粒度分布为致使最多 30wt%颗粒通过 40 目筛以提供游离直链淀粉含量为 24%的马铃薯薄片。

使用对照薄片制备标准曲线

1. 用 100 mL 0.1N NaOH 溶解 1 g 对照薄片。将全部溶液转移至离心瓶中，不冲洗。在 2300 rpm 下离心 15 分钟。
2. 制备三份稀释液：a) 取 10 ml 上清液到 100 ml 0.1N NaOH 中，b) 取 5 ml 第一次稀释液的上清液到 100 ml 0.1N NaOH，和 c) 取 50 ml 第二次稀释液到 100 ml 0.1N NaOH 中。

试样制备

1. 获得每份试样的含水百分比（真空烘箱，16 小时，70℃或空气烘箱，3 小时，130℃）。
2. 称重 0.2g 马铃薯薄片或马铃薯颗粒并且用 100 ml 0.1 N NaOH 溶液溶解。将搅拌器调至高速以获得液体的良好涡旋。
3. 将试样放入 60℃水浴中。搅拌 30 分钟。从水浴中取出。
4. 将溶液全部倾入离心瓶中；不冲洗。在 2300 rpm 下离心 15 分钟。
5. 将 1 ml 上清液移液至一 25 ml 容量瓶中。用碘试剂稀释定容。使用 1 ml 0.1N NaOH 溶液于一 25 ml 烧瓶中，制备空白溶液，摇匀。混合后 10-30 分钟内必须进行比色测量。

比色测量

设定波长至 700 nm。用试样小池中的蒸馏水和用参照光束将仪器调零。在试样小池中装满空白溶液并且对照蒸馏水读数。记录此值并且从各个试样的值中减去。吸光度在 0.02-0.8 吸光度单位之间。

计算(使用标准直链淀粉):

使用 g/100 ml 标准浓度作为 x-轴对 700nm 吸光度作为 y-轴，绘制曲

线, 并且测定 y 截距和斜率。

$(\text{直链淀粉 g/100ml}) = [(\text{试样@700nm 的吸光度} - \text{空白@700nm 的吸光度}) - Y \text{ 截距}] / \text{斜率}$

$\% \text{ 游离直链淀粉} = [(\text{直链淀粉 g/100 ml}) \times (100) \times 0.31] / [(100 - \% \text{ 水分}) \times (\text{试样重量})] / 100$

“0.31”是对对照薄片的直链淀粉含量的校正系数。

维生素 C 测定

根据“分析的 AOAC 国际法定方法” (1955), 第 16 版, 方法 45.1.14, AOAC, Arlington, Virginia, (改良方法)测定维生素 C。该方法可见《生物化学杂志(Journal of Biological Chemistry)》, 第 147 卷, pg. 399 (1943), (改良方法), 引入本文作为参考。该方法测定了总维生素 C 并且不能区别抗坏血酸和异抗坏血酸。

对挥发性化合物同时进行蒸馏, 萃取和 GC 分析

根据以下方法测定挥发性化合物:

(1) Schultz, T. H., Fath, R. A., Mon, T. R., Eggling, S. B. 和 Teranishi, R. “挥发性化合物的分离” J. Agric. Food Chem., 第 25 卷, No: 3, 5 月-6 月刊(1977), pp. 446-449.

(2) Likens, S. T., Nickerson, G. B. Proc. Am. Soc. Brew. Chem. 5 (1964)

运用本过程从法式油炸马铃薯片中回收挥发性物(例如, 2,5- 二甲基吡嗪和 2,4-癸二烯醛(decadienal))。被过程可应用于其它食物组分和成品, 只要期望的分析物是可蒸汽蒸馏的。^{(1) (2)}

随着将试样在大气压下蒸汽蒸馏, 蒸汽馏出物和二氯甲烷蒸气共混, 然后共冷凝。待萃取器 U-管中出现液相分离后, 较轻的水相回流到试样烧瓶中并且较重的二氯甲烷相回流到分析浓缩物烧瓶中。

当蒸馏/萃取完成后, 将二氯甲烷轻轻地放空并且取一部分浓缩物通

过毛细管 GC/FID 进行进一步分析。在方法开始时加入内标以跟踪分析物回收率。

装置

气相色谱仪	Hewlett Packard 5890, 装有火焰离子化检测器 (FID) 和 3396 积分仪
自动取样器 (可选)	Hewlett Packard 7673A
毛细管柱	Stabilwax 30m, 0.32 mm ID, 0.25 umdf
自动取样器小瓶 (带内插件)	Kimble EKONICAL 60745-1232 (Kimble 60820-1232 带 66009-996 内插件)
天平	顶部装载, 精确到两位, 四位
支持器千斤顶 (2)	VWR 60142-546
热板/搅拌器 (3)	Corning 6795-220
循环浴/冷却器	Lauda RM3
250mL 平底圆烧瓶	Pyrex 4100-250
2000 mL 平底圆烧瓶	Kontes 601000-0829
变径接管 24/40-29/42	Pyrex 8825-2924
24 号塞子	Kimble 41890R-2440
50 mL, 100 mL 刻度量筒	Pyrex 24710-102, 124
和 1000mL 刻度量筒	Kimax 34795-062
1 mL 反应小瓶	Accuform Kimble 60700-1
闪烁小瓶	VWR 66022-081
巴斯德移液管	VWR 14672-200
注射器 (2)	Hamilton 100 ul
容量瓶	Kimax 28014-100
SDE 玻璃器皿	Kontes 523010-0000, 52301, 523012
沸石	VWR 26397-409
搅拌棒 76.2 x 12.7 mm	VWR 58948-193
支持底座	VWR 60110-266

3 叉夹 VWR 21570-404

馅饼盘 (2)

* 可以使用等效设备来替代上述推荐的设备

试剂

四甲基吡嗪 (TMP) Aldrich 18,393-8

二氯甲烷 B & J 300-4

丙酮 B & J 010-4

防冻剂

去离子水 Milli-Q

干冰片

N₂

操作

A. 内标制备

1. 四甲基吡嗪 (TMP)

称 0.10 g ± 0.001g 重的 TMP 到 100 ml 容量烧瓶中。加入新鲜去离子水定容。标注烧瓶。当进行萃取时，将 50 µl 的此标准添加到 2000 ml 试样烧瓶中。

B. 蒸馏和萃取过程

1. 循环浴/冷却器

- a. 将冷却剂 (1: 1 防冻剂 : H₂O) 放入冷却器的冷却室内。填充到上方的冷却管中。
- b. 将冷却刻度盘设定至 0℃。

2. 蒸馏和提取

- a. 将 SDE 冷凝器内插件放入主室内，确保入口玻璃管正确。关闭装置底

部的旋阀。

- b. 将 SDE 装置放入三叉夹中。将管线连接冷却器。开启冷却器。
- c. 将干冰和大约 1 英寸的丙酮放入顶部冷凝器部件中。将顶部冷凝器部件放在组件上(在整个提取期间需要添加干冰)。
- d. 将 100 ml 二氯甲烷 (从 100 ml 刻度量筒中测定)和一块沸石放入 250 ml 平底圆烧瓶中。将烧瓶与冷凝器的右侧连接。将馅饼盘放在位于支持器千斤顶上面的热板上。向馅饼盘中加入大约 1 升蒸馏水并且向上调节支持器千斤顶直至烧瓶固定到装置中。将热板置于第“4”加热档(60℃)。
- e. 将搅拌棒和 700 ml 新鲜去离子水放入 2000 ml 烧瓶中。根据下表加入待萃取的试样:

试样类型	重量
薄片	50.0 ± 0.1g

将 50 ul 0.1% TMP 内标添加到试样烧瓶中。

- f. 当足够的 MeCl_2 被煮制到冷凝器的填充回路中时, 使用 24/40-29/42 变径管将大烧瓶连接到冷凝器的左侧。提升第 2 个热板直至烧瓶被固定。将热板置于大于第“6”加热档(足以产生快速沸腾但不产生泡沫的档位), 然后将搅拌置于满档。
- g. 将绝缘套管套在冷凝器左臂上并且将纸巾裹在旋阀周围 (若有必要捕集冷凝物)。
- h. 让试样烧瓶沸腾(从开始加热大约 20 分钟)。定时萃取/蒸馏 90 分钟。
- i. 90 分钟之后, 关闭两个热板上的加热。将承载水盘的右侧热板降低, 使烧瓶底部停在盘的边缘上。停止冷凝并且将 MeCl_2 烧瓶冷却(大约 15 分钟)。
- j. 当 MeCl_2 冷却下来, 将 250 ml 烧瓶从右侧移走并且通过旋阀使仍在冷凝器回路中 MeCl_2 的添加到烧瓶中。将玻璃塞子塞入 250 ml 烧瓶中并且在防炸冷冻器中储存, 直至准备浓缩(第 3 部分)。
- k. 使用热手套 (注意, 试样烧瓶仍是烫的)降低和移走 2000 ml 烧瓶。
- l. 关闭冷却器。断开顶部(入口)胶管并让尽可能多的冷却剂沥回冷却室中。小心断开底部(出口)胶管。使任何剩余的冷却剂沥到冷却室中。

m. 将冷凝器部件放到一边去洗涤(第4部分)。

3. 试样萃取物浓缩

萃取物可以在以下的步骤“a”之前或在“d”之后无期限地储存在防炸冷冻器。如果在步骤“h”之后储存萃取物, MeCl_2 可能会蒸发并且在进一步分析前必需调整体积。

a. 在装备有 N_2 管线的通风橱中装配承载第二个馅饼盘的第三个热板, 其中第二个馅饼盘中含有蒸馏水。

b. 将盘在第“3”档上加热 (60°C)。

c. 将 250 ml 试样烧瓶 (第2部分, j) 放入水中并且在温和的 N_2 气流条件下将 MeCl_2 浓缩至 40 ml。

d. 将 20 ml 浓缩物移至 20 ml 闪烁小瓶中并且将小瓶放入热水浴中的热板上并且在 N_2 条件下将 MeCl_2 浓缩至剩余大约 2 ml。把持或夹紧小瓶以便浓缩期间它不浮动或被 H_2O 沾染。

e. 从 H_2O 中移走闪烁小瓶并且换上 1 ml 反应小瓶。使用巴斯德吸移管向反应小瓶中添加 1 ml 步骤(d)的浓缩物。仔细转移 MeCl_2 , 它会从吸移管尖滴下。

f. 随着 MeCl_2 挥发, 继续添加试样浓缩物直至试样从闪烁小瓶中全部转移。用大约 1ml 新 MeCl_2 冲洗闪烁小瓶并且将冲洗液转移至反应小瓶。

g. 继续浓缩 MeCl_2 直至剩余 100 μl 。特别小心不让提取物蒸发干。通过注射器将此 100 μl 浓缩物转移至 GC 小瓶(带内插件)中。盖上 GC 小瓶。

C. GC 分析

1. 按表 I 调定仪器条件并且按表 II 调定积分仪和顺序。

2. 向光学 FID 检测器打开储罐处的 H_2 和压缩空气。打开 GC、检测器 2 上的阀。按下 FID 按钮, 听到“砰声”。打开辅气阀。

3. 装入两个大的小瓶(用于对自动取样器进行注射器清洗) 和一个装有 MeCl_2 的 GC 小瓶。

4. 每天首先运行 MeCl_2 洗涤。将含 MeCl_2 的 GC 小瓶放在自动取样器的“1”

位置上。

5. 为分析试样, 用步骤“g”制备的试样萃取浓缩物小瓶代替 MeCl_2 小瓶。
6. 如果在小瓶中使用内插件并且运行中没有出现溶剂峰; 碰击 ABORT 停止运行, 将内插件重新置中并且替换小瓶密封, 并且再进行步骤“5”。
7. 在最后一次 GC 分析后, 让烘箱冷却至 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。关闭仪器上的辅气、 H_2 和空气阀并且将储罐上的 H_2 和空气表关闭。

D. 计算方法

为计算每试样的分析物含量(ppm), 使用以下计算:

$$[(\text{分析物面积}) \times (\text{内标重量 (g)} \times (1 \text{ ppm}))] / [(\text{内标面积}) \times (\text{试样重量 (g)} \times (10^{-6}))]$$

实例:

$$[(503191 \text{ 面积单位}) \times (5.0 \times 10^{-5} \text{ g}) \times (1 \text{ ppm})] / [(1667783 \text{ 面积单位内标}) \times (50 \text{ g}) \times (10^{-6})] = 0.30 \text{ ppm 分析物}$$

用气相色谱法和质谱法使用改良的清除和捕集技术进行风味分析

参考

1. D. D. Roberts 和 T. E. Acree, “使用改进的顶部空间技术模拟鼻后香气 (Simulation of Retronasal Aroma Using a Modified Headspace Technique)”, “唾液、温度、剪切和油对风味释放的作用研究 (Investigating the effects of Saliva, Temperature, Shearing, and Oil on flavour Release)”, J. Agric. Food Chem. 1995, 43, 2179–2186.
2. S. Maeno 和 P. A. Rodriguez, “用于包括质谱和光管傅里叶变换红外检测的系统的毛细管气相色谱柱性能评价的简单和万用注射系统 (Simple and versatile injection system for capillary gas chromatographic columns Performance evaluation of a system including mass spectrometric and light-pipe Fourier-transform infrared detection)”, J. Chromatogr. A 1996, 731, 201–215.

3. P. A. Rodriguez, R. Takigiku, L. D. Lehman-McKeeman, M. Fey, C. L. Eddy 和 D. Caudill, J. Chromatogr. A 1991, 563, 271.
4. G. I. Roth 和 R. Calmes, 口部生物学(Oral Biology); C. V. Mosby: St. Louis, MO, 1981.

使用鼻后香气模拟器 (RAS) (参考 1) 在特定条件下产生脱水马铃薯制品的香气, 所说的鼻后香气模拟器结合了合成唾液添加、调整剪切、气体流动和温度。用氦气从 RAS 中吹扫香气并且用聚合吸附剂捕集器捕集。然后, 将捕集的香气在气相色谱仪上热解吸, 所说的气相色谱仪改良成可容纳大体积的注射液(参考 2) 并且装配有质量选择检测器。各个香气化合物的含量表达为香气化合物保留时间内的被选离子(m/e)的峰面积。按此方式, 可以通过使用香气化合物保留时间内的被选离子的峰面积, 来比较不同试样中各个香气化合物的相对含量。

材料

化学制剂为分析级并且气体为高纯度。选择合成唾液, 使其包含被模拟唾液的缓冲体系(参考 4): 20 mM NaHCO₃、2.75 mM K₂HPO₄、12.2 mM KH₂PO₄ 和 15 mM NaCl, pH 7.0。

装置

1. 鼻后香气模拟器 (RAS), 类似于参考 1 所描述的模拟器, 由 1 升带有螺旋顶盖和铜盘管式水夹套(以便将 PAS 内的温度控制到 37℃)的不锈钢 Waring 掺混机构成。将 RAS 连接到可变自转换器。
2. 捕集器(参考 2 和 3), 由 1 ml 具有线状玻璃尖的注射管构成, 其中线状玻璃尖中塞有无活性的玻璃毛和 Tenax GR (60/80 目, 250 mg)。
3. 气相色谱仪(GC): Hewlett Packard (HP) 6890 型: 将 GC 改良成可容纳吸附剂捕集器的注射液和热解吸香气的冷聚物。
4. GC 柱: Durabond-5®质谱仪(30 米长, 252 mm 柱 ID 和 1.0 mm 膜厚度), Folsom 的 J & W Scientific(加利福尼亚, USA)出品。
5. 载气, 氦气, 2ml/min 流速;

6. 检测器为 HP 5973 型质量选择检测器, Hewlett Packard, Santa Clarita(加利福尼亚, USA)出品, 源温度为约 230℃ 并且 MS Quad 温度为约 150℃。

分析过程

1. 恒温 RAS 至 37.0℃。
2. 添加 150 ml 人造唾液溶液至干 RAS 中。加入 200 μ l 内标溶液(2-庚酮, 500 ppm 水溶液) 至 RAS 中。
3. 将吹扫气氮气管线连接到 RAS, 阀门关闭。将吹扫流速设定为约 54 ml/min。
4. 称 20.0 g 的试样并且将试样添加到 RAS 中。
5. 关闭 RAS 的盖。将捕集器(预调整的)连接到 RAS 上。
6. 打开吹扫氮气并且启动 RAS (可变自转换器上的电压设定为 60 V) 并且开启计时器。
7. 30 秒后关闭掺混机, 但收集总共 5 分钟。
8. 收集完毕, 用干氮气以约 43ml/min 的流速回吹捕集器 30 分钟。
9. 开始试样装载和分析程序。在此步骤中, 将前置柱冷却至约 -90℃, 然后将捕集器连接氮气流(流速约 15 ml/min) 并且加热, 以解吸被捕集的香气化合物。待装载完成后, 如下进行 GC-MS 分析。使用以下温度程序。
 - i) 起始温度为约 50℃, 保持 1 分钟,
 - ii) 以 4℃/分钟的速率增加起始温度至达到约 250℃,
 - iii) 在约 250℃ 下保持 1 分钟。
10. 使用 John Wiley & Sons 和标准和技术国际学院(NIST) (通过 Hewlett Packard 购买和注册) 的光谱库识别风味化合物。
11. 使用获得自 Hewlett Packard(Santa Clarita, 加利福尼亚, USA) 的 Chemstation 软件积分色谱峰。

通过反向挤压法测定马铃薯泥的坚实度(稠度)

马铃薯泥在转筒式干燥器和涂敷辊上的粘附性主要取决于所需的产

品稠度。泥状物稠度太薄会导致熟化过头和高含水量并且不能粘附在辊上。同样，泥状物稠度太稠会导致熟化鼓足并且会包含未熟马铃薯的碎片，这些碎片将阻碍泥状物在筒和辊上的粘附。泥状物稠度可以通过反向挤压试验来评价，该试验将给出产品物理学属性和粘度的指征。

装置

TA-XT2 质地分析仪，(TA 仪器公司，New Castle, DE) 带有由定位基板构成的 A/BE 反向挤压室、试样容器 (50 mm 内径)、三个压缩碟 (35、40、45 mm 直径) 和一重负荷探头适配器。使用 35mm 和 45 mm 碟测定马铃薯泥的坚实度。利用一 5 kg 负载单元来校准仪器。根据仪器指南的指令来校准仪器 (参见 STABLE MICRO SYSTEMS LTD 指南，第 1.00 版)。

反向挤压装备由透明塑胶基板构成，其用来使试样容器定位于碟活塞的中央位置。将试样沉积到试样容器中并且压缩试验将试样向上并且沿碟的边缘周围挤出并且与粘度的测定有关。三碟的直径允许被测产品的柔韧性。选择主要取决于待测产品的类型和它是否包含任何微粒。

TA-XT2 设置:

方式: 压缩中的测量力

选项: 回复到开始

试验前速度: 4.0 mm/s

试验速度: 1.0 mm/s

试验后速度: 1.0 mm/s

距离: 35mm*

触发类型: 自动-10g

数据获得速率: 250pps

试验设置:

试验在标准尺寸的反向挤出容器中 (50mm 直径) 进行，在从加工取样点取出后立刻进行。

试样温度保持恒定。挤出碟位于试样容器上面的中央。

粘性和“粘附功”的比较，每次试验之后必须将探头回复到试样上面的相同位置。为此，必需将探头调整至距罐顶部或试样表面以上一定的距离，其开始时的距离为例如 30mm。

为进行比较，当报告结果时，试验温度和容器几何形状应当相同（并且应当总是指定的）。

注意：TA 设置中需要设置的挤出距离取决于容器内的试样深度、容器深度和所选的容器是否向基底方向逐渐变尖。所选的深度应当致使在测试过程中挤出碟与容器的壁或基底都不接触（或者事实上非常接近），以便不产生错误的结果。

当达到 10g 表面触发信号时（即达到碟的下表面与产品充分接触的程度），碟继续进入到 25mm 深度（*或其它规定的距离）。达到此点时（差不多可能接近最大力），探头返回其原始位置。取‘峰值’或最大值的力作为坚实度的测量值—值越大，试样越坚实。取曲线达到此点的面积作为稠度的测量值—值越大，试样的稠度越稠。

图形的负值区域（探头返回时产生）是加重试样的结果，当返回时试样被主要升起到碟的上表面（即由于反向挤出），并由此再次给出了稠度/流出碟阻性的指征。取最大力作为试样粘性的指征（或在此情形中可以称作内聚性）—值越负，试样的‘粘性’或‘内聚性’越强。曲线负值区域的面积经常称作‘粘附功’—值越大，移动试样的阻性越强，其也许是试样内聚性以及稠度/粘度的又一指征。

参考：

STABLE MICRO SYSTEMS LTD 指南，第 1.00 版

马铃薯硬度（质地剖析-TPA）

本方法测定穿透 1cm x 1cm x 1cm 马铃薯碎片直至到达中心所需要的力。这个力与马铃薯碎片的熟化程度相关。生马铃薯较硬因此需要到达马铃薯碎片中心所需要的力较大。

装置

使用 TA-XT2 质地分析仪，带有 P/2N 2mm 探针，使用 5kg 负载单元。

TA-XT2 设置

选项: TPA

试验前速度: 1.0 mm/s

试验速度: 1.0 mm/s

试验后速度: 1.0 mm/s

距离: 30% 应变

触发类型: 自动-5g

时间: 3 秒

数据获得速率: 200pps

试样制备

由熟化了各种时间的马铃薯制备 1cm³ 试样，包括 0 分钟（即生的马铃薯）。每个熟化时间最少取 5 个试样以便减少差异。

试验条件和设置

熟化后立刻切割，将每个立方块放在重负荷平台上，位于 2mm 探针（缚在负载单元载体上）以下的中央位置并且开始穿透试验。立方块的顶表面应当是平的并且与平台水平（即没有斜面）。每次试验之前，探针应当仔细擦拭干净以去除所有粘附的碎屑。

破碎细胞百分比试验

马铃薯薄片中的破碎细胞百分比和细胞的平均大小是简单通过光学显微镜观察来测定的。将少量薄片散布在可移动玻璃片上并且立即滴 2-3 滴水。30 秒后，准备通过光学显微镜（100x）观察试样。通过计算图象中直接看到的细胞数来测定%破碎细胞。破碎细胞百分比 = #破碎细胞/图

象中的细胞。本方法用于表征马铃薯薄片马铃薯细胞的物理性质。使用透射光显微镜检查来定性检测细胞大小、细胞分离程度和估计马铃薯薄片中的破碎细胞量。

装置

显微镜	透射光照相并且至少 80x 性能 (Bausch & Lomb Balplan, Zeiss Universal)
显微镜载玻片	标准件; 1"x 3" (可见 VWR 目录)
盖玻片	Corning #1, 22mm ² (可见 VWR 目录)
刮刀	小号 (可见 VWR 目录)
滴瓶	Pyrex 牌带塞滴瓶, 带有吸球和移液管

试剂

水	去离子蒸馏水
---	--------

作为图象评价的指导, 以下数字表示: 加工中没有浸出和冷却步骤。

- 1) 破碎细胞-不具有明晰的完整细胞壁的细胞图 4A 显示了含有 < 50% 破碎细胞的试样。
- 2) 细胞大小-类似于对照 (小于对照 OK; 水合后平均约 40um)
- 3) 均一的细胞大小-具有相似溶胀程度的细胞 (细胞没有溶胀但完整)
- 4) 细胞分离程度-没有扎堆 (像葡萄那样)

试样制备

应当取具代表性的试样。应当将一种已知的对照薄片与各组的马铃薯薄片进行观察比较。从每批薄片取三个试样, 并且应当使用这三个试样和对照薄片进行观察。

试样制备指导

- 1) 放少量 (~ 0.002 g) 干薄片到显微镜载玻片上。
- 2) 加两滴 (~ 100 μ L) 去离子蒸馏水到薄片上并且将薄片均匀分散在薄层中 (理想地, 1 个细胞层厚)。让薄片水合。

注意: 不要让滴管碰到薄片。滴管碰到薄片会污染水。

- 3) 降低盖玻片, 使其轻轻地覆盖在薄片上, 以便作出大的空气泡, 其具有被截留的趋势。

- 4) 让薄片水合 1-5 分钟。不应当在 10 分钟后给薄片照相。10 分钟后, 试样在吸收所添加的水分。不可再水合。制备新的载玻片。

- 5) 快速扫描整个载玻片并且作视觉观察。

在水合 1-5 分钟内给马铃薯细胞的具代表性区域照相/摄像。

比较同一天操作的对照薄片。

- 6) 所有照片/图象应当采用相同的放大率以便比较。推荐的放大率为 40-100x。

面片强度试验

如下测定面片强度: 面片强度是使 0.635 mm 厚面团片破裂所必需的力的测定。面片强度是力对距离作图所获得的图形上的最大峰值力 (gf) 的读数。本试验为测定马铃薯面团片强度而设计。所有产品均在室温测试。面片强度是 10 次重复试验的平均值。面片强度的测定通过制备含有以下成分的面团:

- a) 200g 固形物;
- b) 90g 水; 和
- c) 0.5g 部分氢化大豆油乳化剂的蒸馏甘油单酸酯和甘油二酸酯, 可购自 Quest。

面团在小型 Cuisinart® 混合器中低速混合 10-20 秒制成。混合后, 用常规碾磨机将面团压片成 0.635 mm (22 密耳) 厚。磨辊通常为 1.2 米长 x 0.75 米直径。

试验用 Texture Technologies 公司 (New Castle, DE) 出品的质地分析仪 (TA-XT2) 进行。该设备使用称为 XTRAD 的软件。试验用 7/16" 直径

的丙烯酸圆柱形探头 (TA-108), 其具有光滑的边缘以便最小程度地对面团片产生任何切割。将面团片夹在两个铝板 (10 X 10 cm) 之间。铝板中心具有一个 7 cm 直径的开口。探头通过此口与面片接触并且将面片向下推至面团破裂。铝板的各个角上具有开口可使面团保持在原位。在每片面团片上预先刺孔, 正好对准铝板角上的针并且切成 (10 X 10 cm) 板的大小。这样随着探头向下移动并且穿过面片时可提供均匀的张力。探头以 2 mm/秒下移直至面团片表面测得 20 g 力。然后, 探头以 1.0 mm/秒下移最多 50 mm, 选择此距离是为了伸展面团片直至它完全破裂。探头以 10.0 mm/秒回撤。探头以“力对压缩”的方式运行, 此意味着探头下移测力。

使用快速粘度分析仪(RVA)测定峰值和最终粘度

使用 Newport Scientific(Warriedwood, 澳大利亚)制造的快速粘度分析仪(RVA)RVA-4 型测定成分的粘糊(pasting)性。本方法最初为快速测定发芽小麦中的 α -淀粉酶活性而开发的。RVA 是一种粘度计, 其通过加热和冷却同时搅拌淀粉试样来表征淀粉的品质。使用该快速粘度分析仪(RVA)直接测定薄片的糊状粘度。工具需要 2-4 g 试样和约 25g 水。基于试样具有 14% 含水量。根据存在的总水量调整添加的水的量。所添加的水的量根据下式:

$$S = [86 \times A] / [100 - M]$$

$$W = 25 + (A - S)$$

其中 S = 校正的试样质量

A = 以 14%含水量计的试样重量

M = 试样的实际含水量 (% 原样)

W = 校正的水质量。

在经历一个预定程序的混合、测定、加热和冷却的同时测定水和试样的混合物。该试验提供转换成薄片品质的粘度信息。

据发现, RVA 粘度分布和淀粉性能有密切的关系。峰值粘度测定值指示了马铃薯细胞溶胀和糊化的程度。最终粘度测定值指示了细胞重构的

程度。

RVA 方法

1. 测定来自空气烘箱或 Ohaus 水分天平的试样的水分。
2. 参照 RVA 表厚度试样重量和 H₂O 重量。
3. 将试样放在 H₂O 罐中，用桨片顺时针方向和逆时针分钟方向搅动各 10 次。向上和向下轻推桨片 10 次。
4. 将水罐放入 RVA 中并且运行以下程序：

顺序	时间
闲置和放置@50℃	0-1 分钟
升温至 95℃	1-4.45 分钟
保持在 95℃	4.45-7.15 分钟
冷却至 50℃	7.15-11 分钟
保持在 50℃	11-13 分钟

粘弹性 (G' 和 G'')

按面片强度方法中所述的方法将试样共混和压片（约 0.021-0.025 英寸厚度）。使用控制应力流变计 (CSL2-100 型，TA 仪器有限公司出品，New Castle DE.) 测定 G' 和 G'' 。用 4 cm 十字形孔平行板 (cross-hatch parallel plate) 在 32.2℃ 下进行动态测试。此温度是面团在两个辊之间被压出时的平均温度。

使用由四个基本步骤组成：

- 1) 将试样放在底板上并且通过将顶板降低至来零间隙，以便使面团片的原始厚度压缩 80%（约 0.1 mm）。修整试样以便它具有与上板相同的大小。用一薄层矿物油涂布试样的暴露边缘，以便试验过程中最少程度地损失水分。
- 2) 测定之前将所有试样静置或平衡 2 分钟，以便弛缓试样封固期间引入任何应力。
- 3) 进行低频和高频应力扫描，以便寻找试样结构未受破坏的面团的线性

粘弹性区域。

4) 在线性粘弹性区域中的一个应力处进行频率扫描, 以便查看试样随振动频率递增试样结构怎样变化。得到关于试样弹性和粘性组分怎样行为的代表性观察。

5) 记录 1 和 100 rad/sec 时的弹性模量(G')和损耗模量(G'')。通常来说, 使用 1 rad/sec 时获得的数据来比较不同的组分和加工条件。

流变结果报告为二次重复测定的平均值。

糊化程度(差式扫描量热计)

通过使用 TA Instrument(New Castle, DE)制造的差式扫描量热计 2920 型测定马铃薯薄片的淀粉糊化程度。

根据下式定义糊化程度百分比: $\% DG = 100\% - \{[\text{薄片} \text{中淀粉糊化的} \Delta H \text{ (J/g)}] \times (100)\} / (\text{生马铃薯淀粉糊化的} \Delta H \text{ (J/g)})\}$

淀粉糊化的 ΔH 是 ΔH 对温度曲线中马铃薯糊化温度范围内的峰的曲线下面积。

试样制备

制备马铃薯的 10%水浆液。将 15-25mg 的该浆液转移至一铝密封 DSC 锅中。使用特定压力封闭此锅直至边缘变平。用水接触, 或者将锅装满防止水分转移到锅内。

操作

1. 打开吹扫气体, 此操作中是氮气
2. 在 40.00℃下平衡温度
3. 以 10.00 C/分钟将温度从 40.00℃升至 60.00℃
4. 使系统在此最终温度下等温 3 分钟
5. 将温度从 160.00℃降至室温。

从相关的峰中, 将每个峰积分以测定峰的大小和面积。峰的温度和面积将决定热结果。

通过以下实施例对本发明的实施方案作举例说明。

色度

脱水制品的褐变可归因于生的原料、加工条件和储藏，成为脱水制品工业的问题。在本申请中，利用两种方法来测定由于加工条件而造成的颜色差异：亨特色度计和光学密度光谱。

亨特色度测定

目的：为测定成品油炸片的颜色差异，以涉及新的薄片化方法。通过在熟化机和干燥器中明显较短的停留时间制作新的薄片。结果，薄片的颜色变浅。

原理：

该仪器模拟模拟人眼看到的颜色感觉。“L”、“a”和“b”是表示试样所处区域的色板中的坐标。“L”刻度范围是从黑到白，“a”是从绿到红并且“b”是从蓝到黄。参见图 9。

在部分去皮的切片或未去皮的整马铃薯中，马铃薯皮明确无疑是颜色的来源。

设备：亨特色度计，D25A-PC2 型，Reston, VA.

方法

1. 在使用仪器之前，确保进行正确的校准。
2. 将试样温度调整至 $70^{\circ}\text{F} \pm 2^{\circ}\text{F}$ 。
3. 使用马铃薯薄片的磨碎试样
4. 将试样倾入干净和干燥的试样杯中，盖住黑圈并且往各个杯子中插入一干净干燥的白色插件。
5. 将试样杯放在样品口 (port) 上；用口 (port) 盖覆盖试样 (确保没有气泡)。

6. 按 F3 键。有两个刻度并且这个键可以在两个刻度间切换。使用亨特 L, a, b 刻度。

7. 按 F1 键, 读 L, a, b 值。

褐变的光度测定 (相对吸光度指数)

目的: 本方法基于从适当磨碎的样品中萃取可溶性有色物质, 接着将所得的萃取物澄清并且光度评价抽提出的颜色。本发明制作的薄片与目前马铃薯薄片制造方法制作的薄片之间的吸光度差表示褐变程度的差异。

设备:

分光光度计 Hitachi U-3010, 系列#0838-018

材料:

乙醇 USP 纯-200 标准 (AAPER Alcohol and chemistry 公司)

参考:

Carl E. Hendel, Glen F. Bailey 和 Doris H. Taylor. "脱水蔬菜在储藏期间的非酶性褐变测定 (Measurement of Non-enzymatic Browning of Dehydrated Vegetables During Storage)" 《食品技术》 No. 9 (1950), pp. 344-347.

方法

本方法以 Hendel (1954) 的方法为基础开发的。本方法由 3 个步骤组成: 1) 从适当磨碎的样品中萃取可溶性有色物质, 2) 澄清所得的萃取物并且 3) 光度评价有色物质。

萃取: 使用乙醇作为脱水马铃薯的萃取介质。将样品磨碎至穿过孔径为约 2mm 的筛。称 2 g (d. b.) 样品至 100 mL 容量瓶中。剧烈搅拌溶液大约 30 分钟。

澄清: 然后, 将溶液放入一 3 cc 注射器中并且通过注射器滤器射到石英比色杯中。然后将过滤的溶液对乙醇空白作吸光度测定。

光度评价: 取 220nm-600nm 范围的吸光度。取 265nm 下的颜色萃取物的吸光度。选择这个波长是因为其大约在光谱的蛋白质部分的中间, 其中所说的光谱的范围为预计色氨酸和酪氨酸很明显的范围。

实施例

以下的实施例将举例说明本发明, 但没有限制本发明的含义。

实施例 1

将固形物含量为 21%且比重为 1.072 的生 Russet Burbank 马铃薯在室温水洗涤 (约 90kg 水洗约 45 kg 马铃薯), 以去除污垢和任何外来物质, 用在 5.6-6.0 kg/cm² 压力下以 11.25-12.0 秒/转旋转速度蒸汽去皮 23 秒 (50% 完全去皮时间), 用 Hobart®磨擦剂去皮机的带棱橡胶表面刮擦 30 秒并且使用 Lan Elec®切片机切割成 1/4"厚的切片。然后, 对马铃薯切片进行熟化步骤处理。使用 Ball Canning Table and Reimers 电动蒸汽蒸煮器用 207°F 蒸汽在 20psig 压力下熟化 15 分钟。然后, 使用带有 3/8"孔模板的 Hobart®绞肉机将马铃薯切片绞碎并且使用带桨片的 Hobart®混合器泥化 1 分钟, 得到马铃薯泥。将 10g 预先分散在水中的甘油单酸酯 (Diamodan PVK, Danisco 公司) 添加到泥状物中并且在 Hobart®混合器中混合 1 分钟。向泥状物中添加 179 g (10% 干基) 小麦淀粉 (ADM, Milling 公司, Milwaukee, WI) 并且在 Hobart®混合器中混合另外 2 分钟。将泥状物涂敷到 Overton®单转筒式干燥器的四个涂敷辊上。将转筒保持在 78-80 psi 蒸汽压力下 (温度 322-324 °F) 并且以约 9 秒/转 (6.67 rpm) 的速度旋转。转筒的直径为 12 英寸并且长 20 英寸。使用 RAYMAX (St. Louis, 密苏里州) 制造的 1010 型红外辐射加热器给转筒的外表面施加红外加热, 加热器长 22 英寸并且宽 4 英寸。加热器提供 10 W/in² 的功率, 该功率可提供温度最高至 1000 °F (537.7°C)。用 Watlow (St. Louis, 密苏里州) 制造的 Watlow 988 系列加工控制器控制

加热器。红外加热器距离转筒表面 2 英寸。在干燥的转筒上形成 0.005 英寸厚的薄面片层。通过刮刀从转筒上取下该含水量为 8.8% 的面片并且使用 Comitrol® 研磨机磨成最多 30% 通过 40 目美国标准筛的颗粒。所得的薄片含有约 22.1% 直链淀粉、约 2.7 mg/100g 维生素 C, WAI 约 8.83 并且峰值 RVA 为 143.42 RVA 单位。

实施例 2

将固形物含量为 21% 的整的生 Russet Burbank 马铃薯在室温水里洗涤, 以去除污垢和任何外来物质。然后将马铃薯在水中煮制 25 分钟。然后, 使用带有 3/8" 孔模板的 Hobart® 绞肉机将马铃薯切片绞碎并且使用带桨片的 Hobart® 混合器泥化 1 分钟, 得到马铃薯泥。将 10g 预先分散在水中的甘油单酸酯 (Diamodan PVK, Danisco 公司) 添加到泥状物中并且在 Hobart® 混合器中混合 1 分钟。将泥状物涂敷到 Overton® 单转筒式干燥器的四个涂敷辊上。将转筒保持在 85 psi 蒸汽压力下 (温度 328°F) 并且以约 20 秒/转 (3.0 rpm) 的速度旋转。转筒的直径为 12 英寸并且长 20 英寸。使用 RAYMAX (St. Louis, 密苏里州) 制造的 1010 型红外辐射加热器给转筒的外表面施加红外加热, 加热器长 22 英寸并且宽 4 英寸。加热器提供 10 W/in² 的功率, 该功率可提供温度最高至 1000 °F (537.7 °C)。用 Watlow (St. Louis, 密苏里州) 制造的 Watlow 988 系列加工控制器控制加热器。红外加热器距离转筒表面 2 英寸。在干燥的转筒上形成 0.007 英寸厚的薄面片层。通过刮刀从转筒上取下该含水量为 12.9% 的面片并且使用 Comitrol® 研磨机磨成最多 30% 通过 40 目美国标准筛的颗粒。所得的薄片含有约 19.4% 直链淀粉、约 8.1 mg/100g 维生素 C, WAI 约 7.94 并且峰值 RVA 为 92.83 RVA 单位。

实施例 3

将固形物含量为 20.5% 的整的生 Russet Burbank 马铃薯和 Bintje 马铃薯的 50: 50 混合物用水洗涤、漂洗和刷过。将整马铃薯用蒸汽 (20 psi) 熟化约 22 分钟。然后, 将马铃薯泥化得到马铃薯泥。在熟化器之后向马

铃薯泥中添加小麦淀粉至 6.3% 含量(干基)并且在将泥状物运送转筒式干燥器的过程中混合。将含淀粉的泥状物涂敷到三个干燥转筒(#4, #5 和#6)的顶部。不利用红外加热器。转筒压力、温度和速度列于下表。转鼓的直径为 5 英尺并且长 16 英尺。在干燥的转筒上形成泥状物的薄层。采用用于分选和研磨的刨片机上的刮刀从转筒上取下含水量为 5.98% 的面片并且磨成最多 30%通过 40 目美国标准筛的颗粒。所得的共薄片化产品含有约 26.9% 直链淀粉、约 12.3 mg/100g 维生素 C, WAI 约 9.35 并且峰值 RVA 为 273.3 RVA 单位。

转筒	蒸汽压力	转筒温度	转筒速度	面片厚度
#4	8.5 bar	352 °F	17.0 秒/转	0.013 μm
#5	6.0 bar	329 °F	18.0 秒/转	0.0145 μm
#6	8.1 bar	349 °F	18.5 秒/转	0.013 μm

实施例 4

将固形物平均含量为 21%且还原糖平均含量为 1.5%的 Russet Burbank 马铃薯用水洗涤、漂洗和刷过。将马铃薯稍微去皮,切成 14.3 mm (9/16") 厚的切片,然后冷却。根据下面三组不同加工条件制造马铃薯薄片。

(1) 基准薄片,指在对照条件下制作的薄片;(2) WS 薄片,指含小麦淀粉的马铃薯薄片,和(3) WS + IR 薄片,指含小麦淀粉并且用转筒干燥联合红外加热干燥的马铃薯薄片。

三种情况(基准, WS 和 WS+IR)中的马铃薯的预处理相同,不同之处是 WS 和 WS+IR 薄片的切片时间稍短。明显区别之处在它们的熟化过程,其中熟化时间从 35 分钟(基准)降到 27 分钟(WS 和 WS+IR)。所有实验中的乳化剂溶液添加速率为 142 L/h。乳化剂在溶液中的浓度为大约 5.2%。这实际上意味着最终产品(薄片)中的添加率为 0.49%。柠檬酸添加率以最终产品薄片计为 60 ppm。添加柠檬酸的主要目的是通过络合马铃薯薄片天然存在的金属离子来尽可能地延长最终产品的保质期。试验过程中,向泥状物中添加的水的量从对 4 个转筒的典型的 250 kg/h (550 lb/h) 值降低至 0 kg/h。对含小麦淀粉(ADM 公司出品)的马铃薯薄片来说,将

小麦淀粉以最终产品-薄片的 5.0%的量添加到泥状物。

使用 TA (质地分析)反向挤压方法来测定泥状物的坚实度, 并且 27 分钟熟化时间的平均坚实度 [克力]为 3012, 而 35 分钟熟化时间的平均坚实度 [克力]为 2606。所有测定值均以 35 mm 直径探头为基准。因此, 当熟化时间从 35 分钟降低到 27 分钟时, 泥状物的坚实度增加了 14%。泥状物中的硬碎片数量从常规熟化(35 分钟熟化时间)的 8.5 片/2000 g 泥状物增加到低程度熟化 (27 分钟熟化时间)的 34 片/2000 g 泥状物。这对将未熟碎片的大小限制在 6 mm (1/4") 是重要的, 因为转筒和辊之间存在间隙。如果硬碎片较大, 它们会占据在辊上并且阻塞泥状物沉积到转筒上, 直至它们足够熟化并且碎裂成小于 6 mm (1/4")的碎片为止。

使用四个直径为 5 英尺且长 16 英尺的转筒干燥器(#1、#2、#3、#4)来制造本发明的薄片。将红外面板仅放在一个转筒干燥器(#2)的周围。

制作本发明薄片所用的加工条件

单元操作	条件
去皮机	压力 = 11.5 巴 (168 psi) 去皮时间 = 8 秒 去皮损失 = 3.4%
切片机	切片 = 14.3 mm (9/16").
熟化器	蒸汽流速 = 2049 kg/h (4523 lb/h) 停留时间 = 35 min-基准 停留时间 = 27 min-WS 和 WS+IR 加水: 开始时 4 个转筒 250 L/h 并且结束时 0 L/h 乳化剂加量 = 薄片的 0.49 % 柠檬酸加量 = 薄片的 60 ppm
加小麦淀粉	添加量 =薄片的 5%
转筒	蒸汽流速 = 1600 kg/h (3532 lb/h) RPM = 4.75 (#1, 3, 4 号转筒) RPM = 5.4 (#2 号转筒-IR 面板)

将电动控制系统结合用于 IR 面板的双重控制策略。它们可以通过测定面板温度或通过调整面板功率耗量来控制。实行双系统是为了防止面板因热电偶烧毁而导致的失败。

用于 IR 面板的电动控制系统

系统信息	控制软件	数据获取和控制板
名称	Cimplicity HMI	_____
产品标号	IC646TDV300	IC646NMR000
描述	300 I/O 开发系统	MODBUS RTU
系列号	6994030881	6996180940

IR 面板的最大功率耗量为(所有加热器为 100%)是 126.72 kW。观察功率耗量为在设定值的 ± 5 kW 周围摆动。参见图 12A。本系统可以达到的最大温度(功率密度 = 23.3 kW/m^2 (15 W/in^2))是 494°C (920°F)。

图 12B 显示了 IR 面板和功率分布(设置在转筒干燥器最低点处)。有 IR 加热器的 5 排触键(A, B, C, D 和 E)位于转筒的最低点,并且在最后一个泥状物沉积辊之后。对面板和导管进行强制对流冷却以防止电线系统过热。

实施例 4 所示试验过程获得的薄片品质数据

条件	WAI	直链淀粉	还原糖	密度	含水量	筛目上的颗粒粒度分布 [%]		
	[g/g]	[%]	[%]	[g/cm ³]	[%]	20	40	100
基准	9.6	23.3	1.1	0.55	7.0	2.1	24.6	54.1
WS	9.0	24.9	1.5	0.56	7.0	2.0	22.8	54.3
IR+WS	8.3	25	1.5	0.50	7.7	0.9	27.4	57.3

以上品质数据显示,随着输入薄片中的功降低,WAI 降低。从基准到 WS 薄片有一个明显的下降;这可以归于熟化时间的降低(从 35 分钟降低至 27 分钟)。从 WS 到 WS+IR 薄片 WAI 的降低归于薄片在转筒上的停留

时间缩短 (降低 14%)。所有情形中的直链淀粉含量相差不多。低程度熟化通过减少细胞损伤和随后的细胞内容物浸出而降低了直链淀粉含量，但添加小麦淀粉弥补了直链淀粉的减少。

实施例 4 讨论的三个试验的工艺条件

条件	熟化时间 [分钟]	WS 添加 [%]	IR 平均温度 [℃/(°F)]	IR 平均功率 [kWh]
基准	35	0	(没有 IR)	(没有 IR)
WS	27	5.0	(没有 IR)	(没有 IR)
WS+IR	27	5.0	454/(850)	100

上表中的数据显示了三个运行过程中的平均加工条件。熟化时间从 35 分钟降低至 27 分钟。用于测试的平均 IR 面板温度为 454 ℃ (850°F)。系统的平均功率耗量为 100 kW (相当于蒸发 160 kg 水/h)。#2 号转筒上的平均蒸汽流速最高 (红外面板位于转筒式干燥器的下面)。转筒 RPM 清楚显示了#2 号转筒 (IR) 与其它三个转筒之间的差别。1、3 和 4 号转筒在整个试验过程中具有相同的平均 RPM，具有非常相似的标准偏差。可以看到#2 号转筒 RPM 与 1、3 和 4 号转筒之间的差别是具有统计学意义的。

下表显示了不同转筒式干燥器的关键工艺参数。#2 转筒是唯一备有红外面板的转筒。

1-4 号转筒工艺条件的比较

转筒 (C 线)	蒸汽流速 [kg/h]	转筒旋转 [RPM]	薄片含水量** [%]	压片温度 [℃ (°F)]
#1	1643 ± 122	4.7 ± 0.6	8.4 ± 0.7	108 ± 5 (226 ± 9)
#2	1698 ± 260	5.4 ± 0.5	8.2 ± 0.8	107 ± 4 (224 ± 7)
#3	1528 ± 375	4.8 ± 0.7	7.4 ± 1.1	111 ± 6 (231 ± 11)
#4	1599 ± 125	4.7 ± 0.6	7.8 ± 0.6	107 ± 4 (224 ± 7)

下表提供了所有其它可测定工艺变量的总览。

工艺条件	平均 ± 标准偏差
去皮机蒸汽压力 [巴 (psi)]	11.6 ± 0.2 (170 ± 3)
*去皮机停留时间 [s]	8 ± 0
预熟化机水温 [$^{\circ}\text{C}$ ($^{\circ}\text{F}$)]	21 ± 1 (70 ± 2)
**熟化机#5 蒸汽流速 [kg/h (lb/h)]	2190 ± 60 (4830 ± 140)
熟化机#5 蒸汽压力 [巴 (psi)]	0.3 ± 0.02 (4.4 ± 0.3)
**熟化机#6 蒸汽流速 [kg/h (lb/h)]	2050 ± 160 (4525 ± 350)
熟化机#6 蒸汽压力 [巴 (psi)]	0.3 ± 0.006 (4.4 ± 0.1)
***料仓#1 泥状物温度 [$^{\circ}\text{C}$ ($^{\circ}\text{F}$)]	84 ± 3 (183 ± 6);
***料仓#2 泥状物温度 [$^{\circ}\text{C}$ ($^{\circ}\text{F}$)]	77 ± 3 (170 ± 6)

下表说明了向泥状物中添加小麦淀粉和向转筒添加 IR 面板 (额外能源) 对生产率的增加。当与基准的生产相比, 两种技术的联合效果使生产率增加了 17.5%。

本发明马铃薯薄片的生产率

条件	每转筒的生产率 ± 标准偏差 [kg/h (lb/h)]	相比先前条件生产率的增加 [%]	面片厚度 [μm (0.001")]	转筒 RPM
基准	378 ± 20 (834 ± 44)	n/a	146 ± 17 (5.7 ± 0.6)	4.2 ± 0.5
WS	401 ± 17 (885 ± 37)	6.8	141 ± 12 (5.5 ± 0.5)	4.7 ± 0.6
IR+WS	444 ± 27 (980 ± 60)	10.7	144 ± 14 (5.7 ± 0.5)	5.4 ± 0.5

图 13A, B 和 C 以及图 14A, B, C 和 D 是本实施例所述方法制作的马铃薯薄片中马铃薯细胞的显微照片。在用常规方法和实施例 4 制备的马

铃薯薄片之间，细胞破碎率以及细胞膨胀有显著的差别。用常规方法制备的马铃薯薄片表现出非常高的破碎细胞含量，以及很多完整无损的细胞都细胞膨胀(图 13A, B 和 C)。这是熟化不匀的指征，造成有一些细胞熟化过头和一些细胞熟化不足。细胞膨胀范围从 100 到 300 μm 直径。用实施例 4 方法制备的马铃薯薄片(图 14A, B, C 和 D)显示了破碎细胞百分比小于 20%，并且马铃薯细胞均匀膨胀。膨胀的范围为 100–250 μm 直径。

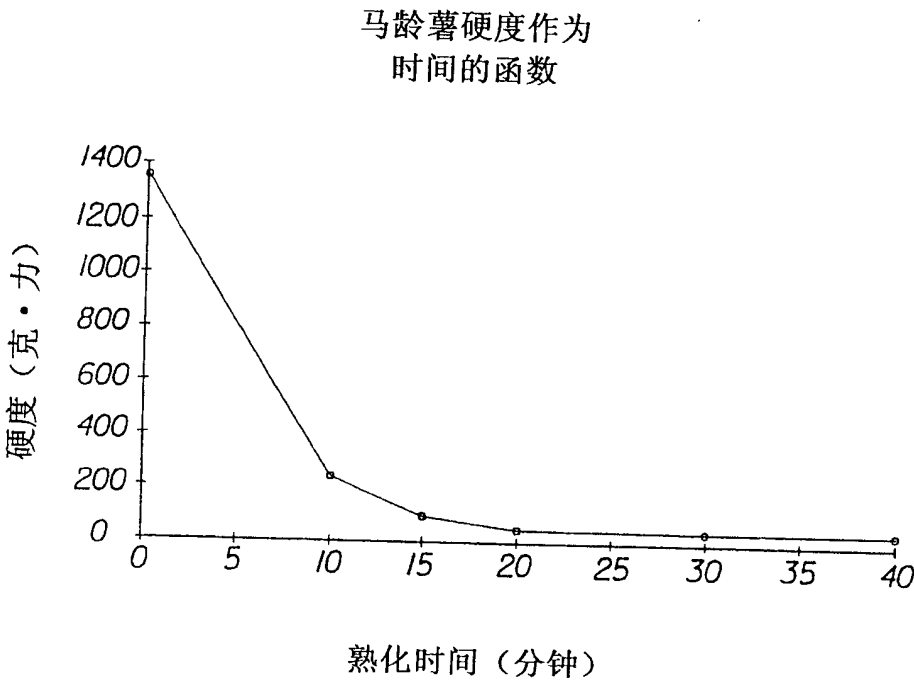


图 1

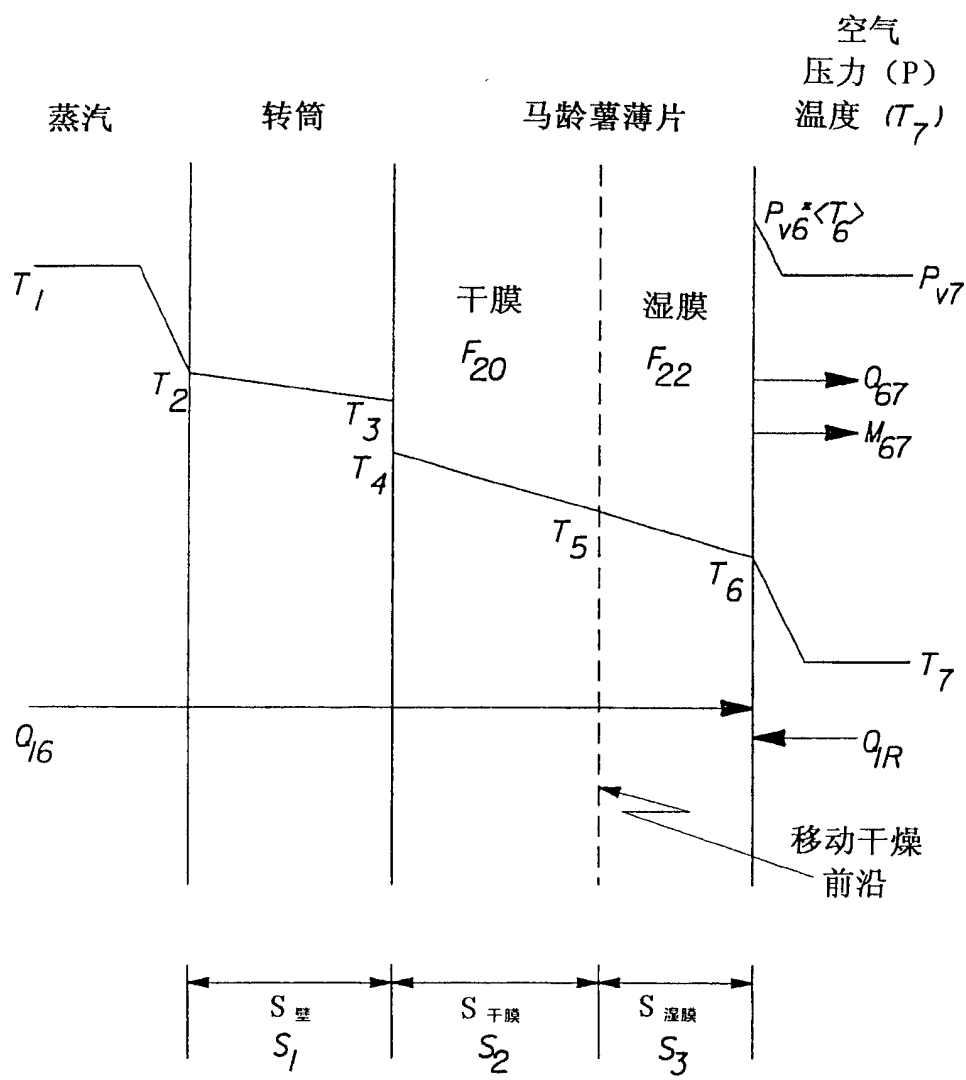
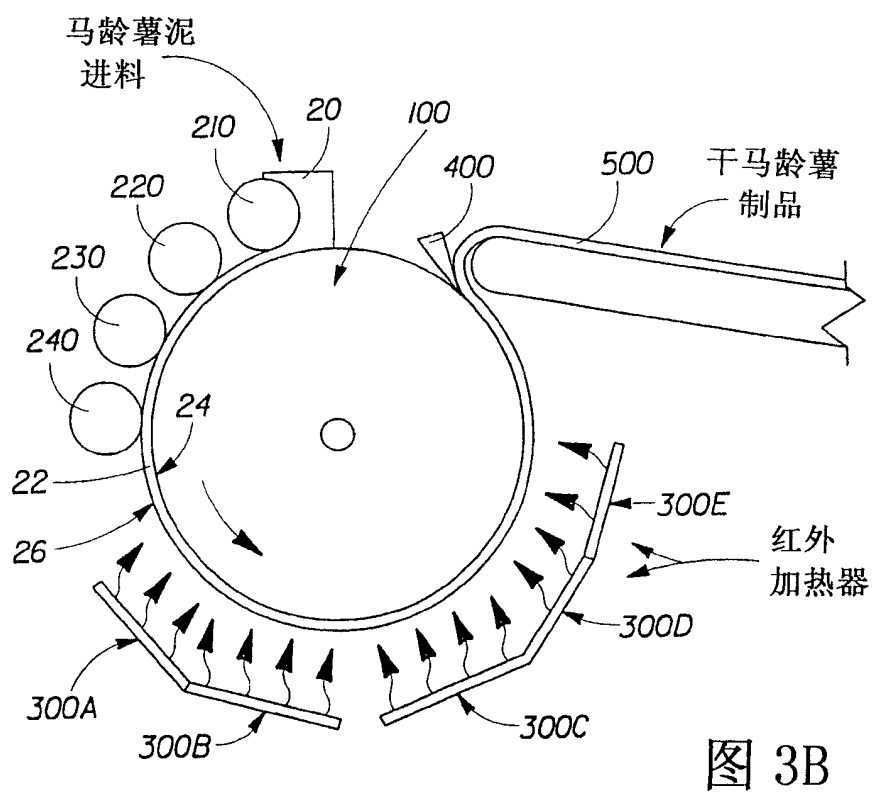
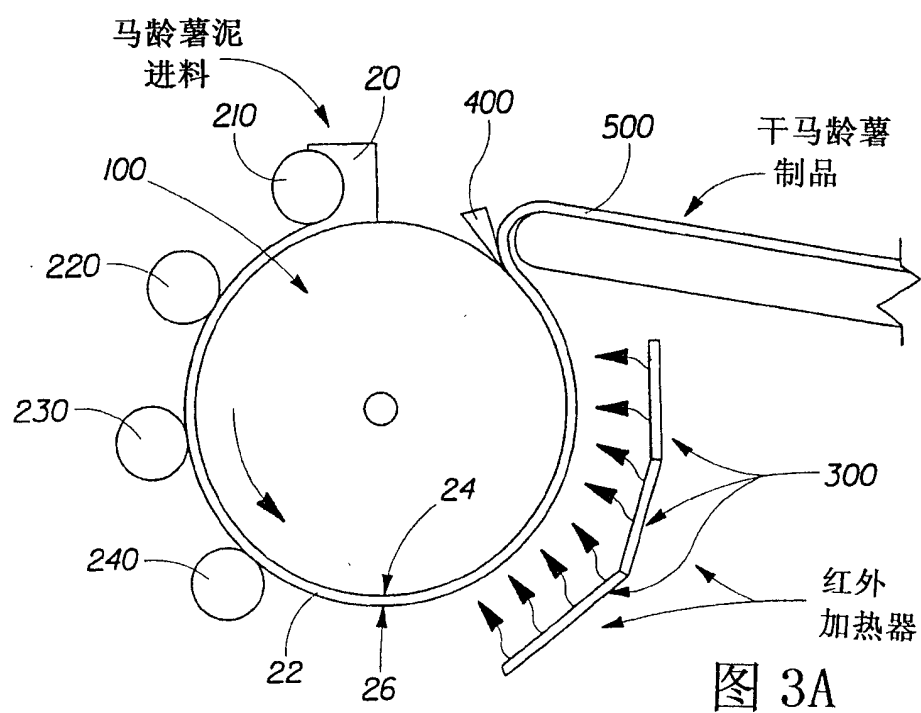


图 2



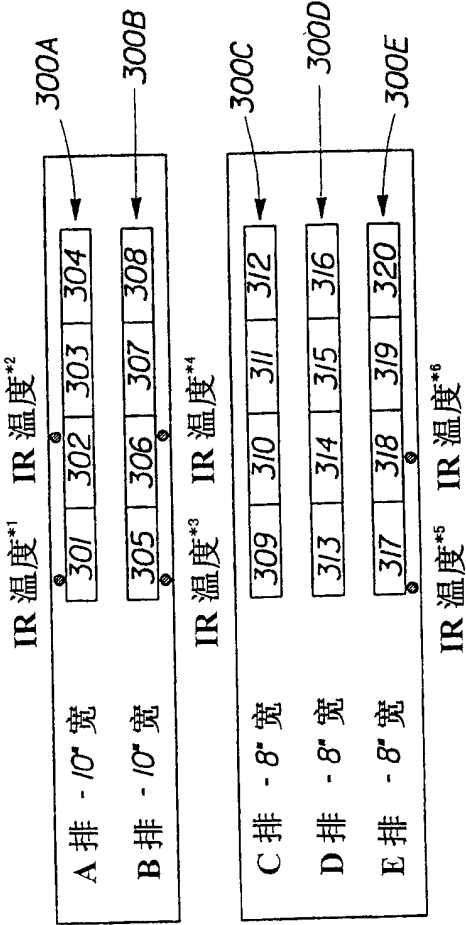


图 3C



图 4A



图 4B



图 4C



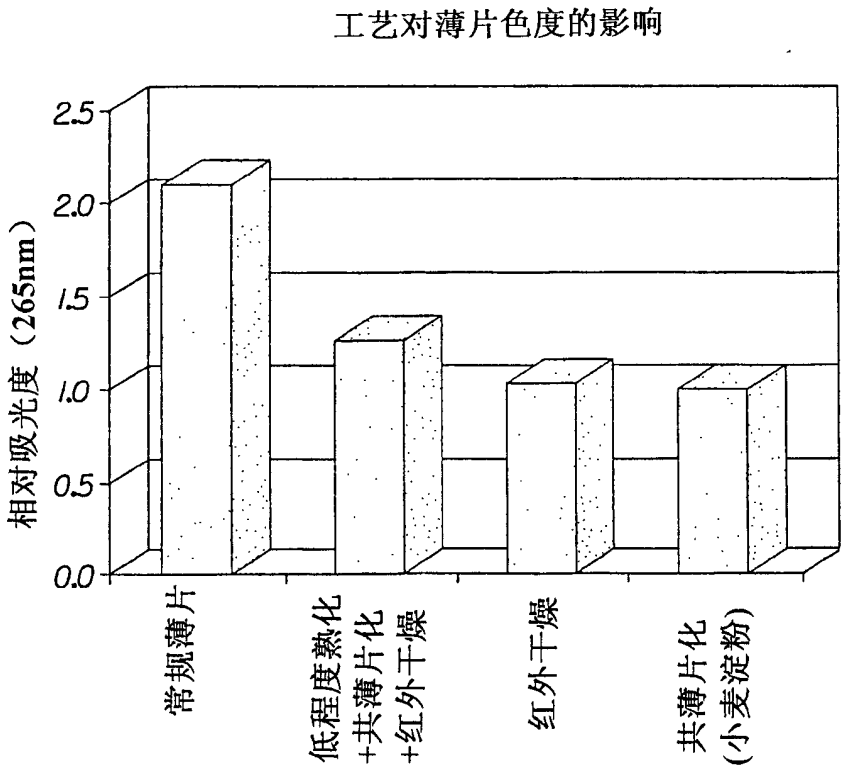
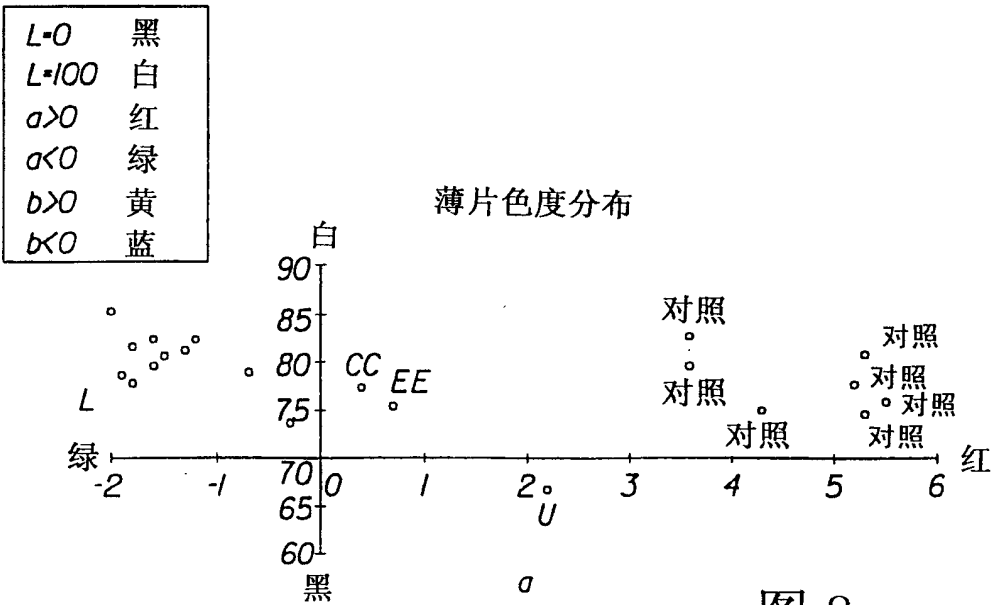
图 5



图 6



图 7



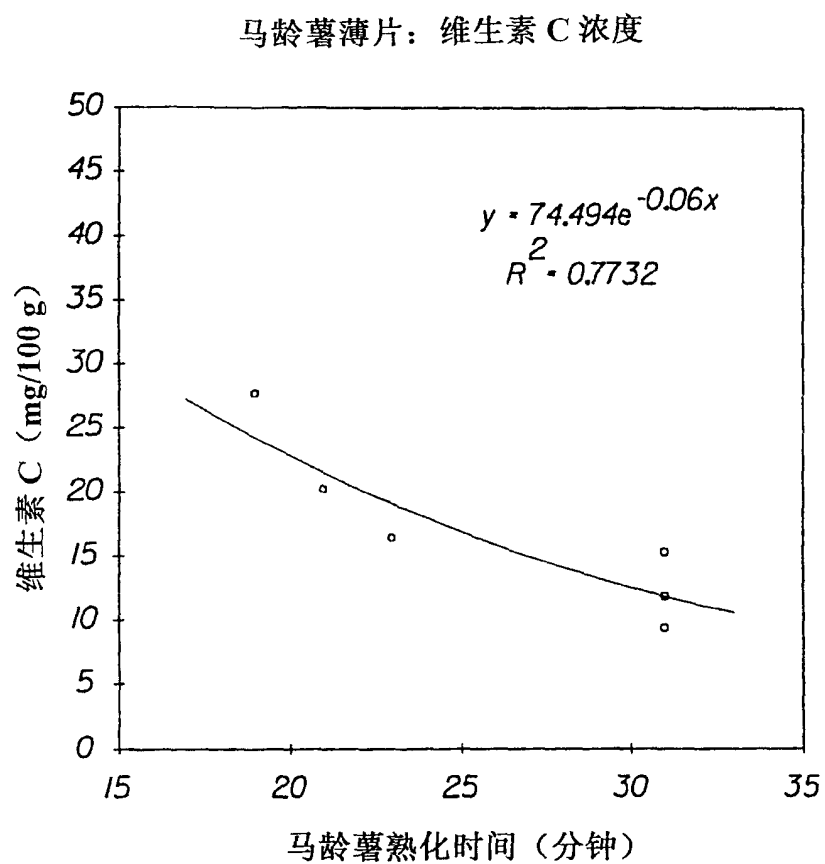


图 10

用于糊化的最小马铃薯熟化时间：
差式扫描量热法

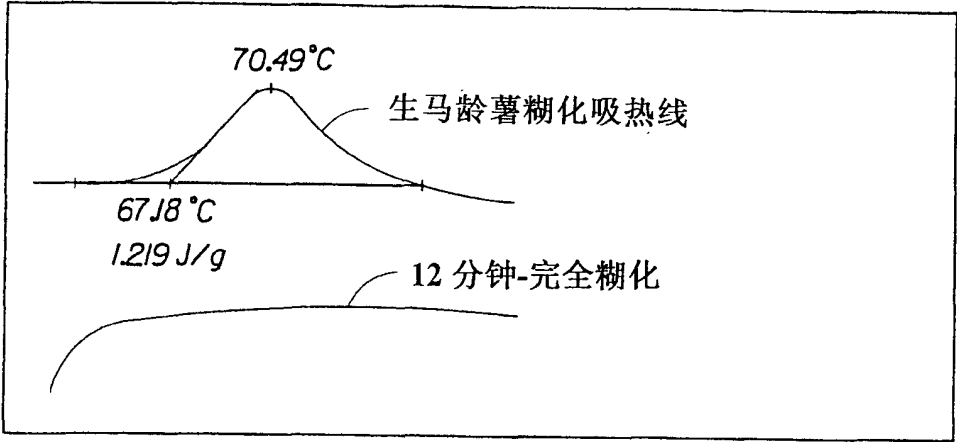


图 11

IR 面板功率与温度

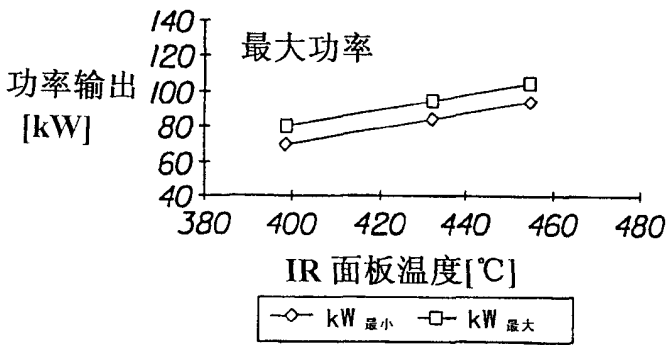


图 12A

IR 面板设置和功率分布
泥盘

<i>A1 240V 1.80 kW</i>	<i>A2 480V 9.00 kW</i>	<i>A3 480V 9.00 kW</i>	<i>A4 480V 9.00 kW</i>
<i>B1 480V 9.00 kW</i>	<i>B2 480V 9.00 kW</i>	<i>B3 480V 9.00 kW</i>	<i>B4 240V 1.80 kW</i>
<i>C1 240V 1.44 kW</i>	<i>C2 480V 7.20 kW</i>	<i>C3 480V 7.20 kW</i>	<i>C4 480V 7.20 kW</i>
<i>D1 480V 7.20 kW</i>	<i>D2 480V 7.20 kW</i>	<i>D3 480V 7.20 kW</i>	<i>D4 240V 1.44 kW</i>
<i>E1 240V 1.44 kW</i>	<i>E2 480V 7.20 kW</i>	<i>E3 480V 7.20 kW</i>	<i>E4 480V 7.20 kW</i>

图 12B

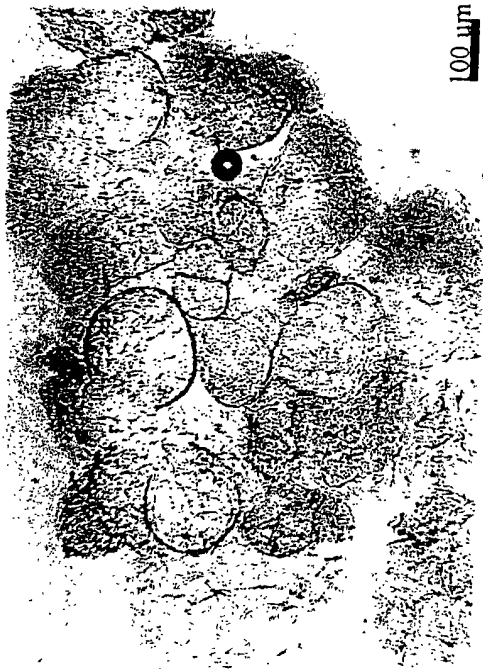


图 13A

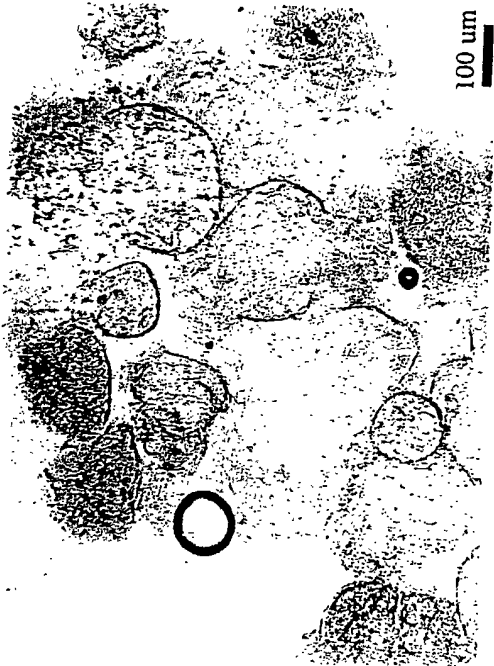


图 13B



图 13C

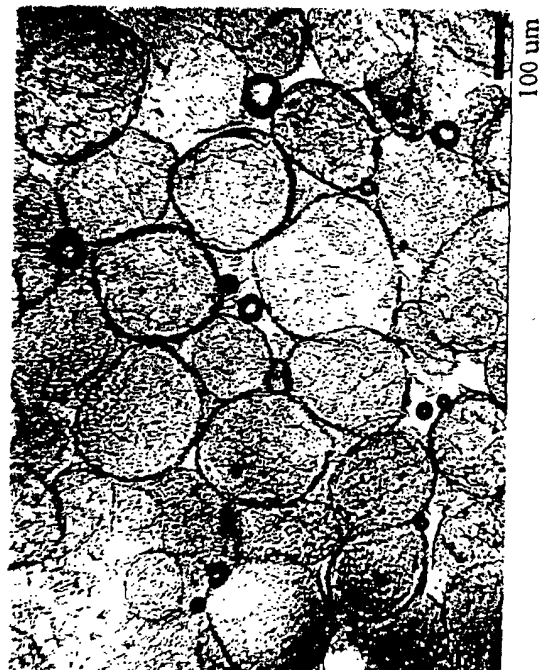


图 14B

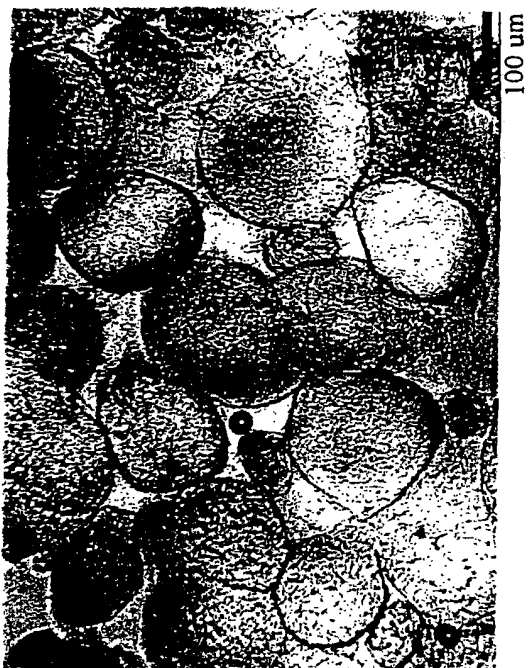


图 14C

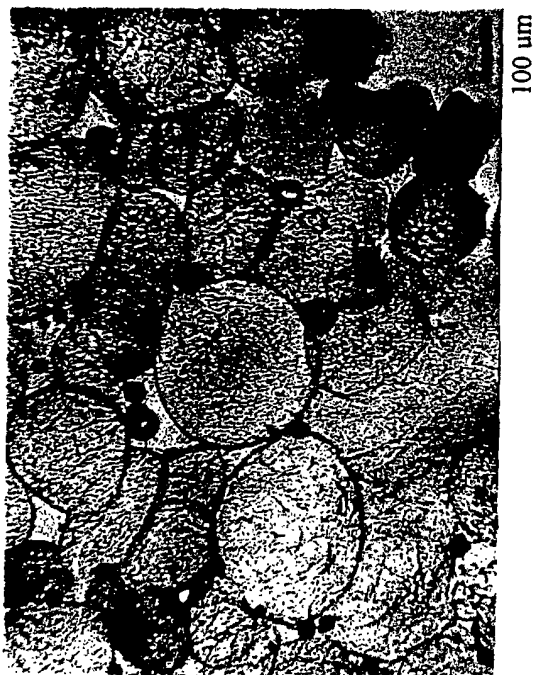


图 14A