



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107073415 B

(45) 授权公告日 2021.02.05

(21) 申请号 201580049716.3

(22) 申请日 2015.09.14

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107073415 A

(43) 申请公布日 2017.08.18

(30) 优先权数据
1416283.8 2014.09.15 GB

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2017.03.15

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2015/070942 2015.09.14

(87) PCT国际申请的公布数据
W02016/041896 EN 2016.03.24

(73) 专利权人 阿尔基玛股份有限公司

地址 挪威海于格斯威尔

(72) 发明人 奥拉夫·阿斯勒·德尤佩伊瓦格
托尔施泰因·弗兰岑

(74) 专利代理机构 北京清亦华知识产权代理事
务所(普通合伙) 11201

代理人 宋融冰

(51) Int.Cl.

B01F 5/06 (2006.01)

G12M 1/02 (2006.01)

G12M 1/40 (2006.01)

审查员 徐汝隆

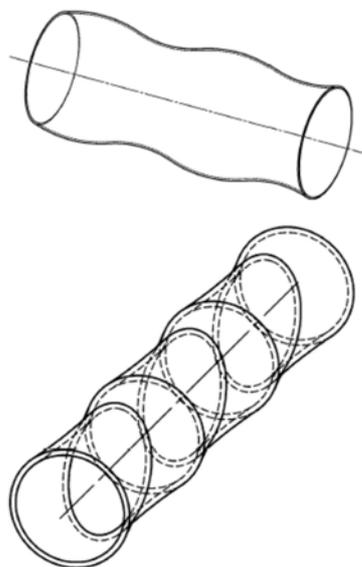
权利要求书2页 说明书13页 附图3页

(54) 发明名称

酶加工装置和酶加工方法

(57) 摘要

一种用于有机分子的基于连续流的酶加工的酶加工装置,包括酶加工区域,其中酶加工区域包括具有重复变化的中心线和/或重复变化的横截面的湍流产生管,用于产生湍流以混合反应混合物并在反应混合物流过湍流产生管时防止颗粒沉降,并且其中所述酶加工装置和酶加工区域布置为使得反应混合物在酶加工区域内在15分钟或更长的反应时间内经历湍流。



1. 一种用于有机分子的基于连续流的酶加工的酶加工装置,包括酶加工区域,其中所述酶加工区域包括具有重复变化的中心线和/或重复变化的横截面的湍流产生管,用于产生湍流以混合反应混合物并在所述反应混物流过所述湍流产生管时防止颗粒沉降,

其中所述湍流产生管以堆叠、卷绕或嵌套布置的方式提供在一个或多个宽的水平层中,

其中所述湍流产生管包括多个概念上的重复单元,所述重复单元的数目大于10,所述湍流产生管的平均直径在20mm至200mm的范围内,且所述酶加工区域包括一个或多个总长度为至少50m的湍流产生管,

并且其中所述酶加工装置和所述酶加工区域布置为使得所述反应混合物在所述酶加工区域内在15分钟或更长的反应时间内经历湍流。

2. 根据权利要求1所述的装置,其中,所述反应时间大于30分钟。

3. 根据权利要求1或2所述的装置,其中,所述湍流产生管具有变化的横截面积。

4. 根据权利要求1或2所述的装置,其中所述湍流产生管是波纹管。

5. 根据权利要求1或2所述的装置,其中所述重复单元的数目大于20。

6. 根据权利要求5所述的装置,其中所述重复单元的数目大于50。

7. 根据权利要求1或2所述的装置,其中所述装置布置成对通过所述湍流产生管时流速小于2m/s的所述反应混合物进行操作。

8. 根据权利要求7所述的装置,其中所述装置布置成对通过所述湍流产生管时流速小于1m/s的所述反应混合物进行操作。

9. 根据权利要求8所述的装置,其中所述装置布置成对通过所述湍流产生管时流速小于0.5m/s的所述反应混合物进行操作。

10. 根据权利要求1或2所述的装置,其中所述酶加工区域包括一个或多个总长度为至少100m的湍流产生管。

11. 根据权利要求1或2所述的装置,其中所述湍流产生管的平均直径在40mm至100mm的范围内。

12. 根据权利要求11所述的装置,其中所述湍流产生管的平均直径在50mm至90mm的范围内。

13. 根据权利要求1或2所述的装置,其中所述湍流产生管内的所述反应混合物的流是雷诺数小于1000的湍流。

14. 根据权利要求13所述的装置,其中所述湍流产生管内的所述反应混合物的流是雷诺数小于800的湍流。

15. 根据权利要求14所述的装置,其中所述湍流产生管内的所述反应混合物的流是雷诺数小于600的湍流。

16. 根据权利要求1或2所述的装置,其中所述湍流产生管包括附着于所述湍流产生管的内表面的固定化酶层。

17. 根据权利要求1或2所述的装置,包括用于引入改变所述反应混合物的特性的试剂的注入点。

18. 根据权利要求17所述的装置,其中所述试剂是酸、碱或水。

19. 根据权利要求1或2所述的装置,包括用于加热所述湍流产生管的至少部分的热交

换器。

20. 根据权利要求1或2所述的装置,包括分离器系统。

21. 根据权利要求20所述的装置,其中所述分离器系统包括离心机和/或过滤器和/或可操作以输出油和油溶性组分的流、水溶性组分流和沉降流的三相倾析器。

22. 根据权利要求1或2所述的装置,其中所述装置是模块化系统。

23. 一种装有前述权利要求中任一项所述的装置的船。

24. 一种有机分子的酶加工方法,包括使反应混合物通过包括湍流产生管的第一酶加工区域,所述湍流产生管具有重复变化的中心线和/或重复变化的横截面,由所述湍流产生管产生的湍流用于混合所述反应混合物并在所述混物流过所述湍流产生管时防止颗粒沉降,

其中所述湍流产生管以堆叠、卷绕或嵌套布置的方式提供在一个或多个宽的水平层中,

其中所述湍流产生管包括多个概念上的重复单元,所述重复单元的数目大于10,所述湍流产生管的平均直径在20mm至200mm的范围内,且所述酶加工区域包括一个或多个总长度为至少50m的湍流产生管,

其中所述反应混合物在所述酶加工区域内在15分钟或更长的反应时间内经历湍流。

25. 根据权利要求24所述的方法,包括使用根据权利要求1至22中任一项所述的装置。

26. 根据权利要求24或25所述的方法,包括使所述反应混合物通过所述第一酶加工区域下游的第二酶加工区域,其中在所述第二酶加工区域中进行的化学反应不同于在所述第一酶加工区域中进行的化学反应。

27. 根据权利要求24或25所述的方法,其中所述反应混合物包括选自鸟类、鱼类、甲壳类、软体动物、哺乳动物、海洋和淡水藻类、酵母或油籽的原材料。

28. 根据权利要求24所述的方法,包括提供热交换器。

29. 根据权利要求24所述的方法,包括在所述第一酶加工阶段的上游提供封闭的混合室。

30. 根据权利要求24所述的方法,包括提供用于从所述反应混合物中分离具有给定分子尺寸或更大分子尺寸的组分的过滤器。

酶加工装置和酶加工方法

技术领域

[0001] 本发明涉及用于酶加工有机分子的装置和方法,例如有机分子的酶水解。有机分子包括大分子,例如蛋白质、脂质和多糖。

背景技术

[0002] 有机分子的酶加工至少包括以下过程:氧化/还原(通过氧化还原酶);官能团的转移,例如甲基或磷酸基的转移(通过转移酶);水解(通过水解酶);通过除了水解和氧化以外的手段裂解各种键(通过裂解酶);单分子内的异构化变化(通过异构酶)和具有共价键的两个分子的连接(通过连接酶)。

[0003] 在酶水解中,分子中的化学键通过水的加入而破坏,其中酶用作反应的催化剂。为了促进该反应,反应混合物(例如,包含待水解分子的原料、水和适当的酶)的各种组分必须在合适的反应条件下混合在一起。作为实例,从海洋生物来源获得的蛋白质(例如藻类或鱼获得的材料)可以通过水解加工以获得大量肽,直到单一氨基酸,这取决于所使用的酶和加工条件。

[0004] 混合反应混合物的各种组分是必要的,不管发生的反应是水解还是另一种形式的酶加工。因此,虽然水解是以下讨论的焦点,但是技术考虑和本发明本身同样可以更普遍地应用于酶加工。

[0005] WO-A-2004/049818公开了用于水解含蛋白质的原料的装置。所述装置包括水解区域,水解区域包括管,在所述管中设置有旋转螺旋钻(auger),以输送并温和混合所述反应混合物。已经认识到,混合必须以受控的方式进行以控制酶和原料之间的接触,同时避免乳液形成(或最小化乳液形成的程度)。该方法可以作为连续方法或作为间歇方法进行。

[0006] 以这种方式的主动混合可能导致这样的缺点,混合力不是均匀地分布在整个流的体积中。这可能导致系统内的机械应力的集中,以及反应混合物不良混合的区域形成。该系统的另一个缺点在于,通过提供螺旋钻来增加系统的复杂性、重量和成本。此外,残留物和沉积物会在螺旋钻上积累,因此需要定期清洁螺旋钻。然而,由于其复杂的形状,螺旋钻不容易清洁。清洁螺旋钻所需的时间和精力增加了运行系统的成本,并且由于在清洁螺旋钻时所需的停机时间而降低了其效率。

[0007] EP-B-0566877公开了用于酶水解蛋白质的装置,其中水解在具有静态混合元件的管中进行。静态混合元件包括彼此嵌套的金属或塑料支架。然而,该装置可能不能进行与WO-A-2004/049818中所述相同的水解反应,因为不可能使用EP-B-0566877的装置具有连续反应过程。

[0008] 此外,静态混合元件难以清洁(导致增加的停机时间和降低的效率),并且还增加了系统的复杂性、重量和成本。另外,由静态混合元件产生的混合力可能不是均匀地分布在反应混合物流的整个体积上,可能导致形成其中反应混合物混合不良的区域。

[0009] 因此,鉴于现有技术的问题,需要提供在水解区域中,或更一般地在酶加工装置的酶加工区域中混合各种试剂的替代手段。

具体实施方式

[0010] 根据本发明的第一方面,提供了一种用于有机分子的基于连续流的酶加工的酶加工装置,包括:酶加工区域,其中所述酶加工区域包括具有重复改变的中心线和/或重复变化的横截面的湍流产生管,用于产生湍流以混合反应混合物并在混物流经湍流产生管时防止颗粒沉降,并且其中所述酶加工装置和所述酶加工区域布置成使得反应混合物在酶加工区域内在15分钟或更长的反应时间内经历湍流。

[0011] 根据本发明的第二方面,提供了一种有机分子的基于连续流的酶加工方法,包括:使反应混合物通过包括湍流产生管的酶加工区域,所述湍流产生管具有重复变化的中心线和/或重复变化的横截面,所述湍流产生管产生的湍流用于混合所述反应混合物,并在所述混物流过所述湍流产生管时防止颗粒沉降,其中所述反应混合物在酶加工区域内在15分钟或更长的反应时间内经历湍流。

[0012] 通过使用具有重复变化的中心线和/或重复变化的横截面的湍流产生管产生湍流,而不需要具有移动部件的混合机构或EP-B-0566877中所示类型的静态混合元件。与现有技术中的搅拌或静态混合器相比,通过管中的湍流混合具有重要的优点:混合力分布在整个体积中。这降低了应力集中和具有不良混合的区域形成。

[0013] 此外,在流管中使用混合元件的现有技术(例如EP-B-0566877中的混合元件),或甚至如在US4126517中使用波纹管系统的现有技术,不允许异质生物底物的连续流动,同时在没有固体颗粒的堵塞或沉降的情况下通过混合保持在延长的时间段内。重要的是允许至少15分钟并且优选更长,例如20分钟或更长、30分钟或更长、或甚至如下所述的更长反应时间的长反应时间。再次如下所述,反应时间可以通过缓慢流速和足够长度的管道系统的组合来实现。在上面提到的现有技术中,流速太快,并且管道系统对于在连续流动过程中所需的反应时间来说太短。

[0014] 作为通过湍流产生管的湍流流动的结果,反应混合物在该过程中混合并保持为均匀的混合物。湍流还降低了沉降的风险。根据原料的实际颗粒组成和流速,湍流可以完全防止反应混合物的较重相沉降。

[0015] 虽然一定程度的湍流对于混合反应混合物是重要的,但也希望减少(并且理想地最小化)管中剪切力的产生。剪切力由太高的流体速度引起,并且可能有助于乳液的产生,这是不期望的。

[0016] 避免或减少乳液的形成是酶加工系统(例如蛋白质/脂质混合物的水解)中的重要考虑因素。乳液阻断酶接近乳液中捕获的部分原料,从而降低酶加工的效率。此外,乳液的问题延伸到分离阶段。在乳液中,脂质可以与水溶性组分紧密结合,例如机械分离器不能分离的肽材料。因此,结果可能是与例如蛋白质相中的脂质和/或脂质相中的蛋白质的不良分离。乳液可以在后期通过过滤取出,但是乳化的组分仍然不能回收并与非乳化的组分合并。也就是说,没有特定的装置,不可能从乳液中分离水溶性组分,以使其与非乳化的水溶性级分重新合并,也不可能从乳液中分离脂质和脂溶性组分,以使它们与非乳化脂质和脂溶性级分重新合并。

[0017] 从上述内容可以理解,挑战是获得反应混合物的良好混合,而不产生乳液。另外,需要最小流速来防止固体颗粒堵塞管。与现有技术的静态混合器等相比,使用重复变化的横截面和/或中心线的所提出的湍流产生管能够在较低流速下产生湍流并且具有减小的剪

切应力。通过将这种类型的管与长反应时间和连续流动过程组合,可以有效地进行现有技术不可能的酶加工,或者需要复杂且难以清洁的装置的酶加工,通常限于批量处理。

[0018] 酶加工可以是酶水解。提及连续流动过程旨在涵盖其中通过加工装置的流动在单次通过中发生而没有重复回路或分批加工的过程,其中反应混合物连续进入加工装置并且反应产物连续退出加工装置。根据反应的性质,可以在该方法的中途连续加入另外的原料和/或可以在该方法的中途连续除去产物,例如油溶性组分可以通过分离器等连续除去。

[0019] 湍流产生管可以是管子、软管等。它可以是刚性的或柔性的。酶加工区域可以由单个管构成,使得反应时间完全在一个湍流产生管内发生。或者,酶加工区域可由联接在一起的多个湍流产生管构成。在下面的讨论中,管通常被讨论为单个管,但是这应该被认为也包括联接在一起的多个管,例如具有横截面和/或中心线的类似变化的多个类似的部分,以产生所需的湍流。

[0020] 示例性实施方式可以包括提供具有湍流产生元件的管道系统的堆叠、卷绕和/或嵌套布置,以允许相当长的管被容纳在相对小的空间中。例如,可以是一系列互连的水平层,优选具有向下流动,即朝向下面的层。

[0021] 在湍流产生管中,例如在波纹管中的低流体速度下的湍流可能是由于横截面面积的变化。当流体流过膨胀处时,在壁处产生负压。压力梯度在与平滑管中的湍流类似的流动模式中形成随机破坏。即使当横截面积恒定但管道具有弯曲部、改变形状的横截面或螺旋形状时,由于沿着壁流动的流体沿着路径经历膨胀,也存在相同的机制。

[0022] 与直径相等的平滑直管相比,当使用湍流产生管时,可以以较低的流体速度产生湍流。在较低流体速度下的湍流的可能性导致显著的能量节省,因为流动阻力与流体速度与第二功率成比例。与具有相等直径的平滑管相比,湍流产生管的特性可能导致一些额外的流动阻力,但不足以抵消由以降低的运行速度运行的能力而产生的节省。此外,对于给定的水解时间,较低的速度给出较短的管的另外的实际优点。

[0023] 湍流产生管可以布置成比没有所要求的重复的横截面面积和/或中心线的变化的管更容易产生湍流。合宜地,可以参考阈值雷诺数来定义管的湍流产生能力,在阈值雷诺数之上将存在湍流。在简化的模型(流体流过具有恒定圆形横截面和恒定流体性质的直管)中,管中的湍流可以通过无量纲的雷诺数 Re 来量化,其定义为:

$$[0024] \quad Re = \frac{v\rho D}{\mu}$$

方程式1

[0025] 这里, v 是流体的平均速度, ρ 是流体的密度, D 是管的直径, μ 是流体的粘度。雷诺数可以解释为惯性力与粘性力的比率。应当理解,随着粘度增加或密度降低,流速必须增加以保持流的雷诺数的设定水平。因此,对于相同的管几何形状,可能需要不同的流速以实现具有不同原料的湍流,或者如果管的几何形状被调节以提高湍流产生特征的严重性,则可以使用相同的流速。

[0026] 对于具有恒定圆形横截面的直管,假定流是雷诺数大于2300的湍流。对于如本文所述的湍流产生管,从层流到湍流的过渡发生在较低的雷诺数。

[0027] 平衡不同的要求,例如需要湍流和足够的阻力以避免沉降,但同时为了减少能量消耗和管长度的最慢的可能速度,给出雷诺数的优选范围。优选地,湍流产生管内的反应混

合物流在雷诺数小于1000,任选地在小于800的雷诺数处以及任选地小于600的雷诺数处为湍流。因此,湍流产生管可以布置为当流具有高于小于1000的转变值的雷诺数,任选地在小于800的雷诺数下,以及任选地小于600的雷诺数时,总是产生湍流。也就是说,对于优选的管,层流将仅可能为低于小于1000,任选地小于800,和任选地小于600的转变值。

[0028] 需要最小流速以避免在反应混合物中用固体、缓慢移动的重颗粒堵塞湍流产生管。这可以通过考虑太重而不能跟随湍流的波动并且因此在流内减慢的固体颗粒来理解。为了使固体移动通过管,来自作用在颗粒上的流体的平均阻力必须足够高。在示例性实施方式中,装置可以被布置成以小于2m/s,任选地小于1m/s并且任选地小于0.5m/s的流速操作。

[0029] 选择湍流产生管的平均直径和反应混合物的流速以提供足够的湍流和足够的运行速度,但避免形成乳液。

[0030] 应当理解,具体直径、流速和工艺时间将根据许多因素进行调节,包括原料的组成和待处理的特定反应混合物,以及所需的最终产物。

[0031] 工艺时间为至少15分钟,并且可以为至少20分钟。通常,工艺时间(即反应混合物穿过酶加工区域所用的时间)在90分钟至30分钟之间,更优选为80分钟至40分钟之间,最优选为约50分钟。工艺时间当然可以根据所涉及的具体反应而变化,包括诸如原料组成、酶效率和浓度、温度、pH、离子条件和使用的流速等因素。

[0032] 湍流产生管的长度可以从期望的流量和工艺时间计算。尽管所需的总加工时间将决定总管长度,但在一些情况下可能期望将管(即加工区域)分成具有或不具有中间泵送机构的一系列两个或更多个连续的隔室,以便调节反应条件(例如温度、pH和离子条件)或底物速度或简单地适应给定安装空间中的管的流动长度。

[0033] 湍流产生管(一系列连接的管)的长度可以为至少50m,任选至少100m。从下面讨论的实施例中将显而易见的是,长度可以比这长得多。所提出的布置的性质使得其允许在添加具有附加管道系统等的处理阶段方面的灵活性,并且其能够在单个连续过程中适应非常长的反应时间。

[0034] 横截面是横切于主流动方向的截面。“变化的横截面”是指沿着主流动方向,即沿着管的长度(长)具有变化的面积、变化的形状、或变化的形状和变化的面积两者的横截面。

[0035] 在本发明的上下文中,“重复变化”是指湍流产生管在沿着管的一个位置处具有第一构造(横截面和/或中心线),并且在沿着管的第二位置处有第二构造(横截面和/或中心线),并且湍流产生管沿着管的长度重复地从一个构造切换到第二构造,并且再次返回。因此,湍流产生管在概念上可以被认为包括多个连接的重复单元。

[0036] 重复单元的数量通常大于10,更优选大于20,最优选大于50。使用具有这些数量的重复单元的湍流产生管在重复变化的横截面和/或中心线上为酶加工区域产生湍流本身被认为是新颖的和创造性的,因此在另一方面,本发明提供了用于有机分子的酶加工的基于连续流的酶加工装置,其包括:酶加工区域,其中所述酶加工区域包括具有重复变化的中心线和/或重复变化的横截面的湍流产生管,用于产生湍流以混合反应混合物并在混物流流过湍流产生管时防止颗粒沉降,其中酶加工区域包括湍流产生管或连接在一起的多个湍流产生管,重复改变的横截面和/或中心线的重复单元的数量大于10,更优选大于20,最优选大于50。上文和下文描述的特征可以与这个方面以及本文所述的其他方面结合使用。

[0037] 重复单元的频率可以在每米5至200,更优选地在每米10至100的范围内。更优选地,重复单元的频率可以在每米25至75的范围内,最优选在每米40至60的范围内。

[0038] 重复单元的特性可以根据其深度(e)和宽度(p)来定义。重复单元的宽度p(或间距或节距)是重复单元上的一个点与下一个重复单元上的对应点之间的距离(类似于波的波长)。深度e是重复单元的最外端点的切线与重复单元的最内端点的切线之间的垂直距离。

[0039] 湍流产生管的p/e比优选大于0.5,更优选大于1,最优选大于2。湍流产生管的p/e比优选小于50,更优选小于25,最优选小于10。湍流产生管的p/e比优选在3至6的范围内。

[0040] 如上所述,横截面积可以重复地改变。例如,横截面可以沿着管的长度减小,然后增加,然后再次减小(即,管可以收缩、加宽和收缩)等等。横截面可以保持相同形状的横截面,同时周期性地改变横截面面积,即,管可以是波纹管。

[0041] 当湍流产生管具有变化的横截面积时,最大横截面积和最小横截面积之间的差可以在平均横截面积的20%至3%之间,更优选地在平均横截面积的15%至5%,最优选平均横截面积的约10%。

[0042] 可选地或另外地,横截面的形状可以重复地改变。例如,横截面可以沿着管的长度从圆形改变成椭圆形到圆形,等等。其它形状也可用于横截面,例如多边形(如Reuleaux多边形)、椭圆形(诸如Cassini椭圆形)、星形等。优选地,横截面不具有任何尖锐的拐角,特别是内部拐角。横截面可以保持相同的横截面面积,同时周期性地改变形状。或者,横截面积也可以变化。

[0043] 中心线是沿着管的长度穿过横截面的几何中心的连续线。在本申请的上下文中,不变的中心线是其中管的任一端处的横截面的中心通过直线连接的中心线。变化的中心线是其中中心线不遵循这种直线的中心线。因此,管道可具有多个重复弯曲部。管可以具有螺旋形状,使得中心线是螺旋状。

[0044] 一些或所有弯曲部可以是90°或更大的弯曲部,例如180°弯曲部,以便使管向后和向前穿过安装空间。这些优选是大的半径弯曲部(优选地具有大于管直径的2倍、管直径的4倍、或管直径的6倍或更大的曲率半径)。使用这种大的半径弯曲部减小了管内的压力损失,并且因此也降低了堵塞的风险。然而,大的半径弯曲部增加了安装的体积。本领域技术人员将理解,可以考虑可用的安装空间来选择弯曲部的曲率半径。因此,例如在小空间(例如,在船上),与例如位于大工厂中的类似系统相比,弯曲部可能需要具有更小的曲率半径。

[0045] 如果压力损失和堵塞不是主要问题,也可以使用更尖锐的弯曲部。在实践中,这可以用于没有大固体颗粒(使得没有堵塞的危险)和低流体速度(其导致低压力损失)的流体。

[0046] 典型地,湍流产生管的平均直径将在20mm至200mm的范围内,并且优选地在40mm至100mm的范围内,最优选地在50mm至90mm的范围内。例如,湍流产生管的平均直径可以为约60mm或约80mm。

[0047] 如果管具有螺旋形状(使得中心线是螺旋状),则螺旋中心线的节距应当优选在10至100mm的范围内,更优选地在13至40mm的范围内,最优选在17至25mm的范围内。

[0048] 提供螺旋湍流产生管,以及导致在反应混合物内产生湍流,也使得湍流产生管的较长流动长度适合于较小的空间。这里,流动长度是通过螺旋湍流产生管的流动所经过的长度,即如果螺旋线将被展开并且管伸直的管长度。

[0049] 平滑管和/或直管的部分可以在湍流产生管的一部分之前或之后,或者可以与管

的弯曲部结合使用。与相等长度的湍流产生管相比,平滑的直管对流动具有较小的阻力,因此导致减小的压力损失。如果提供平滑管,则平滑管的长度应该足够小,使得反应混合物在横穿平滑管时没有时间分离。

[0050] 特别有利的是,湍流产生管是波纹管,因此优选的布置利用波纹管。

[0051] 波纹管是在其表面上具有一系列平行的脊和槽(交替的脊和槽)的管(pipe)、管子(tube)或软管等,其中脊和槽导致沿着管的长度变化的横截面形状和/或变化的横截面面积。槽和脊可以形成为圆周(环形)图案或沿着管的长度以围绕管的螺旋图案(螺旋形)延伸。螺旋图案可以具有单个开始、双开始或多个开始。波纹图案形成用于湍流产生管的重复单元。

[0052] 脊和槽可以具有(大致)相同的形状(即,槽是脊的镜像,或大约这样)。波纹的形状可以是或可以近似于正弦波。在可选的优选实施例中,波纹的形状(在横截面中观察)可以类似于连接在一起的卵形形状(例如,卵形、圆形或椭圆形)的扇形的多个周长。

[0053] 槽和脊应该优选地在湍流产生管的内部不具有尖角,例如拐角优选地具有至少3mm或更大,更优选地6mm或更大的半径。槽和脊应该优选地形成为在湍流产生管内部的相邻表面或平面之间没有任何尖锐的交叉,优选地没有大于90度的交叉。

[0054] 波纹管可以是直的,可以形成为螺旋形状(如上面关于第一或第二方面所讨论的),或者可以具有多个重复弯曲部(如上面关于第一或第二方面所讨论的)。

[0055] 如果波纹管具有多个弯曲部或者形成为螺旋形状,则弯曲部或螺旋形状可以提供为便于在波纹管内进一步产生湍流,或者弯曲部或螺旋形状可以提供为便于波纹管的较大流动长度可以是设置在安装空间中(如上文关于第一或第二方面所讨论的)。波纹管可以形成为紧密螺旋(例如类似于螺旋弹簧的形状)。这可以允许波纹管的较大流动长度可以设置在安装空间中。螺旋线可以是基本水平的(即,线圈轴线基本上是水平的)或基本上垂直的(即,线圈轴线基本上是垂直的)。螺旋线当然可以在垂直线和水平线之间的任何方向提供。

[0056] 湍流产生管应该由合适的耐腐蚀材料制成,并且可以例如由不锈钢制成。在优选的实施例中,管可以由食品级耐酸不锈钢制成,例如合适的钼合金不锈钢,如ANSI 316。

[0057] 湍流产生管可以包括附着到管的内表面的固定化酶层。在这种情况下,固定化酶层优选在系统中在固体组分从流中分离的位置的下游的位置处提供,使得通过湍流产生管的流可以包括固定化酶层,主要是液体流。

[0058] 当酶加工开始时,管内的粘度可以改变,并且可能希望将整个加工区域分成具有不同直径的连续管隔室,以便保持足够的湍流混合和拖曳力。因此,约30分钟至1小时(例如)的第一酶加工阶段可以意味着流动特性的变化。这可以通过具有不同设计的湍流产生管和对于酶加工的不同阶段的流速的相应变化来考虑。

[0059] 从上述内容可以理解,所提出的酶加工提供了一种具有很少的移动部件的简单系统,以适应生物材料的工业规模酶加工(例如水解加工)的典型反应时间。因此,与布置成加工相当量的反应混合物的现有技术系统相比,该系统可具有较低的重量,使得其适合于其中较重系统不可接受的附加应用。该系统还可以比具有主动或静态混合部件的现有技术的系统更易于清洁。

[0060] 酶加工装置可以包括混合单元,其中混合水、原料和酶,与酶加工区域的输入连通。相应地,酶加工方法可以包括在酶加工之前预混合反应混合物的步骤。

[0061] 混合单元可以采用其中原料、水和酶组合的储器的形式。提供混合单元是有利的，因为在到达酶加工区域时，反应混合物已经粗略地混合（即预混合或部分混合）。与原料、酶和水以未混合状态提供到酶加工区域的情况相比，这减少了酶加工所需的时间段，从而允许更短的湍流产生管长度（对于给定的流速）。因此，该装置更适合在封闭空间中使用，例如在船，例如渔船中。

[0062] 混合单元可以是密封的（即不是敞开的罐），并且预混合可以在密封的气氛中进行。这降低了原料暴露于其中的氧气的量，并因此减少了原料中组分的不期望的氧化。优选地，混合罐不具有任何显著的顶部空间。

[0063] 酶加工装置可以包括湍流产生管的第一部分，其中发生初级酶加工（其中酶催化第一化学反应），并且还可以包括湍流产生管的第二部分，其被配置为接收新的能够催化与第一化学反应不同的第二化学反应的酶的流。第二化学反应可涉及反应混合物的与参与第一反应的不同的组分。此外，不同类型的酶可以用于该方法的不同阶段。

[0064] 例如，第一水解阶段可以处理原料的蛋白质组分。在该阶段之后，油溶性级分可以与反应混合物分离，并且随后可以用脂肪酶处理。

[0065] 第二化学反应可涉及初级酶加工的产物。一个实例是用其它蛋白酶处理来自前述第一阶段（用蛋白酶处理）的水溶性级分的第二水解阶段。

[0066] 从一个酶加工到另一个的任何转变可伴随反应条件（如温度、pH和离子条件）的调节。可以提供注入点，其中可以调节反应混合物的特性，例如pH或离子强度。另外，注入点可以允许引入水。这在酶是水溶性（而不是油溶性）的情况下可能是必要的，但是待加工的级分是油基的。为了使酶作用于油基级分，可以形成悬浮液，从而允许酶与油基级分之间的接触。

[0067] 作为实例，第一水解阶段可利用在约6.5至8.5的pH范围内最佳工作的内肽酶碱性蛋白酶（alcalase）（Novozymes），第二水解阶段可利用在pH为2.5时最佳工作的酸性蛋白酶A（Amano Enzyme Inc.）。因此，第一水解阶段在中性pH附近进行，而第二水解阶段在酸性条件下进行。

[0068] 在每个部分中，可以同时使用一种或多种酶。例如，在一些实施方案中，蛋白酶可以在初级酶加工期间以及任选地或可选地在随后的酶加工阶段中与其它酶（例如脂肪酶和/或糖酶）一起使用。

[0069] 酶加工装置可包括湍流产生管的部分，其被配置为加热至使得在使用中酶通过热失活（灭活或变性）的温度。例如，当加工鱼材料时，通常使用在55℃下最佳操作的蛋白酶。该特定的蛋白酶可以通过将温度升高至约95℃而失活。然而，酶在用另一种酶处理之前灭活不是必需的。

[0070] 从前述讨论中可以理解，对于所提出的布置而言，显著的优点是，在不具有移动部件的有效的单管内的酶加工可以在多个温度下进行。管的温度可以通过任何合适的热交换器来控制 and 调节。例如，管可以被热交换流体包围，热交换流体流过管和/或被加热或冷却，以便在管内的酶加工区域内提供所需的温度。可以使用管中管热交换器。热交换流体可以例如是蒸汽或水。

[0071] 可以选择各个部分的长度，以便在每个部分中提供必要的加工时间。

[0072] 酶加工装置可以包括分离器系统。例如，分离器系统可以操作以将水溶性组分与

脂质分离。分离器系统可以包括可操作以输出油流(脂质和油溶性组分)、水溶性组分流和沉积物流的三相倾析器。分离器系统可以包括一个或多个离心机,以进一步分离油溶性流中的组分和/或水溶性流中的组分。分离器系统还可以包括一个或多个过滤器(例如分子筛或机械过滤器)。

[0073] 原料可以包含油基组分,例如鱼油、鱼肝油、哺乳动物油(例如,海豹)、甲壳类动物油(例如,磷虾)和软体动物油(例如鱿鱼)、以及在海洋和淡水藻类、酵母或油籽中存在的油。

[0074] 酶加工装置可以设置有湍流产生管的另一部分,其构造成接收来自初级加工的输出,例如脂质流和添加脂肪酶以修饰脂质。

[0075] 酶加工装置可以设置有用于清洁油基组分的抛光机。

[0076] 酶加工装置可以设置有用于分离和干燥反应组合物的固体组分的分离器系统和干燥器。固体组分可以例如是不溶性蛋白质、骨、甲壳类动物的壳(包括碳水化合物和/或壳多糖)。

[0077] 一些形式的分离器系统(例如,过滤器)可以用于将不溶性蛋白质与剩余的固体组分分离。然后可以随后分别处理不溶性蛋白质和剩余的固体组分(例如,在进一步的酶加工阶段中)。

[0078] 系统中存在的任何乳化组分可以使用过滤器从主流中分离,并且还可以包括在干燥器中待干燥的固体部分中。

[0079] 当原料含有鱼材料时,例如,至少一些固体组分(其还可以包括乳化组分)可以被干燥以形成例如可以用于产品(如动物饲料或肥料)的骨粉或鱼粉。

[0080] 酶加工装置可以设置有湍流产生管的另一部分,其构造成接收至少一些固体组分和用于在酶加工步骤中处理固体组分的酶。例如,当加工甲壳类(如磷虾)时,固体组分将包含壳多糖(来自甲壳类动物的壳)。该壳多糖可以在酶水解步骤中用壳多糖酶处理。

[0081] 因此,酶加工装置的上述部件可以被提供为模块化系统,即具有多个阶段或多个步骤的系统。这样的系统可以被配置为输出多个不同的产品。在这种模块化系统中,湍流产生管的提供不被认为是必要的,尽管这是有利的;这些概念被认为是独立可专利的。更广泛地说,上述的湍流产生管可以有利地被包括上面描述的酶加工区域作为下面方面中描述的酶加工区域。

[0082] 因此,本发明的另一方面提供了一种制造用于反应混合物的酶加工的模块化酶加工装置的方法,所述方法包括确定所需的酶加工工艺和通过提供以下而从模块化部件的套件制造合适的酶加工装置:

[0083] 用于通过所述酶加工装置泵送所述反应混合物的泵;

[0084] 用于执行酶加工的第一阶段的第一酶加工区域;

[0085] 分离器系统,包括用于分离水溶性组分、油溶性组分和固体组分的流的倾析器;

[0086] 所述方法还包括:

[0087] 考虑以下各构件是否对于能够进行所需酶加工过程的加工装置是必需的:过滤器;第二酶加工阶段;第三酶加工阶段;后分离器系统阶段;流分离阶段和流合并阶段;

[0088] 并将必要构件包括在模块化装置中。

[0089] 该方法可以包括提供第二酶加工阶段。第二酶加工阶段可以提供在第一酶加工阶

段的下游,并且可以被配置为与第一酶加工区域连通,使得在使用中,第二酶加工阶段接收来自第一酶加工区域的反应输出的至少部分。

[0090] 该方法可以包括提供第三酶加工阶段。第三酶加工阶段可以提供在第二酶加工阶段的下游,并且可以被配置为与第二酶加工区域连通,使得在使用中,第三酶加工阶段接收来自第二酶加工区域的反应输出的至少部分。

[0091] 该方法可以进一步包括考虑以下每个后分离器系统阶段对于能够提供必要加工的加工装置是否是必需的:进一步的酶加工阶段、干燥器或抛光机。该方法可以包括提供后分离器阶段。

[0092] 第二和/或第三加工阶段或另外的加工阶段可以设置在分离器系统的下游,并且可以被配置为与分离器系统连通,使得在使用中,第二和/或第三酶加工阶段接收来自分离器系统的以下输出之一:水溶性组分流、油溶性组分流或固体组分。

[0093] 该方法可以包括提供用于干燥固体组分的干燥器。该方法可以包括提供用于清洁油溶性组分的抛光机。

[0094] 该方法可以包括提供流分离阶段,在该阶段将流分成两个或更多个流。该装置可以被配置为使得在使用中,两个或更多个流在下游的不同阶段中被加工,或者一个或多个流可以返回到更早的阶段。

[0095] 流分离阶段可以在第一酶加工阶段之后、第二酶加工阶段之后、第三酶加工阶段之后、或在分离器系统之后提供。

[0096] 该方法可以包括提供流合并阶段,在使用时,来自下游的流与早在装置中的流组合。

[0097] 流合并阶段可以在第一酶加工阶段之前、在第二酶加工阶段之前、在第三酶加工阶段之前、在分离器系统之前、或在干燥器之前提供。

[0098] 该方法可以包括在阶段之前提供注入点,用于引入化学品以改变阶段内的反应条件。注入点可以在第一酶加工阶段之前、在第二酶加工阶段之前、在第三酶加工阶段之前、在分离器系统之前、或在干燥器之前提供。

[0099] 该方法可以包括提供用于加热或冷却阶段的热交换器。

[0100] 该方法可以包括在第一酶加工阶段的上游提供封闭的混合室。混合室可以通过热交换器加热,以使反应混合物达到适合于在第一水解阶段中的最佳酶促作用的温度。可选地或另外,通过向原料中加入热水,可使反应混合物达到(或接近)所需温度。在其中将酶直接加入到混合室中的反应混合物中的实施方案中,必须注意,通过将反应混合物的温度保持在低于失活温度,热水不会使酶失活(变性)。为了避免这种问题,酶可以不加入混合室中,而是可以在第一酶加工阶段开始时通过注入点加入到反应混合物中。

[0101] 该方法可以包括提供用于从反应混合物中分离具有给定分子尺寸或更大分子尺寸的组分的过滤器。

[0102] 本发明还涉及一种用于制备用于反应混合物中的有机化合物的酶加工的酶加工装置的部件套件,所述部件套件包括:用于泵送反应混合物通过酶加工装置的泵;用于执行酶加工的第一阶段的第一酶加工区域;和分离器系统,包括用于分离水溶性组分、油溶性组分和固体组分的流的倾析器;和

[0103] 所述部件套件还包括以下中的一个或多个:过滤器;第二酶加工阶段;第三酶加工

阶段;流分离阶段;流合并阶段;注入点;混合室;抛光机和干燥器。

[0104] 在优选的实施方案中,部件套件包括为了满足制造模块化酶加工装置的上述方法的要求而选择的部件。如上所述,部件套件可以包括如关于本发明的较早方面所述的酶加工区域。

[0105] 上述所有方面和优选布置的特定优点是系统可以作为封闭系统操作,这意味着与现有技术系统相比,系统内的氧气可以最小化或至少减少。有利地,因此可以减少任何油组分的氧化。优选地,封闭系统没有敞开的罐和没有敞开的液体表面(即任何罐,例如混合罐,优选地不具有任何显著的顶部空间)。

[0106] 上述任何实施例的装置或方法可以用在船上。因此,本发明扩展到覆盖装有所提出的酶加工装置的船,以及包括在船上执行如上所述的酶加工的方法。湍流产生管和混合室的使用可有助于所需装置的尺寸和重量的减小,这对于船上使用是显著的优点。此外,用于船上使用的装置或方法优选地包括操作系统而没有任何敞开的罐或其它敞开的液体表面。这提供了进一步的优点,因为由于船的晃荡和随之而来的不稳定性的危险,通常船上应避免任何敞开的液体表面。

附图说明

[0107] 现在将参考附图仅通过示例更详细地描述某些优选实施例,其中:

[0108] 图1A示出了波纹湍流产生管的一部分;

[0109] 图1B示出了螺旋湍流产生管的一部分;

[0110] 图1C示出了具有弯曲部的湍流产生管的一部分;

[0111] 图1D示出了具有变化的横截面形状的湍流产生管的一部分;

[0112] 图1E是具有螺旋波纹图案的管的横截面图;

[0113] 图2示出了波纹管的深度和宽度的参数;和

[0114] 图3显示了酶加工的模块化装置。

具体实施方式

[0115] 图1A示出了波纹湍流产生管的一部分。该管具有约60毫米的直径、约6毫米的波纹深度 e 和约13的 p/e 。在这样的管中,湍流发生在大于约800的雷诺数处。

[0116] 图1B示出了螺旋湍流产生管的一部分。管具有约60mm的直径。螺旋中心线的节距为20mm,并且螺旋中心线的曲率半径为1.5mm。

[0117] 图1C示出了具有弯曲部的湍流产生管的一部分。管具有正方形的横截面,侧边约为60mm。弯曲部处于 15° 至 30° 的范围内的角度。

[0118] 图1D示出了具有变化的横截面形状的湍流产生管的一部分。管从圆形横截面变为椭圆形横截面。横截面积为约 2800mm^2 。

[0119] 图1E是具有螺旋波纹图案的管的横截面图,该螺旋线具有单个起点。

[0120] 图2示出了波纹管上的波纹的节距(宽度) p 和深度 e 。

[0121] 图3显示了用于有机分子的酶加工的模块化装置。在这种情况下,装置用于蛋白质-脂质混合物中的蛋白质的水解。植物用于水解的用途是示例性的,并且不限制本发明;但是显而易见的是,类似的装置可以用于任何多阶段酶工艺。此外,在这种情况下,由系统

处理的原材料是鱼。然而,用于加工鱼的装置的使用是示例性的,并且不限制本发明;但是显而易见的是,类似的装置可以与不同的原材料一起使用。使用所提出的装置的过程的其它示例在下面阐述。

[0122] 在每个阶段中使用的特定酶(和因此的反应条件)将取决于原材料和要获得的产物,并且可以相应地选择。

[0123] 该装置包括用于在注入第一水解阶段之前预混合反应混合物的混合室。除了用于接收原料的输入和用于连接到水解装置的下一部分的输出之外,混合室被密封并且具有可忽略的顶部空间,以便减少与反应混合物接触的氧气的量。这减少了原料中存在的油的氧化。混合室通过热交换器加热,以使反应混合物达到适合于在第一水解阶段中的最佳酶促作用的温度。

[0124] 将鱼、水和蛋白酶混合并在混合室中加热。混合后,通过泵将反应混合物泵入第一水解阶段。这里,反应混合物中的蛋白质被水解以形成高分子量肽。第一水解阶段是波纹管,其平均直径为46mm,具有多个180°弯曲部,曲率半径为200mm。

[0125] 在第一水解阶段,反应混合物具有以下性质:

[0126] 密度 $\rho=1000\text{kg/m}^3$

[0127] 粘度 $\mu=0.02\text{Ns}$

[0128] 雷诺数 $Re=800$

[0129] 平均速度 $v=0.35\text{m/s}$

[0130] 给定直径的体积流速由下式给出:

$$[0131] \quad \dot{V} = \frac{\pi}{4} * D^2 * v$$

方程式 3

[0132] 对于上面给出的参数值,这给出 $2.1\text{m}^3/\text{h}$ 的体积流速。第一水解阶段的总长度为1km的量级,并且加工时间为约1小时。

[0133] 在第一水解阶段结束时,将波纹管加热到足够热以使蛋白酶失活(变性)的温度。

[0134] 使用泵将来自第一水解阶段的流泵送到分离器系统。分离器系统包括可操作以输出油流(脂质和油溶性组分)、水溶性组分流和固体组分的三相倾析器。

[0135] 来自分离器系统的固体组分(主要是骨)以两种单独的方式处理。将一部分固体传送到干燥器(例如通过传送器,未示出),并干燥以形成鱼粉。鱼粉作为系统的产物输出(系统的有用输出显示为阴影箭头)。将固体的第二部分(例如通过传送器,未示出)传送到进一步的酶处理阶段以进行进一步处理。

[0136] 进一步的酶处理阶段包括用于改变反应混合物的pH或离子性质以适合酶的最佳操作条件的输入装置(如阴影箭头所示)。在另一干燥器(未示出)中干燥之后,进一步酶加工的产物作为系统的产物输出。

[0137] 来自分离器系统的油溶性组分也以两种不同的方式处理。油溶性组分的一部分被传送到清洁油的抛光机(使用未示出的泵)。使用离心机和过滤器(未示出)将清洁的油分离成组分部分,并且所得到的组分作为系统的产物输出。油溶性组分的第二部分进入脂质水解阶段(使用泵,未示出),并用脂肪酶处理。脂质水解阶段包括用于改变反应混合物的pH或离子性质以适应脂肪酶的最佳操作条件的输入装置(显示为阴影箭头)。此外,输入装置允许引入水。这是必需的,因为脂肪酶是水溶性的(不是油溶性的)。因此,为了脂肪酶作用于

脂质,可以形成悬浮液,从而允许脂肪酶和脂质之间的接触。在这种方法中提供有效地混合但最小化乳液形成的湍流产生管是有用的。脂肪酶加工的产物作为系统的产物输出。

[0138] 来自分离器系统的水溶性组分也以两种不同的方式处理。将一部分高分子量肽组分过滤出(使用过滤器,未示出),并作为产物从系统输出。将剩余部分输入第二水解阶段。

[0139] 第二水解阶段包括用于改变反应混合物的pH或离子性质以适应第二蛋白酶的最佳操作条件的输入装置(显示为阴影箭头)。蛋白酶水解高分子量肽组分以形成中分子量肽组分。在第二水解阶段结束时,将第二水解阶段加热至足够热以使蛋白酶失活的温度。

[0140] 从第二水解阶段,使用过滤器过滤一部分中分子量肽组分,并作为产物从系统输出。将剩余部分输入第三水解阶段。

[0141] 第三水解阶段包括用于改变反应混合物的pH或离子性质以适合第三蛋白酶的最佳操作条件的输入装置(如阴影箭头所示)。蛋白酶水解中等分子量肽组分以形成低分子量肽组分。

[0142] 在第三水解阶段结束时,如果需要,可将第三水解阶段加热到足够热以使蛋白酶失活(变性)的温度。

[0143] 从第三水解阶段,使反应混合物通过分离器系统,其将低分子量肽组分与任何剩余的固体或油溶性组分分离。任何固体组分被传递回干燥器(或酶促骨处理阶段),并且任何油组分被传递回脂质水解阶段(或抛光机)。低分子量肽组分从系统输出。

[0144] 本领域技术人员将理解,并非所有这些构件都是必需的,并且根据原料和所需的最终产物,将使用该系统的元件的组合。

[0145] 所述加工装置也可用于其它方法,并且其对于需要相对长的反应时间的任何方法提供了优点。在以下实施例中阐述了各种可能的方法:

[0146] 实施例水解方法1

[0147] 该方法使用具有Alcalase (Novozymes) 的整个沙丁鱼 (anchovy), 研磨通过6mm染料, 原料/水比例为50/50 (w/w), 反应温度为60°C。目标%DH=17 (%DH=裂解的肽键数/肽键总数), 基于来自酶制造商的信息以估计反应时间为45分钟。加入的酶为不含加入的水的原料 (w.w) 的0.1% (d.w)。该装置的容量为每小时运行7公吨, 其中3.5公吨鱼和3.5公吨水。管长度为863米。

[0148] 补充信息: 在这种情况下, 不存在大的骨颗粒, 因此由于硬颗粒的沉降而堵塞的风险低。管的整个长度具有类似的形状和直径, 尽管粘度沿着管线降低。增压泵安装在距入口长度的1/3处, 作为针对堵塞的安全防护装置。随着蛋白质水解的进行, 肽的浓度随时间增加。肽可以作为乳化剂, 关键点是避免沿着管形成乳液。

[0149] 反应混合物性质:

[0150] 密度 $\rho=1000\text{kg/m}^3$

[0151] 粘度 $\mu=25\text{cP}$ (入口)

[0152] 流的选定性质:

[0153] 雷诺数 $Re=1125$

[0154] 平均速度 $v=0.32\text{m/s}$

[0155] 使用这些参数给出直径 $D=88\text{mm}$ 。

[0156] 对于上面给出的参数值, 该实施例具有 $7\text{m}^3/\text{h}$ 的体积流速。

[0157] 实施例水解方法2

[0158] 该实施例使用来自鲑鱼的头和骨架,使用Protamex (Novozymes) 水解。酶浓度为原料(w.w)的0.1% (d.w)。原料经过6mm染料研磨,并在原料/水50/50 (w/w) 的比例下混合,然后在50℃的反应温度下处理。目标水解度%DH=10 (%DH=裂解的肽键数/肽键总数),并且基于来自酶制造商的信息估计反应时间为30分钟。

[0159] 补充信息:在存在大骨颗粒的情况下,水解单元的最佳构造是第一部分(1/3),其中由于相对高的粘度,存在较小的骨颗粒沉降导致管堵塞的风险。随着工艺运行,粘度降低,增加了堵塞的风险。因此,在该实施方案中,水解单元通过连接在一起的三种不同的管直径构造。

[0160] 以下给出了管道入口、中间长度和管道出口处的水解单元参数。

[0161] 反应混合物性质:

[0162] 密度 $\rho=1000\text{kg/m}^3$

[0163] 粘度 $\mu=23\text{cP}$ 、 17cP 和 9cP

[0164] 流的选定性质:

[0165] 雷诺数 $Re=1035$ 、 1655 、 3620

[0166] 平均速度 $v=0.23\text{m/s}$ 、 0.32m/s 和 0.43m/s

[0167] 使用这些参数给出了 $D=$ 起点104mm、中间部分88mm和最后部分76mm的直径。总管长度为586,分布在137m第一部分,192m中部和257m最后部分。在第2部分之前和第3部分之前将有增压泵。

[0168] 该实施例具有 $7\text{m}^3/\text{h}$ 的体积流速。

[0169] 实施例水解方法3

[0170] 在这种情况下,通过Alcalase (Novozymes) 从鲑鱼框架和头部加工的水解产物通过使用复合风味蛋白酶 (Flavourzyme) (Novozymes) 的二次水解进一步加工,复合风味蛋白酶是特别设计用于优化味道和减少苦味的外肽酶/内肽酶复合物。将水解产物稀释至含有10%干物质,其中蛋白质是主要部分(约90%)。底物实际上不含脂质。反应时间为20分钟,反应温度为55℃。酶浓度为原料(w.w)的0.1% (d.w)。

[0171] 补充信息:在这种情况下,底物是自由流动的液体,其中不存在颗粒或脂质,因此不存在堵塞或形成乳液的风险。在整个处理管中的粘度低,其具有类似的结构。

[0172] 以下示例性计算使用可能是工作系统的典型的参数的值:

[0173] 反应混合物性质:

[0174] 密度 $\rho=1040\text{kg/m}^3$

[0175] 粘度 $\mu=6.5\text{cP}$

[0176] 流的选定性质:

[0177] 雷诺数 $Re=1811$

[0178] 平均速度 $v=0.09\text{m/s}$

[0179] 使用这些参数给出管直径 $D=125\text{mm}$ 。管长度为109m。

[0180] 对于上面给出的参数值,体积流速为 $4\text{m}^3/\text{h}$ 。

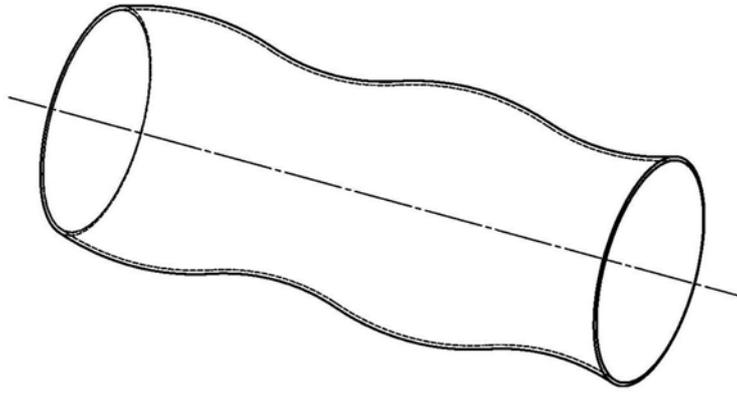


图1A

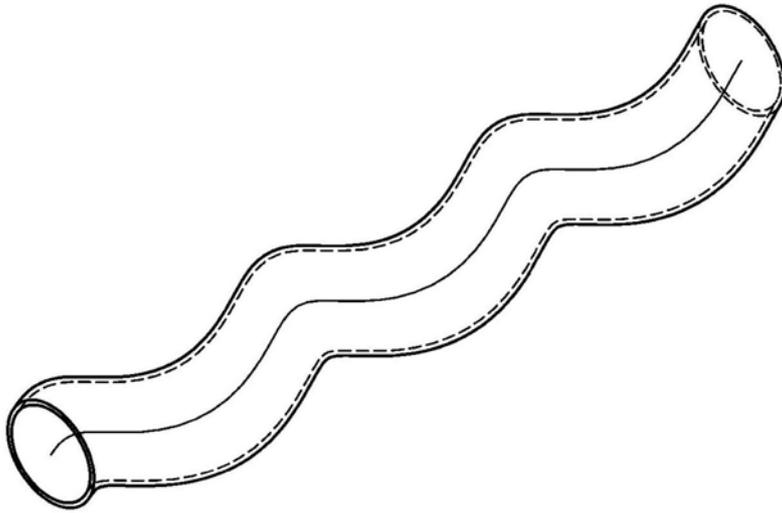


图1B

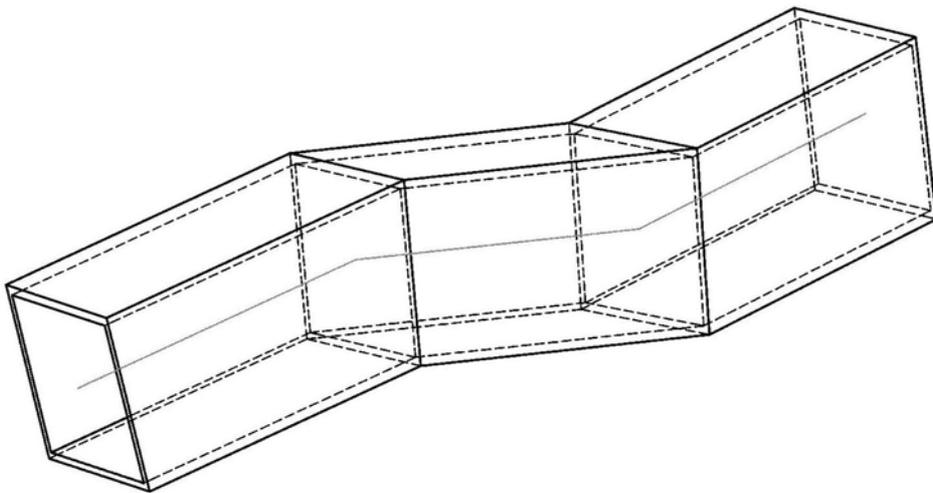


图1C

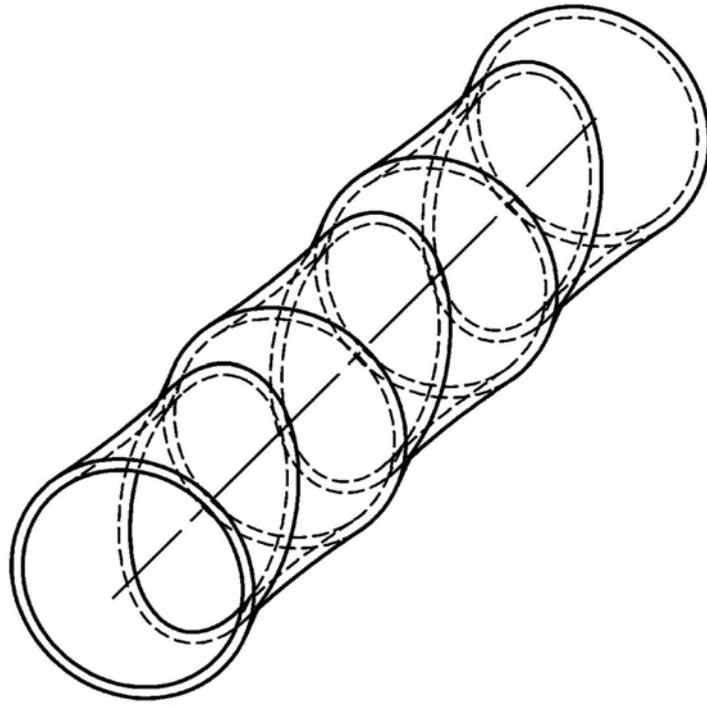


图1D

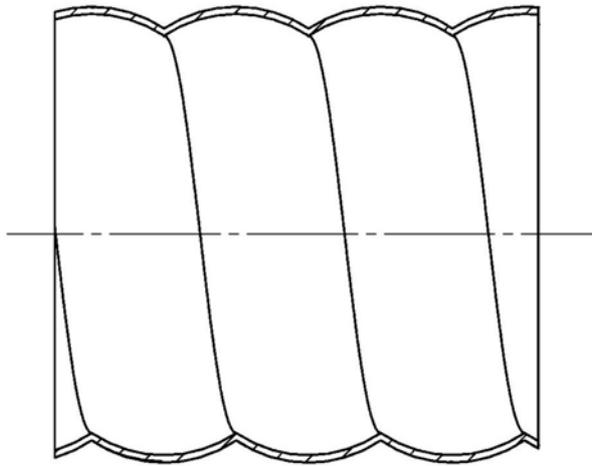


图1E

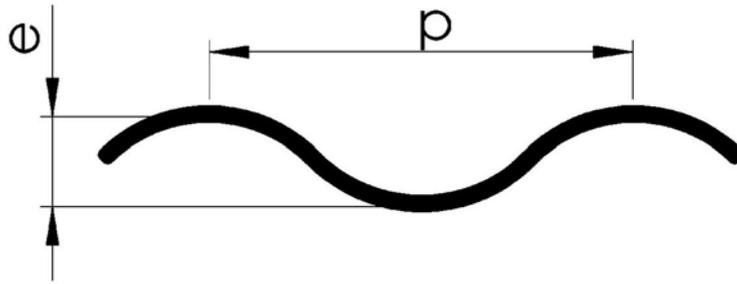


图2

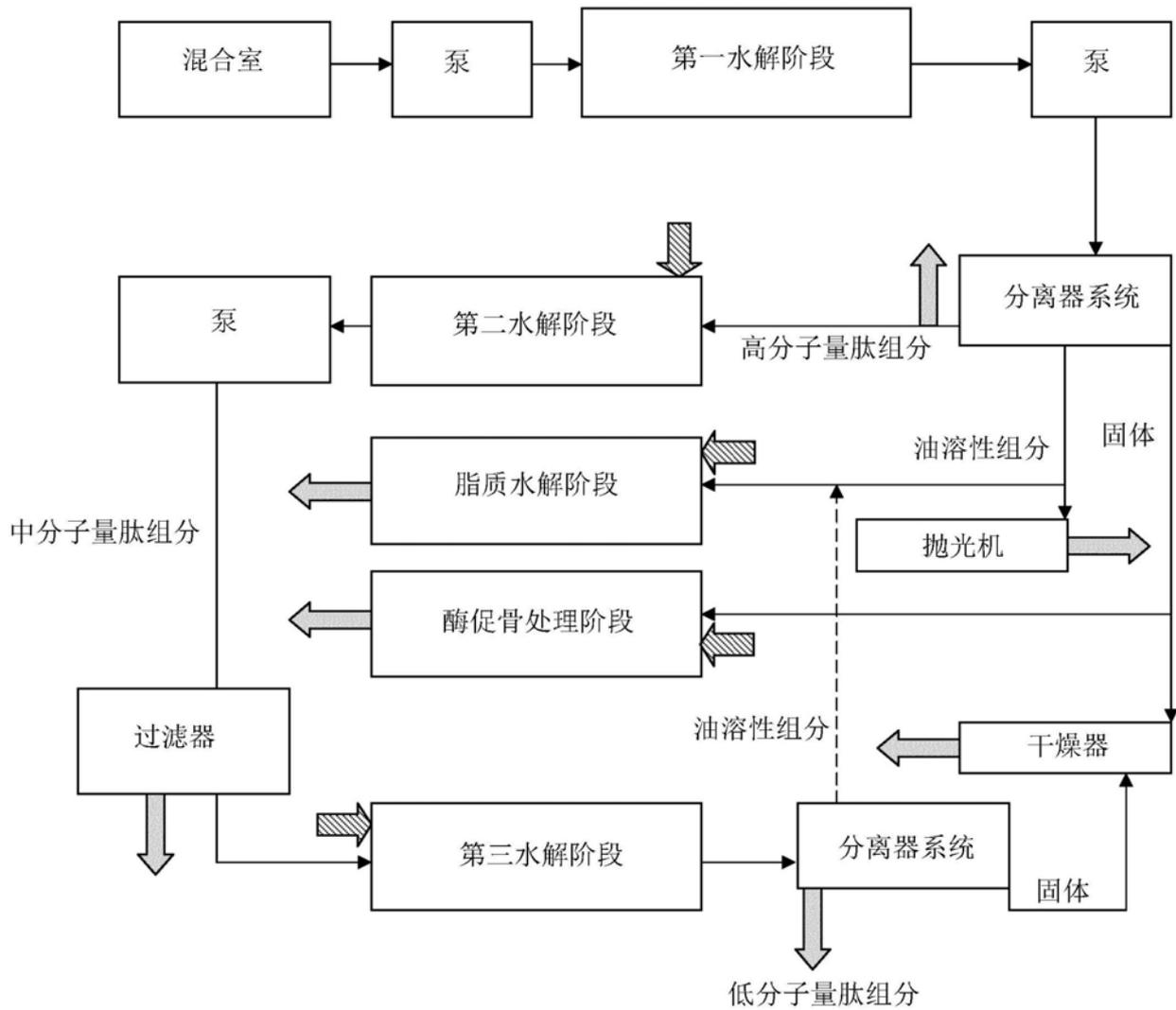


图3