



(21) 申请号 202080092270.3

(22) 申请日 2020.12.18

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 115605562 A

(43) 申请公布日 2023.01.13

(30) 优先权数据  
1915152 2019.12.20 FR

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2022.07.08

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/FR2020/052523 2020.12.18

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02021/123658 FR 2021.06.24

(73) 专利权人 道达尔能源技术公司  
地址 法国库尔布瓦

(72) 发明人 D·克罗泽 A·利摩日  
L·热尔马诺 H·斯特鲁布  
G·赫维 D·法耶 Y·特拉维特

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127  
专利代理师 宋珂 庞东成

(51) Int.Cl.

C10M 105/34 (2006.01)

C11C 3/08 (2006.01)

C10M 105/40 (2006.01)

C10N 30/06 (2006.01)

C10N 70/00 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 105452431 A, 2016.03.30

CN 107548414 A, 2018.01.05

CN 110431218 A, 2019.11.08

US 5681797 A, 1997.10.28

WO 0001658 A1, 2000.01.13

WO 2012129479 A2, 2012.09.27

WO 2013184255 A1, 2013.12.12

CN 105254493 A, 2016.01.20

US 5458795 A, 1995.10.17

CN 103119139 A, 2013.05.22

CN 107109279 A, 2017.08.29

EP 0665284 A2, 1995.08.02

陆交;张耀;段庆华;刘依农;鱼鲲;王立华;  
曾建立.生物基润滑油基础油的结构创新与产业  
化进展.石油学报(石油加工).2018,(02),全文.

审查员 马文梅

权利要求书3页 说明书23页

(54) 发明名称

交内酯组合物和制备交内酯的方法

(57) 摘要

本发明涉及一种制备交内酯组合物的方法,其包括在磺酸催化剂存在下使不饱和酯或酸化合物与饱和脂肪酸反应,所述方法不包括能够将单交内酯与聚交内酯分离的真空蒸馏步骤。本发明还涉及能够通过本发明的方法获得的交内酯组合物及其在润滑组合物中的用途。

1. 一种制备交内酯组合物的方法,所述方法包括:在至少一种包含至少一个磺酸官能团的催化剂存在下,使至少一种不饱和化合物与至少一种含有4至18个碳原子的饱和脂肪酸反应,所述不饱和化合物选自含有10至20个碳原子的不饱和脂肪酸和含有10至20个碳原子的不饱和脂肪酸的酯及其混合物;

所述方法不包括真空蒸馏步骤,从而能够将单交内酯与聚交内酯分离,

其中,所述不饱和化合物选自含有11至20个碳原子的不饱和脂肪酸。

2. 如权利要求1所述的方法,其不包括连续的步骤(i)和(ii),其中,(i)是在0.25当量三氟甲磺酸存在下将1当量油酸2-乙基己酯与6当量月桂酸混合;(ii)是将步骤(i)中获得的混合物在60°C加热24小时。

3. 如权利要求1所述的方法,其还包括酯化步骤,用于将所获得的交内酯组合物酯化。

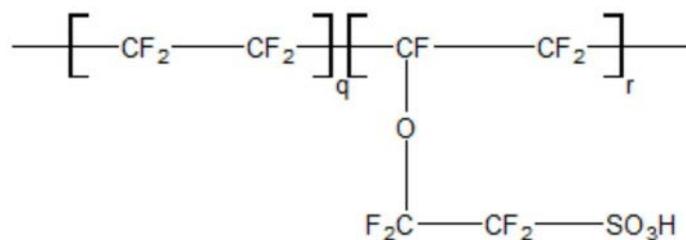
4. 如权利要求3所述的方法,其中所述酯化通过使所述交内酯与含有1至16个碳原子的醇的反应来进行。

5. 如权利要求1至4中任一项所述的方法,其中,所述催化剂选自:

-式RSO<sub>3</sub>H的催化剂,其可选地是负载的,其中,R是氢原子或具有1至18个碳原子的直链、支化或环状烃基,其可选地取代有一个或多个杂原子;和

-式(1)的聚合物形式的催化剂:

[化1]



其中,q和r彼此独立地表示1至15的数。

6. 如权利要求5所述的方法,其中,所述一个或多个杂原子为氮、氟、氧、硫或硅类型的杂原子。

7. 如权利要求1至4中任一项所述的方法,其中,所述反应在20至90°C的温度下进行。

8. 如权利要求1至4中任一项所述的方法,其中,所述反应在30至80°C的温度下进行。

9. 如权利要求1至4中任一项所述的方法,其中,所述反应在40至70°C的温度下进行。

10. 如权利要求1至4中任一项所述的方法,其中,所述不饱和化合物/饱和脂肪酸的摩尔比为1/10至1/1。

11. 如权利要求1至4中任一项所述的方法,其中,所述不饱和化合物/饱和脂肪酸的摩尔比为1/8至1/4。

12. 如权利要求1至4中任一项所述的方法,其中,所述不饱和化合物/催化剂的摩尔比为1/0.1至1/1。

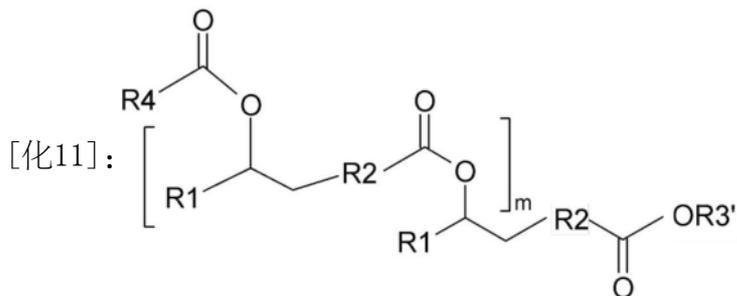
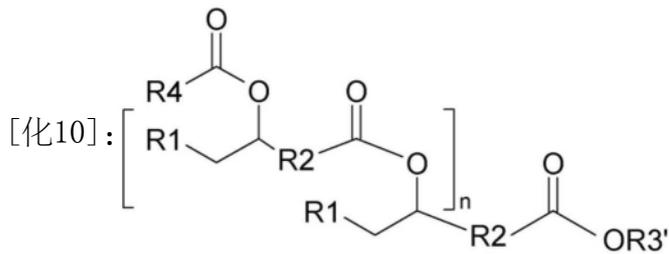
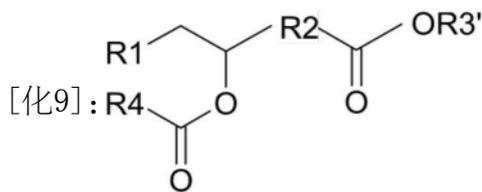
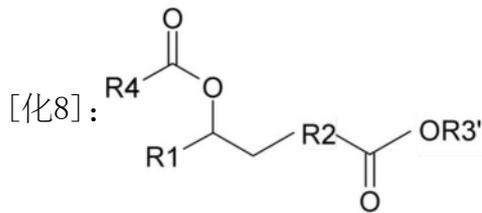
13. 如权利要求1至4中任一项所述的方法,其中,所述不饱和化合物/催化剂的摩尔比为1/0.15至1/0.5。

14. 一种能够通过权利要求1至13中任一项所述的方法获得的交内酯组合物,相对于所述交内酯的总重量,所述组合物包含:

-65至99.9重量%的酸和/或酯形式的单交内酯;和  
 -0.1至35重量%的酸和/或酯形式的聚交内酯,  
 所述交内酯组合物的碘值小于或等于13g/100g碘。

15. 如权利要求14所述的交内酯组合物,相对于所述交内酯的总重量,所述组合物包含:

-65至99.9重量%的对应于式(8)和/或式(9)的单交内酯;和  
 -0.1至35重量%的对应于式(10)和/或式(11)的聚交内酯;  
 其中:



其中:

R1表示氢原子或含有1至16个碳原子的直链或支化的一价烷基;

R2表示含有1至16个碳原子的直链或支化的二价亚烷基;

R1和R2的碳原子数之和为7至17;

R4表示含有5至17个碳原子的直链或支化的一价烷基;

R3' 是氢原子或含有1至16个碳原子的直链或支化的一价烷基;

n和m彼此独立且不为零。

16. 如权利要求15所述的交内酯组合物,相对于所述交内酯的总重量,所述组合物包含:

-70至95重量%的对应于式(8)和/或式(9)的单交内酯;和  
-5至30重量%的对应于式(10)和/或式(11)的聚交内酯。

17. 如权利要求15所述的交内酯组合物,相对于所述交内酯的总重量,所述组合物包含:

-75至90重量%的对应于式(8)和/或式(9)的单交内酯;和  
-10至25重量%的对应于式(10)和/或式(11)的聚交内酯。

18. 如权利要求15至17中任一项所述的交内酯组合物,其中R1表示氢原子或含有4至14个碳原子的直链或支化的一价烷基。

19. 如权利要求15至17中任一项所述的交内酯组合物,其中R1表示氢原子或含有5至12个碳原子的直链烷基。

20. 如权利要求15至17中任一项所述的交内酯组合物,其中R2表示含有3至13个碳原子的直链或支化的亚烷基。

21. 如权利要求15至17中任一项所述的交内酯组合物,其中R2表示含有4至9个碳原子的直链亚烷基。

22. 如权利要求15至17中任一项所述的交内酯组合物,其中R1和R2的碳原子数之和为8至17。

23. 如权利要求15至17中任一项所述的交内酯组合物,其中R4表示含有6至12个碳原子的直链或支化的烷基。

24. 如权利要求15至17中任一项所述的交内酯组合物,其中R4表示含有7至12个碳原子的直链烷基。

25. 如权利要求15至17中任一项所述的交内酯组合物,其中R3' 是氢原子或含有1至12个碳原子的直链或支化的一价烷基。

26. 如权利要求15至17中任一项所述的交内酯组合物,其中R3' 是氢原子或含有1至10个碳原子的直链或支化的一价烷基。

27. 如权利要求15至17中任一项所述的交内酯组合物,其中n和m为1至4。

28. 如权利要求14至17中任一项所述的交内酯组合物,其碘值小于或等于12g/100g碘。

29. 如权利要求14至17中任一项所述的交内酯组合物,其碘值小于或等于10g/100g碘。

30. 权利要求14至29中任一项所述的交内酯组合物作为润滑组合物中的基础油的用途,所述交内酯组合物的所述交内酯为酯形式。

31. 一种润滑组合物,其包含权利要求14至29中任一项所述的交内酯组合物和至少一种除所述交内酯以外的基础油和/或至少一种添加剂。

## 交内酯组合物和制备交内酯的方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种制备交内酯 (estolide) 组合物的方法,所述交内酯组合物具有改进的对于单交内酯 (monoestolide) 的选择率 (selectivity) 和良好的转化度。

[0002] 本发明还涉及能够通过本发明的方法获得的交内酯组合物及其作为润滑组合物中的基础油的用途。

### 背景技术

[0003] 润滑组合物,也称为润滑剂,被广泛使用以减少运动部件表面之间的摩擦,从而减少磨损并防止这些部件表面的劣化或损伤。润滑剂通常包括基础油和一种或多种功能添加剂。

[0004] 当润滑组合物在其使用过程中受到高应力(即高压)时,基础油由烃组成的润滑组合物倾向于分解从而导致部件随后被损伤。

[0005] 润滑油制造商必须不断改进其配方,以应对日益增长的燃油经济性需求,同时保持发动机清洁度和减少排放。鉴于这些要求,制造商有义务重新评估其配方能力和/或进行研究以寻找能够满足严格性能要求的新基础油。

[0006] 为了制造润滑剂,例如发动机油、传动液、齿轮油、工业润滑油、金属加工油等,通常来自炼油厂或合适的聚合石化流体的润滑级石油类油开始。在这种基础油中,混合少量的添加剂,以增强其性质和性能,例如增强润滑性、抗磨性和抗腐蚀性以及润滑剂对热和/或氧化的耐受性。因此,可以以常规有效量添加各种添加剂,例如抗氧化剂、腐蚀抑制剂、分散剂、消泡剂、金属钝化剂和可用于润滑剂配方的其他添加剂。

[0007] 环境限制和担忧继续导致制造商寻找石油类(化石)来源的替代品。因此,植物或动物来源的油已被证明是基础油的令人关注的来源。特别是,这些植物或动物来源的油可以通过常规方法转化为酸或酯。

[0008] 在美国石油学会(API)的基础油分类中,酯类被称为V组基础油。合成酯可以既作为基础油又作为添加剂用于润滑剂。与更便宜但对环境安全性较差的矿物油相比,合成酯主要在对于必须满足的粘度/温度行为有严格要求的情况中用作基础油。环境可接受性和生物降解性日益重要的问题正在推动寻找矿物油替代品作为润滑应用的原料的愿望。

[0009] 交内酯是可用于润滑剂的可生物降解的生物类基础油。

[0010] 文献US 2015/0094246记载了旨在用于润滑组合物的交内酯组合物。该文献记载了一种制备方法,其中,使如油酸等类型的脂肪酸在催化剂存在下反应,该反应步骤之后是在200或300℃和12微米(0.012托)的绝对压力下如Myers 15等类型的离心蒸馏步骤,以去除单酯。

[0011] SC Cermak等,J.Am.Oil Chem.Soc. (2013) 90:1895-1902记载了由包含90%的油酸和丁酸或乙酸脂肪酸的不饱和化合物的组合物制备交内酯。该文献公开了通过真空蒸馏将单交内酯与聚交内酯 (polyestolide) 分离的真空蒸馏分离步骤。

[0012] 高氯酸是目前最常用于形成交内酯的催化剂。然而,这种催化剂主要获得聚交内

酯和交内酯指数(按公认的术语为EN或“交内酯数”)通常大于2或甚至大于3的聚交内酯,单交内酯的交内酯数定义为等于0,聚交内酯定义为大于0。

[0013] 当适合在催化剂存在下使不饱和脂肪酸或不饱和脂肪酸酯反应时,多个反应竞争。因此,为了形成本发明的交内酯,所期望的目标反应是使酸官能团在碳-碳双键上加成的加成反应。然而,可能会发生酯交换反应。不饱和酸或其酯与饱和脂肪酸之间的反应也可能导致聚交内酯。在本发明的上下文中,目标产品是单交内酯,因为它通常具有较低的粘度,这对于润滑应用特别有利。

[0014] 通常,现有的交内酯组合物在40°C的运动粘度为约10cSt至100cSt。

[0015] 现有技术中记载的方法不能达到下述目的:获得对于酸形式或酯形式的单交内酯的令人满意的选择率,同时还保持良好的转化率,并且不需要物理分离步骤,特别是不需要用于通过其物理化学性质分离化合物的分离步骤(例如分子蒸馏)。因此,鉴于转化率不足,现有技术的方法通常需要随后的氢化步骤,以及由加成反应(交内酯形成反应)产生的组合物的后续蒸馏步骤以分离所关注的产物,特别是单交内酯。然而,正如它所证明的那样,这个蒸馏步骤并不总是简单的,特别是因为有时要分离的化合物的沸点很高。这种高温可能导致化合物降解。

[0016] 本申请人以令人惊讶的方式发现,可以获得对于单交内酯具有高选择率的交内酯组合物,其伴随着令人满意的转化率,这使得可以省去旨在分离各种产物的后续蒸馏步骤,而且之后不需要将通过该方法获得的交内酯氢化。

## 发明内容

[0017] 本发明涉及一种制备交内酯组合物的方法,该方法包括:在至少一种包含至少一个磺酸官能团的催化剂存在下,使至少一种不饱和化合物与至少一种含有4至18个碳原子的饱和脂肪酸反应,所述不饱和化合物选自含有10至20个碳原子的不饱和脂肪酸和含有10至20个碳原子的不饱和脂肪酸的酯及其混合物;

[0018] 所述方法不包括真空蒸馏步骤,从而能够将单交内酯与聚交内酯分离。

[0019] 通常,本发明的方法不包括氢化步骤。换言之,优选地,本发明中获得的交内酯组合物不进行氢化步骤。

[0020] 优选地,本发明的制备方法不包括在0.25当量三氟甲磺酸存在下使1当量油酸2-乙基己酯与6当量月桂酸反应的步骤。

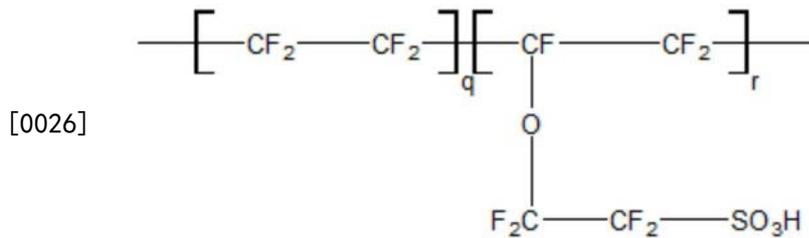
[0021] 根据一个实施方式,不饱和化合物选自含有11至20个碳原子的不饱和脂肪酸。优选地,该方法还包括酯化步骤,用于将所获得的交内酯组合物酯化,优选通过使所述交内酯与含有1至16个碳原子的醇的反应来酯化。

[0022] 根据一个实施方式,所述催化剂选自:

[0023] -式RSO<sub>3</sub>H的催化剂,其可选地是负载的,其中,R是氢原子或具有1至18个碳原子的直链、支化或环状烃基,其可选地取代有一个或多个杂原子,例如氮、氟、氧、硫、硅类型的杂原子;和

[0024] -式(1)的聚合物形式的催化剂:

[0025] [化1]



[0027] 其中,q和r彼此独立地表示1至15的非零数。

[0028] 根据一个实施方式,所述反应在20至90℃、优选30至80℃、更优选40至70℃的温度下进行。

[0029] 根据一个实施方式,所述不饱和化合物/饱和脂肪酸的摩尔比为1/10至1/1,优选1/8至1/4。

[0030] 根据一个实施方式,所述不饱和化合物/催化剂的摩尔比为1/0.1至1/1,优选1/0.15至1/0.5。

[0031] 本发明还涉及能够通过本发明的方法获得的交内酯组合物,相对于交内酯的总重量,所述组合物包含:

[0032] -65至99.9重量%的酸和/或酯形式的单交内酯;和

[0033] -0.1至35重量%的酸和/或酯形式的聚交内酯。

[0034] 优选地,本发明的交内酯组合物不包含通过在0.25当量三氟甲磺酸存在下使1当量油酸2-乙基己酯与6当量月桂酸反应获得的交内酯。

[0035] 根据一个实施方式,本发明的交内酯组合物不能通过油酸2-乙基己酯与月桂酸反应获得。

[0036] 根据一个实施方式,饱和脂肪酸不是月桂酸,不饱和化合物不是油酸2-乙基己酯。

[0037] 本发明还涉及本发明的交内酯组合物作为润滑组合物中的基础油的用途,所述交内酯组合物的所述交内酯为酯形式。

[0038] 最后,本发明涉及一种润滑组合物,其包含本发明的交内酯组合物和至少一种除交内酯以外的基础油和/或至少一种添加剂。

[0039] 由于使用特定催化剂:包含至少一个磺酸官能团的催化剂,本发明的方法可以获得对于形成单交内酯的非常高的选择率。除了对于单交内酯的非常好的选择率之外,本发明的方法将提供以少量加成反应获得聚交内酯的手段。换言之,将在本发明的方法中获得的至少50重量%、或甚至至少70重量%、或实际上甚至至少90重量%的聚交内酯将是EN(按公认的术语为“交内酯数”,或交内酯指数)等于2,应理解,在本发明的含义内,对于单交内酯,EN等于1,对于聚交内酯,EN严格大于1。

[0040] 本发明的方法可以省去用于将单交内酯与聚交内酯分离的分离步骤,该步骤有时难以实施。

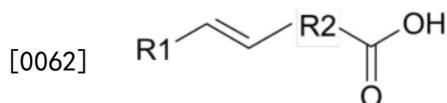
### 具体实施方式

[0041] 本发明涉及一种制备交内酯组合物的方法,所述方法包括:在至少一种包含至少一个磺酸官能团的催化剂存在下,使至少一种不饱和化合物与至少一种含有4至18个碳原子的饱和脂肪酸反应,所述不饱和化合物选自含有10至20个碳原子的不饱和脂肪酸或其酯(称为“不饱和脂肪酸的酯”或“不饱和酯”);

- [0042] 所述方法不包括用于将单交内酯与聚交内酯分离的后续真空蒸馏步骤。
- [0043] 优选地,所述方法不包括将交内酯组合物氢化的氢化步骤。
- [0044] 本发明的制备交内酯组合物的方法具体包括不饱和酸型或不饱和酸酯型的不饱和化合物的烯基官能团(碳-碳双键)与饱和脂肪酸的羧酸官能团之间的反应。
- [0045] 在本发明的含义内,“交内酯”是指酸型或酯型不饱和化合物的碳-碳双键与羧酸官能团的加成反应获得的产物。本发明中的术语“交内酯”是指“单交内酯”和“聚交内酯”二者。
- [0046] 在本发明的含义内,“单交内酯”是指由不饱和酸或酯的烯基官能团与饱和脂肪酸的酸官能团之间的单次加成反应获得的交内酯。取决于不饱和化合物是酸形式还是酯形式,单交内酯可以是酸形式或酯形式。然后将酸形式的单交内酯酯化以获得落入本发明范围内的酯式单交内酯。
- [0047] 在本发明的含义内,“聚交内酯”是指由至少两个不饱和化合物(酸或酯形式)之间的反应以及任选的随后与饱和酸的反应获得的产物。取决于不饱和化合物是酸形式还是酯形式,聚交内酯可以是酸形式或酯形式。然后将酸形式的聚交内酯酯化以获得落入本发明范围内的酯型聚交内酯。
- [0048] 本发明的方法不包括真空蒸馏步骤,使得可以将产生的单交内酯与产生的聚交内酯分离。特别是,本发明的方法不包括诸如迈尔斯蒸馏等类型的真空蒸馏,使得可以将单交内酯与聚交内酯分离。
- [0049] 实际上,本发明的方法表现出有利于单交内酯的高选择率,从而可以省去这样的蒸馏步骤。
- [0050] 应注意,本发明的方法可以包括一个或多个操作,其提供分离饱和酸和/或不饱和化合物(本发明的方法的起始反应物)或者在交内酯的原位酯化的酯化步骤中可能原位生成的不饱和酯的能力。这些操作可以是汽提步骤或蒸馏操作,应理解这些蒸馏操作不同于将单交内酯与聚交内酯分离的蒸馏步骤。
- [0051] 本发明的方法还可以包括用于将均相催化剂与由本发明方法获得的产物分离的一个或多个洗涤操作;或用于将非均相催化剂与由本发明方法获得的产物分离的一个或多个过滤步骤。
- [0052] 作为初步规定,应注意,在说明书和其后的权利要求书中,“包括/包含在……之间”的表述应理解为包括所述的极限。
- [0053] 不饱和酯或不饱和脂肪酸
- [0054] 本发明的方法利用至少一种不饱和脂肪酸和/或其酯中的一种(称为“不饱和化合物”)作为与饱和脂肪酸反应的反应物。
- [0055] 不饱和脂肪酸可以是包含一个或多个不饱和度、优选一个单不饱和度的直链或支化脂肪酸。
- [0056] 优选地,不饱和脂肪酸是包含单不饱和度的直链脂肪酸。
- [0057] 优选地,不饱和脂肪酸是不包含除酸官能团和碳-碳双键之外的其他官能团的一元酸。
- [0058] 优选地,脂肪酸或其酯是单不饱和单脂肪酸或单不饱和单酯。
- [0059] 优选地,不饱和脂肪酸含有11至18个碳原子。

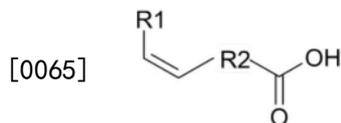
[0060] 根据一个实施方式, 不饱和脂肪酸对应于式 (2):

[0061] [化2]



[0063] 或式 (3):

[0064] [化3]



[0066] 其中:

[0067] R1表示氢原子或含有1至16个碳原子、优选4至14个碳原子的直链或支化的一价烷基; 有利地, R1表示氢原子或含有5至12个碳原子的直链烷基;

[0068] R2表示含有1至16个碳原子的直链或支化的二价亚烷基; 优选含有3至13个碳原子的直链或支化的亚烷基, 有利地含有4至9个碳原子的直链亚烷基;

[0069] 注意R1和R2的碳原子数之和为7至17, 优选8至17。

[0070] 应当注意, 例如式 (2) 和 (3) 所示的两种顺式/反式异构体可以在反应介质中处于平衡状态。还应注意, 反应介质中可能存在位置异构体。

[0071] 用于实施本发明的方法的不饱和酸可以是至少两种不同的不饱和酸的混合物。在本发明的含义内, 如果两种化合物不具有相同的经验式, 则它们被称为“不同的”。例如, 两种顺式/反式异构体或两种位置异构体在本发明的含义内不是不同的化合物。两种位置异构体的碳-碳双键在烃链上的位置不同。

[0072] 如果该方法使用至少两种不同的不饱和酸的混合物, 则相对于所述至少两种不同的不饱和酸的混合物的总重量, 所述混合物优选包含至少70重量%、更优选至少80重量%、有利地至少85重量%的相同给定酸和/或其异构体。

[0073] 根据一个实施方式, 不饱和脂肪酸是油酸和/或其反式异构体。取决于不饱和化合物是源自天然来源还是合成来源, 当用于实施本发明的方法时, 所述不饱和化合物可以是其顺式形式和/或反式形式。

[0074] 根据另一个实施方式, 与饱和脂肪酸的反应使用如上定义的不饱和脂肪酸的酯进行。

[0075] 可用于作为反应物实施的不饱和酯优选为至少一种如上定义的不饱和脂肪酸和至少一种含有1至16个碳原子的醇的酯。

[0076] 优选地, 在实施本发明的方法时使用的不饱和酯不包含除酯官能团和碳-碳双键之外的其他官能团。

[0077] 根据一个实施方式, 可选的用于酯化不饱和脂肪酸的醇对应于式 (4):

[0078] [化4]

[0079] R3-OH

[0080] 其中, R3表示含有1至16个碳原子、优选1至12个碳原子、有利地1至10个碳原子的直链或支化的一价烷基。

[0081] 根据一个实施方式, 醇是含有1至16个碳原子、优选1至12个碳原子、有利地1至10

个碳原子的伯醇或仲醇。

[0082] 根据一个实施方式, 不饱和酯不是油酸2-乙基己酯。

[0083] 根据本发明的一个实施方式, 用于实施本发明的不饱和酯是至少一种含有11至18个碳原子的直链不饱和脂肪酸和至少一种含有1至10个碳原子的直链饱和醇的酯。

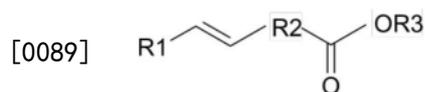
[0084] 用于实施本发明的方法的不饱和酯可以是至少两种不同的不饱和酯的混合物。

[0085] 如果该方法使用至少两种不同的不饱和酯的混合物, 则相对于所述至少两种不同的不饱和酯的混合物的总重量, 所述混合物优选包含至少70重量%、更优选至少80重量%、有利地至少85重量%的相同给定酯和/或其异构体。

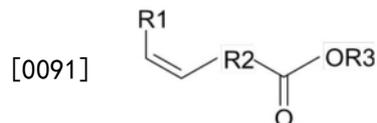
[0086] 如果该方法使用不饱和脂肪酸酯, 则可以根据本领域技术人员公知的任何酯化方法预先将不饱和脂肪酸酯化。

[0087] 因此, 当通过如上所定义的使式(2)的酸或式(3)的酸与式(4)的醇反应获得不饱和酯时, 其可以由式(5)或式(6)表示:

[0088] [化5]



[0090] [化6]



[0092] 这两种不饱和酯可以以顺式/反式平衡用作本发明的反应的反应物。

[0093] 在实施本发明的方法时使用的饱和化合物可以源自合成或天然来源, 优选天然来源, 例如植物或动物来源。当饱和化合物为酸形式时, 可选的用于酯化饱和化合物的醇也可以源自天然来源。

[0094] 根据一个实施方式, 在本发明的方法中用作反应物的脂肪酸或其酯以植物油或动物油的形式市售, 相对于该植物油或动物油的总重量, 其包含优选小于8重量%的多不饱和酸, 优选小于5重量%, 或者实际上甚至小于3重量%的多不饱和酸。

[0095] 根据本发明的一个具体实施方式, 用于在本发明的方法中作为反应物实施的脂肪酸源自富含一种或多种单不饱和化合物的油, 优选地, 本发明的方法在实施中使用基本上或完全不含多不饱和化合物的饱和化合物组合物。在来自植物类来源的饱和化合物中, 可以选择以下油的酸或酯: 松木(通常称为妥尔油)、油菜籽、向日葵、蓖麻、花生、亚麻、椰干、橄榄、棕榈、棉花、玉米、牛脂、猪油、棕榈仁、大豆、南瓜、葡萄籽、摩洛哥坚果、荷荷巴油、芝麻、核桃、榛子、油桐(或中国木油)、大米以及源自杂交或转基因品种的相同种类的油。

[0096] 在来自动物来源的饱和化合物中, 可以举出来自海洋动物、鱼类或海洋哺乳动物的脂肪酸和酯, 以及陆地动物的脂肪酸, 例如牛脂、马和猪肉脂肪。

[0097] 还优选以下油的甘油三酯和其他酯: 向日葵、蓖麻、大豆和油菜籽, 包括它们的杂交或转基因品种。可以对油进行处理, 例如加氢裂化, 以获得所需的链长。

[0098] 本发明的方法可以可选地包括预备步骤, 其提供由可选地加氢裂化的植物油或动物油组成的饱和化合物, 相对于植物油或动物油的总重量, 其包含优选小于8重量%的多

不饱和酸,优选少于5重量%,或者实际上甚至少于3重量%的多不饱和酸。

[0099] 在一个特别优选的实施方式中,用于实施该方法的不饱和化合物包含至少一种单不饱和脂肪酸,优选地,单不饱和脂肪酸占在实施该方法时用作反应物的不饱和化合物的总重量的至少70重量%,更优选至少80重量%,或者实际上甚至至少85重量%。根据一个实施方式,不饱和化合物选自在末端位置具有双键的含有11个碳原子的不饱和脂肪酸,以及含有13至18个碳原子的不饱和脂肪酸。

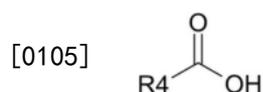
[0100] 饱和脂肪酸

[0101] 本发明的方法利用至少一种含有4至18个碳原子的饱和脂肪酸作为反应物,以在不饱和脂肪酸或其酯的碳-碳双键上引起反应。

[0102] 优选地,饱和脂肪酸是单饱和脂肪酸。

[0103] 根据一个实施方式,饱和脂肪酸对应于式(7):

[0104] [化7]



[0106] 其中,R4表示含有5至17个碳原子的直链或支化的一价烷基;优选含有6至12个碳原子的直链或支化的烷基;有利地含有7至12个碳原子的直链烷基。

[0107] 饱和脂肪酸可以是直链或支化的、优选直链的脂肪酸。

[0108] 优选地,饱和脂肪酸含有7至12个碳原子。这种链长可以进一步优化由该方法获得的交内酯组合物的冷性质。

[0109] 根据一个实施方式,用于实施本发明的饱和脂肪酸选自辛酸、壬酸、癸酸、十一烷酸、月桂酸及其混合物;优选选自辛酸、壬酸、癸酸、十一烷酸及其混合物。

[0110] 本发明的方法可以在实施中使用一种饱和脂肪酸或多种饱和脂肪酸的混合物。优选地,本发明的方法使用单一饱和脂肪酸。

[0111] 还可以设想在实施中使用至少两种不同的饱和脂肪酸的混合物。可以根据对交内酯组合物寻求的所需性质调整比例。

[0112] 饱和脂肪酸是广泛市售的,并且可以源自合成或天然来源,优选天然来源。

[0113] 催化剂

[0114] 本发明的方法在实施中使用至少一种包含一个或多个磺酸官能团的催化剂。

[0115] 在本发明的含义内,磺酸官能团不是磺酸酯(盐)官能团。

[0116] 用于实施本发明的催化剂可以还包含一个或多个氟原子。

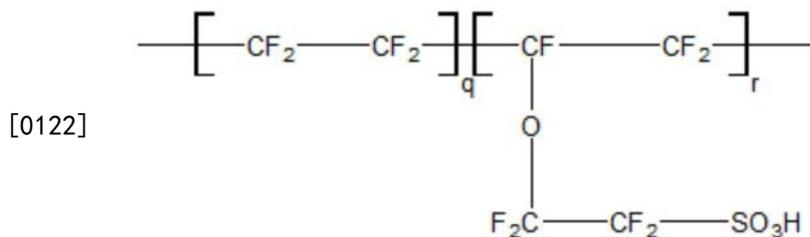
[0117] 优选地,用于实施本发明的催化剂的磺酸官能团的硫原子不与芳族碳原子键合;特别是,根据一个优选的实施方式,催化剂的磺酸官能团的硫原子不与诸如萘型环等环的碳原子键合。

[0118] 根据一个实施方式,催化剂选自:

[0119] -式RSO<sub>3</sub>H的催化剂,其可选地是负载的,其中,R是氢原子或具有1至18个碳原子的直链、支化或环状烷基,其可选地取代有一个或多个杂原子,例如氮、氟、氧、硫或硅类型的杂原子,催化剂载体可以选自二氧化硅、氧化铝,优选二氧化硅;和

[0120] -式(1)的聚合物形式的催化剂:

[0121] [化1]



[0123] 其中,q和r彼此独立地表示1至15的非零数。

[0124] 根据一个实施方式,在上式(1)中,q表示2至10的整数,优选3至8,r表示1至3的整数。

[0125] 根据一个实施方式,在上述式 $\text{RSO}_3\text{H}$ 中,R表示氢原子或直链或支化的烷基或烯基、环烷基,所述基团优选具有1至12个碳原子,所述基团可选地取代有一个或多个氟原子和/或氧原子。

[0126] 根据一个实施方式,用于实施本发明的催化剂包含单个磺酸官能团、1至4个碳原子和2至9个氟原子。根据一个优选实施方式,用于实施本发明的催化剂是可选地负载在例如二氧化硅或氧化铝、优选二氧化硅上的三氟甲磺酸(三氟甲烷磺酸)。

[0127] 负载在例如二氧化硅或氧化铝上的催化剂呈现出能够在方法结束时再循环的优点,例如在过滤(例如在烧结介质上)、冲洗(使用例如1,2-二氯乙烷等类型的溶剂)和干燥(例如在氮气气氛下)之后。如此再循环的催化剂可用于催化另一反应。

[0128] 根据一个具体实施方式,用于实施本发明的催化剂选自三氟甲磺酸、负载在二氧化硅上的三氟甲磺酸、对甲苯磺酸、甲磺酸、九氟丁磺酸或式(1)的催化剂,其中,q为3至8,r为1至2。

[0129] 能够用于实施本发明的催化剂可以是市售的。

[0130] 用于实施本发明的催化剂可以是均相催化剂或非均相催化剂。

[0131] 当其是非均相催化剂时,其可以是聚合物形式的催化剂(式(1)的催化剂的实例)或负载在可以选自氧化铝、二氧化硅等的材料上的催化剂(式 $\text{RSO}_3\text{H}$ 的负载型催化剂的实例)。

[0132] 根据一个实施方式,本发明的方法可选地包括用于将催化剂与由此获得的交内酯组合物分离的分离步骤。

[0133] 根据本发明的一个优选实施方式,该方法使用单一催化剂。换言之,优选地,如本发明所定义的包含至少一个磺酸官能团的催化剂将是在不饱和酯与饱和脂肪酸的反应过程中系统的唯一催化剂。优选地,本发明的催化剂不包含任何金属原子,特别是不包含铁、镍、钴或铋原子。

[0134] 根据一个具体实施方式,催化剂不是三氟甲磺酸盐催化剂和/或催化剂不包含三氟甲磺酸盐。

#### [0135] 方法的实施

[0136] 本发明的方法包括使酯和/或不饱和酸与饱和脂肪酸反应。该方法通常导致饱和脂肪酸的酸官能团与酸或酯形式的不饱和化合物的碳-碳双键的加成反应,从而形成至少一种交内酯。

[0137] 本发明的方法尤其能够在不饱和化合物与饱和脂肪酸之间的反应结束时获得主要包含单交内酯的交内酯组合物;特别是,在本发明的方法结束时获得的交内酯组合物相

对于由该方法获得的组合物的总重量,通常包含至少80重量%、有利地至少90重量%的单交内酯。

[0138] 通常,本发明的方法获得单交内酯的至少两种位置异构体的混合物。实际上,饱和脂肪酸能够与不饱和化合物的碳-碳双键的任一碳原子反应,然后产生单交内酯的两种位置异构体。此外,不饱和化合物的一部分可以异构化,使得对于不饱和化合物的一部分,碳-碳双键可以改变位置。应注意的是,在碳-碳双键处在末端位置的情况下,饱和脂肪酸将主要在不处于末端位置的碳原子上反应,但不饱和化合物的一部分可能异构化,这也将导致位置异构体。

[0139] 作为该方法结束的结果获得的单交内酯可以是酸式单交内酯形式(例如当不饱和反应物为不饱和酸形式时)和/或酯式单交内酯(例如当不饱和反应物为不饱和酸酯形式时)。优选地,不饱和化合物是不饱和酸,并且作为不饱和酸与饱和酸的加成反应结束时的结果获得的单交内酯则是酸式单交内酯的形式。

[0140] 优选地,本发明的方法不包括以下步骤:(i)在0.25当量三氟甲磺酸存在下,通常在氮气气氛下,在装有搅拌器的反应器中混合1当量油酸2-乙基己酯与6当量月桂酸,然后(ii)在60°C加热步骤(i)的混合物24小时。

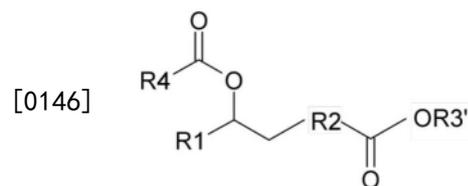
[0141] 优选地,当不饱和化合物为酯形式时,所述不饱和酯不是油酸2-乙基己酯和/或饱和脂肪酸不是月桂酸。优选地,所述不饱和酯不是油酸2-乙基己酯,饱和脂肪酸不是月桂酸。

[0142] 本发明的方法还可以可选地包括用于将预期获得的酸式单交内酯酯化的酯化步骤。如果开始时不饱和化合物包含酸和酯的混合物,则在本发明的方法结束时获得的所得交内酯组合物可以包含酸形式和酯形式的交内酯的混合物。然后后续酯化过程可能是需要的/有用的,以便将酸形式的交内酯酯化。

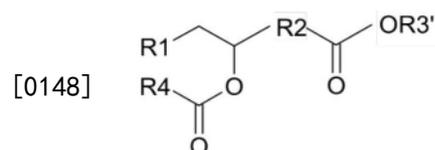
[0143] 酯化步骤可以根据本领域技术人员公知的任何方法实施。通常,酸式单交内酯的酯化使用至少一种具有1至16个碳原子、优选1至12个碳原子或甚至1至10个碳原子的醇进行。优选地,所述醇对应于以上定义的式(4)。

[0144] 作为该方法的结果获得的单交内酯可由式(8)或式(9)表示:

[0145] [化8]:



[0147] [化9]



[0149] 其中:

[0150] R1、R2和R4的定义与式(2)、(3)和(7)中相同;

[0151] R3' 可以与上式(4)中定义的R3相同,或者R3' 可以是氢原子;

[0152] 以及它们的位置异构体,其中,-OOCR<sub>4</sub>单元可以在不饱和化合物的烷基链上的不同位置支化。

[0153] 实际上,起始不饱和化合物可以包含由上式(2)或式(3)所示的化合物的位置异构体。因此,获得的交内酯还可以包含上式(8)和(9)所示化合物的位置异构体。

[0154] 优选地,本发明的方法不包括对在该方法结束时获得的交内酯组合物进行氢化的任何后续氢化步骤。

[0155] 由式(8)和(9)定义的化合物是两种位置异构体。当R<sub>3</sub>'是氢原子时,它将被称为酸式单交内酯,而当R<sub>3</sub>'不是氢原子时,例如如R<sub>3</sub>所定义的那样,则它将被称为酯式单交内酯。

[0156] 根据本发明的一个实施方式,本发明的方法可以获得式(8)的单交内酯和式(9)的单交内酯。

[0157] 根据一个实施方式,在式(8)和(9)中:

[0158] -R<sub>4</sub>不是十一烷基,并且

[0159] -R<sub>3</sub>不是2-乙基己基,并且

[0160] -R<sub>2</sub>不是二价庚基,并且

[0161] -R<sub>1</sub>不是辛基。

[0162] 提到“由该方法获得的组合物”,适当地考虑了反应的反应物、产物以及副产物。当指定由该方法获得的组合物时,不考虑催化剂。因此,通常需要将催化剂与反应介质分离以获得由该方法获得的交内酯组合物。

[0163] 根据本发明的一个实施方式,不饱和酸或其酯与饱和脂肪酸之间的反应在20至120°C、优选30至100°C、有利地40至100°C的温度下进行。较高的温度可能有利于转化率,但如果温度太高,则有利于单交内酯的反应选择率可能会降低。

[0164] 该方法可以以连续或半连续或批量模式实施。

[0165] 根据一个实施方式,本发明的方法实施不饱和化合物和饱和酸的批量添加(同时添加全部反应物)或分次添加(以分次方式添加反应物)。

[0166] 分次加入反应物之一(特别是不饱和酯)的具体实施方式使得可以减少或甚至消除使不饱和酯低聚的低聚反应。

[0167] 根据一个实施方式,在催化剂存在下的不饱和化合物与饱和脂肪酸的反应按照一个或多个以下条件进行:

[0168] -不饱和化合物与饱和脂肪酸的摩尔比为1/10至1/1,优选1/8至1/4;

[0169] -不饱和化合物与催化剂的摩尔比为1/0.1至1/1,优选1/0.15至1/0.5。

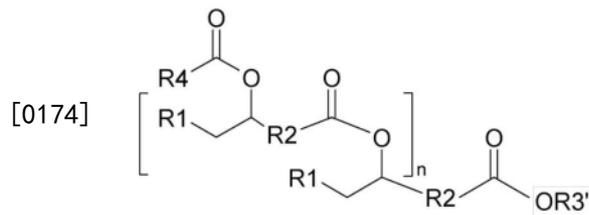
[0170] 根据本领域技术人员已知的方法,可以通过与火焰离子化检测器(GC-FID)联用的气相色谱来监测反应的进程。

[0171] 在本发明的含义内,术语“转化率”是指以重量百分比表示的已反应的不饱和化合物的量,术语“选择率”是指以重量百分比表示的相对于形成的产物总重量的形成的单交内酯的量(因此选择率的计算不考虑反应物或催化剂)。

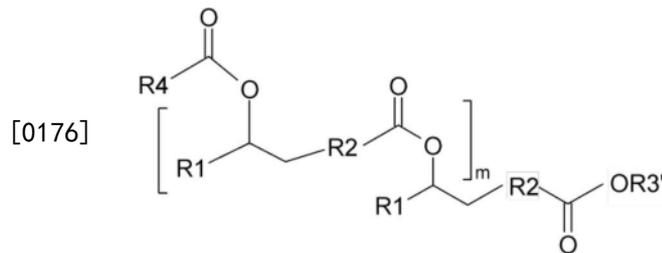
[0172] 在该方法结束时获得的所得交内酯组合物还可包含副产物(也称为“次要产物”),例如式(10)或式(11)的聚交内酯。根据一个实施方式,本发明的方法可以获得式(10)的聚交内酯和式(11)的聚交内酯。可以形成式(10)和/或(11)的这些聚交内酯的其他位置异构

体。

[0173] [化10]



[0175] [化11]



[0177] 其中：

[0178] R1、R2和R4的定义与式(2)、(3)和(7)中相同；

[0179] R3' 可以与上式(4)中定义的R3相同，或者R3' 可以是氢原子；

[0180] n和m彼此独立且不为零，通常n和m可以为1至4。

[0181] 除了对于单交内酯的非常好的选择率之外，本发明的方法将使得能够以少量加成反应获得聚交内酯。换言之，在本发明的方法中将可能获得的至少50重量%、或甚至至少70重量%、或实际上甚至至少90重量%的聚交内酯将是n和m(交内酯数)等于1的聚交内酯。

[0182] 根据标准ASTM D7042测得，在该方法结束时获得的所得交内酯组合物在40°C下的运动粘度有利地为5至100mm<sup>2</sup>/s，优选10至50mm<sup>2</sup>/s，有利地15至40mm<sup>2</sup>/s。

[0183] 在该方法结束时获得的所得交内酯组合物的碘值有利地小于或等于13g/100g碘，优选小于或等于12g/100g碘，有利地小于或等于10g/100g碘。本发明的方法是特别有利的，因为其可以在没有氢化步骤的情况下获得低碘值。碘值可以例如根据标准NF EN ISO 3961测量。

[0184] 相对于交内酯的总重量，在交内酯形成反应(使饱和脂肪酸在不饱和脂肪酸上加成的加成反应)结束时获得的所得交内酯组合物通常包含：

[0185] -80至99.9重量%的单交内酯，和

[0186] -0.1至20重量%的聚交内酯，

[0187] 所述交内酯包括单交内酯和聚交内酯。

[0188] 应当注意，相对于交内酯组合物的总重量，交内酯组合物可以可选地包含0.1至30重量%的未反应的反应物或在使交内酯酯化的酯化反应期间可能原位形成的不饱和酯。

[0189] 本发明的方法可以可选地还包括：在交内酯形成反应之后，将诸如饱和脂肪酸、不饱和脂肪酸和/或不饱和脂肪酸酯等类型的未反应的反应物从交内酯组合物中去除的分离步骤。在本发明的含义内，交内酯不是反应物。当开始时不饱和化合物是酸形式并且获得酸形式的交内酯时，该方法可以包括随后的酯化步骤，在这种情况下，可以原位形成不饱和酯。这些不饱和酯不是本发明含义内的交内酯。用于使反应物能够分离的分离步骤也可以

使在交内酯的酯化过程中可能原位形成的这些不饱和酯能够分离。

[0190] 用于分离酸或酯(不是交内酯的化合物)的该分离步骤可能导致单交内酯和多交内酯各自比例的不平衡。因此,相对于交内酯的总重量,在用于分离酸或酯的该分离步骤之前的交内酯组合物包含:

[0191] -80至99.9重量%的单交内酯,和

[0192] -0.1至20重量%的聚交内酯;

[0193] 相对于交内酯的总重量,在用于分离酸或酯的分离步骤之后的交内酯组合物可以包含:

[0194] -65至99重量%的单交内酯,和

[0195] -1至35重量%的聚交内酯。

[0196] 交内酯组合物

[0197] 本发明的目的还涉及这样的交内酯组合物和能够通过本发明的方法获得的交内酯组合物。

[0198] 相对于交内酯的总重量,本发明的交内酯组合物通常包含:

[0199] -65至99.9重量%、优选70至95重量%、更优选75至90重量%的单交内酯;和

[0200] -0.1至35重量%、优选5至30重量%、更优选10至25重量%的聚交内酯。

[0201] 根据标准ASTM D7042测得,本发明的交内酯组合物在40℃下的运动粘度有利地为5至100mm<sup>2</sup>/s,优选10至50mm<sup>2</sup>/s,有利地15至40mm<sup>2</sup>/s。

[0202] 本发明的交内酯组合物的碘值有利地小于或等于13g/100g碘,优选小于或等于12g/100g碘,有利地小于或等于10g/100g碘。本发明的方法是特别有利的,因为其可以在没有氢化步骤的情况下获得低碘值。

[0203] 根据一个实施方式,相对于交内酯组合物的总重量,所述交内酯组合物包含:

[0204] -50至99.8重量%、优选55至90重量%、更优选55至80重量%的单交内酯;

[0205] -0.1至30重量%、优选5至25重量%、更优选10至25重量%的聚交内酯;和

[0206] -0.1至30重量%、优选1至25重量%、更优选5至25重量%的选自不饱和脂肪酸酯和饱和脂肪酸酯的酯,所述饱和脂肪酸酯可以由不饱和酯与饱和脂肪酸的酯交换反应获得。

[0207] 根据本发明的一个实施方式,相对于交内酯组合物的总重量,所述交内酯组合物包含:

[0208] -65至99.9重量%、优选70至95重量%、更优选75至90重量%的对应于式(8)和/或式(9)的单交内酯;和

[0209] -0.1至35重量%、优选5至30重量%、更优选10至25重量%的对应于式(10)和/或式(11)的聚交内酯。

[0210] 根据本发明的一个实施方式,相对于交内酯组合物的总重量,所述交内酯组合物包含:

[0211] -50至99.8重量%、优选55至95重量%、更优选55至80重量%的对应于式(8)和/或式(9)的单交内酯;和

[0212] -0.1至30重量%、优选5至25重量%、更优选10至25重量%的对应于式(10)的聚交内酯和/或其一种或多种位置异构体(例如式(11)),优选其中n等于1;

[0213] -0.1至30重量%、优选1至25重量%、更优选5至25重量%的饱和脂肪酸酯,所述饱和脂肪酸酯由使式(5)和/或(6)的不饱和酯与式(7)的饱和脂肪酸酯交换的酯交换反应获得。

[0214] 根据本发明的一个实施方式,相对于交内酯组合物的总重量,所述交内酯组合物包含:

[0215] -65至99.9重量%、优选70至95重量%、更优选75至90重量%的单交内酯,所述单交内酯至少包括式(8)的单交内酯和式(9)的单交内酯;和

[0216] -0.1至35重量%、优选5至30重量%、更优选10至25重量%的聚交内酯,所述聚交内酯至少包括式(10)的聚交内酯和式(11)的聚交内酯。

[0217] 根据一个优选实施方式,本发明的交内酯组合物的交内酯为酯形式。当本发明的交内酯组合物的交内酯对应于式(8)、(9)、(10)和/或(11)(或这些式的位置异构体)时,优选地,基团R3'与R3相同,即,其表示含有1至16个碳原子、优选1至12个碳原子、有利地1至10个碳原子的直链或支化的一价烷基。

[0218] 根据一个实施方式,在式(8)、(9)、(10)和/或(11)中:

[0219] -R4不是十一烷基,并且

[0220] -R3不是2-乙基己基,并且

[0221] -R2不是二价庚基,并且

[0222] -R1不是辛基。

[0223] 用途

[0224] 本发明的方法使得可以获得对于单交内酯具有高选择率的交内酯组合物。本发明的交内酯组合物因此可以用作润滑组合物中的基础油。在本发明的方法中定义的加成反应之后,交内酯组合物可用于润滑组合物,而不需要用于将单交内酯与聚交内酯分离的在先蒸馏步骤。

[0225] 优选地,本发明的交内酯组合物的交内酯为酯形式,以将其用作润滑组合物中的基础油。必要时,可以提供用于将在该方法结束时获得的所得交内酯组合物酯化的酯化步骤,从而将酸式交内酯酯化。酯化步骤可以根据本领域技术人员公知的任何方法实施。通常,酸式单交内酯的酯化使用至少一种具有1至16个碳原子、优选1至12个碳原子或实际上甚至1至10个碳原子的醇进行。优选地,所述醇对应于以上定义的式(4)。

[0226] 交内酯组合物可以作为唯一的基础油用于润滑组合物,但有利地与一些其他基础油组合使用。术语“其他基础油”应理解为指除交内酯以外的基础油。

[0227] 包含本发明的交内酯组合物的润滑组合物可用于润滑车辆的各个部件,特别是发动机或车辆变速器的各个部件,或者船用发动机或例如用于土木工程的工业机械发动机的各个部件。

[0228] 润滑组合物

[0229] 本发明的目的还涉及一种润滑组合物,其包含本发明的交内酯组合物和至少一种添加剂和/或至少一种其他基础油,本发明的交内酯组合物的交内酯为酯形式。

[0230] 如上所述,可以提供用于将在本发明的方法结束时获得的所得交内酯组合物酯化的酯化步骤,以便将酸式交内酯酯化,如果本发明的方法在实施中使用不饱和酸作为反应物,则可以提供这样的酯化。

[0231] 这些其他基础油可以选自润滑油领域中常用的基础油,例如矿物油、合成或天然动物或植物油或它们的混合物。

[0232] 本发明的润滑组合物的其他基础油可以具体是属于根据API分类(或根据欧洲润滑油工业技术协会的同等分类,即ATIEL分类)中定义的类别的I至V组并列于下表1的矿物或合成来源的油,或它们的混合物。

[0233] [表1]

	饱和物含量(按重量计)	硫含量(按重量计)	粘度指数(VI)
I 组 矿物油	<90%	>0.03%	$80 \leq VI < 120$
[0234] II 组 加氢裂化油	$\geq 90\%$	$\leq 0\%$	$80 \leq VI < 120$
III 组 加氢裂化或加氢异构油	$\geq 90\%$	$\leq 0.03\%$	$\geq 120$
IV 组	聚 $\alpha$ 烯烃 (PAO)		
V 组	在 I 至 IV 组中不包括的酯和其他基础油		

[0235] 其他矿物基础油包括通过以下方式获得的所有类型的基础油:原油常压和真空蒸馏,然后诸如溶剂萃取、脱沥青、溶剂脱蜡、加氢处理、加氢裂化、加氢异构化和加氢精制等精炼操作。

[0236] 也可使用可以为生物来源的合成油和矿物油的混合物。

[0237] 本发明的润滑组合物的其他基础油也可以选自合成油,例如羧酸和醇的某些酯、聚 $\alpha$ 烯烃 (PAO) 和通过聚合或共聚含有2至8个碳原子、特别是2至4个碳原子的氧化烯获得的聚亚烷基二醇 (PAG)。

[0238] 用作其他基础油的PAO例如由含有4至32个碳原子的单体、例如辛烯或癸烯获得。PAO的重均分子量(即质量平均摩尔质量)可能变化很大。优选地,PAO的重均分子量小于600Da。PAO的重均分子量也可以为100至600Da、150至600Da或甚至200至600Da。

[0239] 有利地,本发明的润滑组合物的一种或多种其他基础油选自聚 $\alpha$ 烯烃 (PAO)、聚亚烷基二醇 (PAG) 以及羧酸和醇的酯。

[0240] 根据一个另选实施方式,本发明的润滑组合物的一种或多种其他基础油可以选自II或III组的基础油。

[0241] 本领域技术人员可调整用于在润滑组合物中实施的基础油的含量水平。

[0242] 根据一个实施方式,相对于本发明的润滑组合物的总重量,本发明的润滑组合物包含:

[0243] -5至95重量%、优选10至70重量%、有利地15至50重量%的本发明的交内酯组合物;和

[0244] -5至95重量%、优选30至90重量%、有利地50至85重量%的一种或多种其他基础油。

[0245] 根据一个实施方式,润滑组合物的一种或多种添加剂选自摩擦改进剂、清洁剂、抗磨添加剂、极压添加剂、分散剂、抗氧化剂、倾点下降剂、消泡剂及其混合物。这些添加剂对

于机械部件润滑领域的本领域技术人员来说是众所周知的。

[0246] 这些添加剂可以单独和/或以共混物/混合物的形式引入,与具有本领域技术人员公知的由欧洲汽车制造商协会(ACEA)和/或美国石油学会(API)定义的性能水平的已经可用于汽车发动机商用润滑油配方销售的那些非常相似。

[0247] 本发明的润滑组合物可以包含至少一种摩擦改进剂添加剂。摩擦改进剂添加剂可以选自提供金属元素的化合物和无灰化合物。在提供金属元素的化合物中,可以举出如Mo、Sb、Sn、Fe、Cu、Zn等过渡金属的络合物,其配体可以是包含氧、氮、硫或磷的烃化合物。无灰摩擦改进剂添加剂通常源自有机来源,可以选自脂肪酸和多元醇的单酯、烷氧基化胺、烷氧基化脂肪胺、脂肪环氧化物、硼酸脂肪环氧化物;脂肪胺或脂肪酸甘油酯。根据本发明,脂肪化合物包含至少一个含有10至24个碳原子的烃基。

[0248] 相对于润滑组合物的总重量,本发明的润滑组合物可包含0.01至2重量%或0.01至5重量%、优选0.1至1.5重量%或0.1至2重量%的摩擦改进剂添加剂。

[0249] 根据本发明实施的润滑组合物可以包含至少一种抗氧化剂添加剂。

[0250] 抗氧化剂添加剂通常提供在工作中使用期间延迟组合物降解的手段。这种降解可能特别导致在淤渣的存在下沉积物的形成,或导致组合物的粘度增加。

[0251] 抗氧化添加剂特别用作自由基抑制剂或氢过氧化物破坏剂。在常用的抗氧化剂添加剂中,可以举出例如酚类抗氧化剂添加剂、胺抗氧化剂添加剂、磷硫抗氧化剂添加剂等类型。这些抗氧化剂添加剂中的某些,例如磷硫抗氧化剂添加剂,可以是灰产生剂。酚类抗氧化剂添加剂可以是无灰的,或者实际上可以是碱性或中性金属盐形式。该抗氧化剂添加剂可特别选自位阻酚、位阻酚酯和包含硫醚桥、二苯胺、取代有至少一个C1-C12烷基的二苯胺、N,N'-二烷基-芳基二胺及其混合物的位阻酚。

[0252] 优选地,根据本发明,位阻酚选自包含酚基的化合物,其中,与带有醇官能团的碳相邻的至少一个碳取代有至少一个C1-C10烷基,优选C1-C6烷基,优选C4烷基,优选叔丁基。

[0253] 氨基化合物是可以使用的另一类抗氧化剂添加剂,可以与酚类抗氧化剂添加剂组合使用。氨基化合物的实例是芳族胺,例如式NQ1Q2Q3的芳族胺,其中,Q1表示脂族基团或可选地取代的芳族基团;Q2表示可选地取代的芳族基团;Q3表示氢原子、烷基、芳基或式Q4S(O)ZQ5的基团,其中,Q4表示亚烷基或亚烯基;Q5表示烷基、烯基或芳基;z表示0、1或2。

[0254] 硫化烷基酚或其碱金属和碱土金属盐也可用作抗氧化剂添加剂。

[0255] 另一类抗氧化剂添加剂是铜化合物类,例如硫代或二硫代磷酸铜、铜和羧酸的盐、二硫代氨基甲酸盐、磺酸盐、酚盐、乙酰丙酮化铜。也可以使用铜I和II盐、琥珀酸盐或琥珀酸酐。

[0256] 本发明的润滑组合物可以包含本领域技术人员已知的所有类型的抗氧化剂添加剂。

[0257] 有利地,本发明的润滑组合物包含至少一种无灰的抗氧化剂添加剂。

[0258] 相对于组合物的总重量,本发明的润滑组合物可以包含0.5重量%至2重量%的至少一种抗氧化剂添加剂。

[0259] 本发明的润滑组合物还可以包含至少一种清洁剂添加剂。

[0260] 清洁剂添加剂通常提供通过溶解氧化和燃烧的副产物来减少金属部件表面沉积物形成的手段。

[0261] 可用于本发明的润滑组合物的清洁剂添加剂是本领域技术人员公知的。清洁剂添加剂可以是包含长亲油烃链和亲水头的阴离子化合物。结合的阳离子可以是碱金属或碱土金属的金属阳离子。

[0262] 清洁剂添加剂优选选自羧酸的碱金属盐或碱土金属盐、磺酸盐、水杨酸盐、环烷酸盐以及酚盐。碱金属和碱土金属优选为钙、镁、钠或钡。

[0263] 这些金属盐通常包含化学计量量或过量的金属,因此其量大于化学计量量。这些是高碱性清洁剂添加剂;对清洁剂添加剂贡献高碱性特性的过量金属则通常为油不溶性金属盐形式,例如碳酸盐、氢氧化物、草酸盐、乙酸盐、谷氨酸盐,优选碳酸盐。

[0264] 相对于组合物的总重量,本发明的润滑组合物可以例如包含2至4重量%的清洁剂添加剂。

[0265] 此外,本发明的润滑组合物可以包含至少一种分散剂,其与根据本发明定义的如琥珀酰亚胺等类型的化合物分开。

[0266] 分散剂可以选自曼尼希碱、琥珀酰亚胺,例如聚异丁烯琥珀酰亚胺等类型的。

[0267] 相对于组合物的总重量,根据本发明实施的润滑组合物可以例如包含0.2至10重量%的一种或多种分散剂,该分散剂与根据本发明定义的如琥珀酰亚胺等类型的化合物分开。

[0268] 本发明的润滑组合物还可包含至少一种抗磨剂和/或极压剂。

[0269] 现有的抗磨添加剂种类繁多。优选地,对于本发明的润滑组合物,抗磨添加剂选自磷硫添加剂,如烷基硫代磷酸金属盐,特别是烷基硫代磷酸锌,更特别是二烷基二硫代磷酸锌或ZnDTP。优选的化合物是式 $Zn((SP(S)(OQ6)(OQ7))_2$ 的那些,其中,Q6和Q7可以相同或不同,独立地表示烷基,优选包含1至18个碳原子的烷基。

[0270] 磷酸胺也是可用于本发明的组合物的抗磨添加剂。然而,这些添加剂提供的磷可能成为汽车的催化系统的有毒物质,因为这些添加剂是灰产生剂。这些影响可以通过用不提供磷的添加剂、例如多硫化物、特别是含硫烯烃部分代替磷酸胺而最小化。

[0271] 相对于组合物的总重量,本发明的润滑组合物可以包含0.01至15重量%、优选0.1至10重量%、优选1至5重量%的抗磨剂。

[0272] 本发明的润滑组合物还可包含至少一种消泡剂。

[0273] 消泡剂可以选自聚丙烯酸酯、聚硅氧烷或它们的混合物。

[0274] 相对于组合物的总重量,本发明的润滑组合物可包含0.01至2质量%、或0.01至5质量%、优选0.1至1.5质量%或0.1至2质量%的消泡剂。

[0275] 适用于本发明的润滑组合物还可以包含至少一种倾点下降剂添加剂,其因此也称为“PPD”(“Pour Point Depressant”)试剂。

[0276] 通过减缓链烷烃晶体的形成,倾点下降剂通常会改善组合物的低温行为。作为倾点下降剂添加剂的实例,可以举出聚甲基丙烯酸烷基酯、聚丙烯酸烷基酯、聚芳基酰胺、聚烷基苯酚、聚烷基萘和烷基化聚苯乙烯。

[0277] 相对于本发明的润滑组合物的总重量,本发明的润滑组合物可以包含:

[0278] -5至94.9重量%、优选10至70重量%、有利地15至50重量%的本发明的交内酯组合物;和

[0279] -5至94.9重量%、优选30至90重量%、有利地50至85重量%的一种或多种其他基

础油,

[0280] -0.1至15重量%、优选0.5至10重量%、有利地1至5重量%的选自摩擦改进剂、粘度指数改进剂、清洁剂、分散剂、抗磨剂和/或极压添加剂、抗氧化剂、倾点下降剂、消泡剂及其混合物的一种或多种添加剂。

[0281] 本发明的润滑组合物可以通过混合润滑组合物的成分而获得。本发明还涉及一种制备润滑化合物的方法,其包括以下步骤:

[0282] -根据上述方法制备交内酯组合物;和

[0283] -将至少一种其他基础油和/或至少一种添加剂与所述交内酯组合物混合。

[0284] 优选地,本发明的制备润滑组合物的方法不包括在混合步骤之前分离在制备交内酯组合物的步骤中形成的产物的中间分离步骤。优选地,本发明的润滑组合物的制备方法不包括氢化步骤,特别是将在制备交内酯组合物的步骤结束时获得的交内酯组合物氢化。

[0285] 在实施制备润滑组合物的组合物制备方法中使用的一种或多种其他基础油和一种或多种添加剂可以具有上面在本发明的润滑组合物的上下文中描述的一种或多种特征。

[0286] 通过该制备方法获得的润滑组合物可以表现出上面在本发明的润滑组合物的上下文中描述的一种或多种特征。

[0287] 实施例

[0288] 在本说明书的其余部分中,以举例说明本发明的方式给出实施例,决不旨在限制其范围。

[0289] 术语“转化率”对应于以重量百分比表示的已反应的起始不饱和化合物的比例。

[0290] 对于单交内酯的选择率对应于以重量百分比表示的在由该方法获得的交内酯组合物中获得的单交内酯的比例。

[0291] 实施例1:本发明的方法的实施

[0292] 在本实施例中,在油酸(不饱和化合物)与壬酸(饱和脂肪酸)之间进行加成反应。油酸源自具有大于80重量%的油酸含量和小于1重量%的多不饱和化合物含量的植物油。

[0293] 在批量添加(非分次)两种反应物后,该方法进行总共8小时的时间。

[0294] 温度和不饱和化合物/饱和酸/催化剂的摩尔比示于下表2中。

[0295] 测试了多种催化剂:

[0296] -催化剂1:来自市售的Aquivion®系列的催化剂,呈式(8)的聚合物形式,其中,q表示3至8的整数,r是1至2的整数;

[0297] -催化剂2:三氟甲磺酸(市售催化剂)。

[0298] 在不饱和化合物的转化率和对于单交内酯的选择率方面的结果示于下表2中。

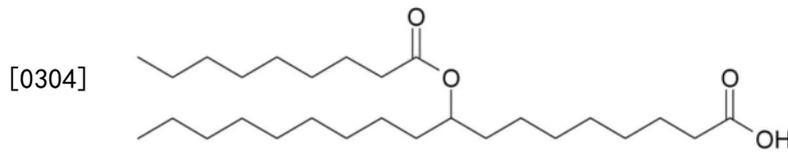
[0299] [表2]

	催化剂	不饱和化合物/饱和酸 /催化剂的摩尔比	T(°C)	不饱和化合物的 转化率	对于单交内 酯的选择率
	催化剂 1	1/6/0.25	80	61%	95%
	催化剂 1	1/6/0.1	80	60%	95%
	催化剂 2	1/6/0.05	60	64%	91%
[0300]	催化剂 2	1/6/0.1	60	73%	91%
	催化剂 2	1/6/0.15	60	75%	93%
	催化剂 2	1/6/0.2	60	78%	91%
	催化剂 2	1/6/0.25	60	77%	89%
	催化剂 2	1/3/0.25	60	72%	84%
	催化剂 2	1/4/0.15	60	72%	89%

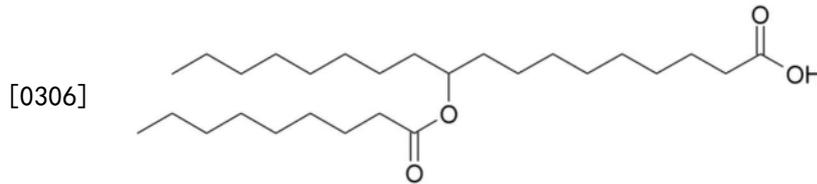
[0301] 这些实例表明,本发明的方法可以获得对于单交内酯的非常好的选择率和非常好的转化率。

[0302] 主要获得的酸式单交内酯对应于式(12)和/或式(13):

[0303] [化12]



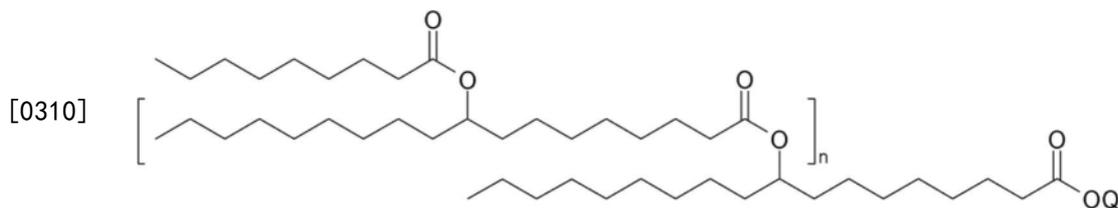
[0305] [化13]



[0307] 在可能形成的酸式单交内酯中,还可以获得这两个式(12)和(13)的位置异构体。实际上,壬酸可以在油酸的烃链的另一个碳原子上支化。

[0308] 主要形成的聚交内酯对应于式(14)。可以形成其他聚交内酯,则对应于式(14)的位置异构体。

[0309] [化14]



[0311] 其中,Q是氢原子,因为不饱和化合物是酸形式,其中,n为1至2,大部分n等于1(至少90重量%的聚交内酯是n等于1的聚交内酯,即,通过两次加成反应获得的聚交内酯)。

[0312] 在加成反应结束时(在任何分离步骤之前),相对于交内酯组合物的总重量,交内酯组合物CI7包含:

[0313] -63重量%的酸形式的单交内酯;

[0314] -12重量%的酸形式的聚交内酯;

[0315] -25重量%的未反应的反应物(如油酸或油酸酯等类型)。

[0316] 根据本领域技术人员熟知的方法,可以通过与火焰离子化检测器(GC-FID)联用的气相色谱法(例如使用DB5-HT柱)监测反应进程。由此可以确定转化率和选择率。

[0317] 实施例2:本发明的另一种方法的实施

[0318] 在本实施例中,在油酸甲酯(不饱和化合物)与壬酸(饱和脂肪酸)之间进行加成反应。油酸甲酯源自具有大于80重量%的油酸含量和小于1重量%的多不饱和化合物含量的植物油。

[0319] 在批量添加(非分次)两种反应物后,该方法进行总共8小时的时间。

[0320] 温度和不饱和化合物/饱和酸/催化剂的摩尔比示于下表3中。

[0321] 本实施例测试的催化剂为三氟甲磺酸(市售催化剂),在表3中命名为催化剂2。

[0322] 在不饱和化合物的转化率和对于单交内酯的选择率方面的结果示于下表3中。

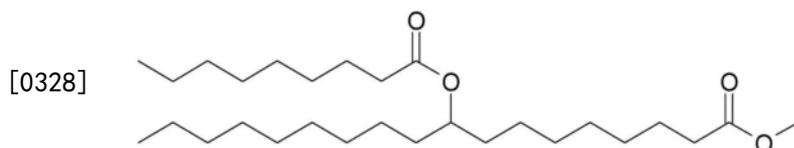
[0323] [表3]

	催化剂	不饱和化合物/饱和酸/ 催化剂的摩尔比	T(°C)	不饱和化合物的转化率	对于单交内酯的选择率
[0324]	CI10	1/6/0.5	60	81%	77%
	CI11	1/6/1	60	83%	76%

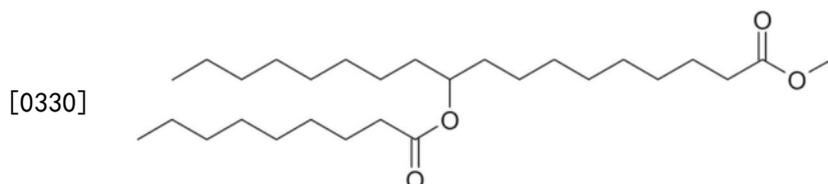
[0325] 这些实例表明,本发明的方法可以同时获得对于单交内酯的良好的选择率和良好的转化率。

[0326] 在该实施例中,具体而言,以酯形式获得单交内酯,对应于式(15)和/或式(16)

[0327] [化15]



[0329] [化16]



[0331] 在可能形成的酯式单交内酯中,还可以获得这两个式(15)和(16)的位置异构体。实际上,壬酸可以在油酸酯的烃链的另一个碳原子上支化。

[0332] 实施例3:对比催化剂

[0333] 进行与实施例2类似的实验,但使用其他市售催化剂,并在下表4中详述的条件下进行。

[0334] 下表4汇总了使用以下催化剂进行的测试条件和结果:三氟甲磺酸铜 $\text{Cu}(\text{OTf})_2$ 、三氟甲磺酸铁 $\text{Fe}(\text{OTf})_3$ 、三氟甲磺酸铋 $\text{Bi}(\text{OTf})_3$ 和高氯酸。这四种催化剂在与其最佳实施条件相对应的条件下实施。

[0335] [表4]

	催化剂	T(°C)	不饱和化合物/饱和酸 /催化剂的摩尔比	不饱和化 合物的转 化率	对于单交内 酯的选择率	
[0336]	CC1	Cu(OTf) <sub>2</sub>	80	1/1/0.25	36%	3%
	CC2	Fe(OTf) <sub>3</sub>	80	1/2/0.25	66%	2%
	CC3	Bi(OTf) <sub>3</sub>	80	1/2/0.25	63%	4%
	CC4	高氯酸*	60	1/2/0.05	93%	17%

[0337] \*对于这种催化剂,使用的饱和酸是C12酸

[0338] 如表4所示,这三种催化剂对于使饱和酸在不饱和酯的双键上加成的加成反应没有选择率,因为对于单交内酯的选择率非常低(小于5%)。

[0339] 已经观察到,在这些三氟甲磺酸盐催化剂(在本发明之外)存在下,酯交换反应占优势,不利于交内酯形成反应。

[0340] 至于使用高氯酸类催化剂的实例,转化率良好,但选择率水平不令人满意:反应导致聚交内酯产率极为优势,特别是观察到获得的聚交内酯具有3.1的EN值。交内酯EN值可以例如通过<sup>1</sup>H NMR确定。

[0341] 实施例4:本发明的另一种方法的实施

[0342] 在该实施例中,在末端位置具有一个不饱和度的C11单不饱和单脂肪酸(不饱和化合物)和壬酸(饱和脂肪酸)之间进行加成反应。脂肪酸源自加氢裂化植物油。

[0343] 在批量添加(非分次)两种反应物后,该方法进行总共8小时的时间。

[0344] 温度和不饱和化合物/饱和酸/催化剂的摩尔比示于下表5中。

[0345] 测试了多种催化剂:

[0346] -催化剂1:来自市售的Aquivion®系列的催化剂,呈式(8)的聚合物形式,其中,q表示3至8的整数,r是1至2的整数。

[0347] -催化剂2:三氟甲磺酸(市售催化剂)。

[0348] 在不饱和化合物的转化率和对于单交内酯的选择率方面的结果示于下表5中。

[0349] [表5]

	催化剂	不饱和化合物/ 饱和酸/催化剂 的摩尔比	T(°C)	不饱和化 合物的转 化率	对于单交内 酯的选择率
[0350]	CI12	催化剂 1	80	53%	83%
	CI13	催化剂 2	60	81%	91%

[0351] 这些实例表明,本发明的方法可以获得选择率与转化率之间的非常好的折衷。

[0352] 实施例5:本发明的另一种方法的实施

[0353] 在本实施例中,在C18单不饱和脂肪酸(不饱和化合物)与饱和脂肪酸之间进行加成反应。脂肪酸源自高油酸含量(HOSO型)的葵花油,其具有大于或等于80重量%的油酸含量和约3至5重量%的多不饱和化合物含量。

[0354] 在批量添加(非分次)两种反应物后,该方法进行总共8小时的时间。

[0355] 温度和不饱和化合物/饱和酸/催化剂的摩尔比示于下表6中。

[0356] 三氟甲磺酸(市售)用作催化剂(催化剂2)。

[0357] 在不饱和化合物的转化率和对于单交内酯的选择率方面的结果示于下表6中。

[0358] [表6]

	饱和脂肪酸	不饱和化合物/饱和酸/催化剂的摩尔比	T(°C)	不饱和化合物的转化率	对于单交内酯的选择率
[0359]	壬酸	1/4/0.25	60	75%	74%
	十二烷酸	1/4/0.25	60	71%	75%
	庚酸	1/4/0.25	60	78%	71%

[0360] 该实施例表明,本发明的方法可以获得选择率与转化率之间的非常好的折衷。

[0361] 在加成反应结束时(在任何分离之前),相对于由该方法获得的交内酯组合物的总重量,交内酯组合物CI14包含:

[0362] -56重量%的酸形式的单交内酯;

[0363] -20重量%的酸形式的聚交内酯;

[0364] -24重量%的未反应的油酸或油酸酯型反应物。

[0365] 根据本领域技术人员已知的方法,可以通过气相色谱法测定交内酯组合物的成分的比例。

[0366] 实施例6:本发明的另一实施方式的实施

[0367] 在本实施例中,在油酸酯(不饱和化合物)与壬酸(饱和脂肪酸)之间进行加成反应。油酸酯源自具有大于80重量%的油酸含量和小于1重量%的多不饱和化合物含量的植物油。

[0368] 在7小时的时间内每30分钟将不饱和酯分次加入到含有催化剂和饱和脂肪酸的混合物中,之后,该方法进行总共8小时的时间。

[0369] 在这种情况下测试的催化剂是三氟甲磺酸(市售催化剂)。使用的温度为60°C,不饱和化合物/饱和酸/催化剂的摩尔比为1/6/0.25。

[0370] 测试了两种酯,如表7所示。

[0371] [表7]

	不饱和酯的性质	转化率(%)	选择率(%)
[0372]	油酸甲酯	60	83
	油酸异戊酯	53	85

[0373] 如表7所示,当不饱和酯的烷基部分(源自醇)的位阻更大时,转化率稍低,但仍然非常合适,最重要的是选择率仍然非常令人满意,即使不饱和酯具有较长的烷基部分(源自醇)的位阻。

[0374] 实施例7:本发明的另一实施方式的实施

[0375] 在本实施例中,在C18单不饱和脂肪酸(不饱和化合物)与壬酸(饱和脂肪酸)之间进行加成反应。脂肪酸源自高油酸含量(HOSO型)的葵花油,其具有大于或等于80重量%的油酸含量和约3至5重量%的多不饱和化合物含量。

[0376] 使用的催化剂是负载在二氧化硅上的三氟甲磺酸。该负载型催化剂按以下步骤制备:

[0377] • 制备90.6g的SiO<sub>2</sub>在315mL MTBE中的悬浮液,并加入7.4g三氟甲磺酸;

[0378] • 将混合物在环境温度(约25°C)下搅拌一小时的时间(粉红色);

[0379] • 将其浓缩,然后在减压下在70°C下长时间干燥10小时(获得粉末)。

[0380] • 这种负载型催化剂的催化剂含量为0.50mmol/g。

[0381] 在批量添加(非分次)两种反应物后,该方法进行总共8小时的时间。

[0382] 在不饱和化合物的转化率和对于单交内酯的选择率方面的结果示于下表8中。

[0383] [表8]

	不饱和化合物/饱和酸/催化剂的摩尔比	T(°C)	不饱和化合物的转化率	对于单交内酯的选择率
[0384] CI22	1/4/0.25	80	64%	78%
CI23	1/4/0.05	80	57%	84%
CI24	1/4/0.15	80	60%	84%
CI25	1/2/0.15	80	67%	54%
CI26	1/6/0.15	80	60%	91%
CI30 <sup>(1)</sup>	1/6/0.15	80	69%	80%

[0385] (1) 在本次测试中,这种负载型催化剂的催化剂含量为2mmol/g(而不是0.50mmol/g)

[0386] 该实施例表明,本发明的方法可以获得选择率与转化率之间的非常好的折衷。

[0387] 实施例8:饱和脂肪酸的修改

[0388] 通过用丁酸代替壬酸来重复实施例7的方案。

[0389] 在不饱和化合物的转化率和对于单交内酯的选择率方面的结果示于下表9中。

[0390] [表9]

	不饱和化合物/饱和酸/催化剂的摩尔比	T(°C)	不饱和化合物的转化率	对于单交内酯的选择率
[0391] CI27 <sup>(1)</sup>	1/6/0.15	80	60%	84%
CI28 <sup>(1)</sup>	1/6/0.15	80	61%	89%
CI29 <sup>(1)</sup>	1/6/0.15	80	60%	81%

[0392] 该实施例表明,本发明的方法可以获得选择率与转化率之间的非常好的折衷。

[0393] 实施例9:本发明的另一实施方式的实施

[0394] 在本实施例中,在不饱和化合物(油酸或油酸甲酯)与壬酸(饱和脂肪酸)之间进行加成反应。脂肪酸源自高油酸含量(HOSO型)的葵花油,其具有大于或等于80重量%的油酸含量和约3至5重量%的多不饱和化合物含量。

[0395] 在批量添加(非分次)两种反应物后,该方法进行总共24小时的时间。

[0396] 温度和不饱和化合物/饱和酸/催化剂的摩尔比示于下表10中。

[0397] 使用的催化剂是九氟丁磺酸(催化剂4)。该催化剂是市售的。

[0398] 在不饱和化合物的转化率和对于单交内酯的选择率方面的结果示于下表10中。

[0399] [表10]

	不饱和化合物	不饱和化合物/饱和酸/催化剂的摩尔比	T(°C)	不饱和化合物的转化率	对于单交内酯的选择率*
[0400] CI20	油酸甲酯	1/6/0.25	60°C	69.51	94.76
CI21	油酸	1/6/0.25	60°C	75.91	84.20

[0401] \*通过尺寸排阻色谱法(GPC)确定的选择率:4根4.6mm直径的柱(HRE、HR3、HR2、HR1)+前置柱(或保护柱),流速0.2mL/min,折光率(RI)检测

[0402] 该实施例表明,本发明的方法可以获得选择率与转化率之间的非常好的折衷。

[0403] 实施例10:通过本发明的方法获得的交内酯组合物的润滑性质

[0404] 测定用于评估润滑组合物的基础油性能的以下性质:

[0405] -根据标准ASTM D7042测量40°C下的运动粘度(KV40)和100°C下的运动粘度(KV100)。

[0406] -根据标准ASTM D6375测量Noack挥发性。

[0407] -根据标准ASTM D7346测定倾点(PP)。

[0408] 然后,在标准条件下用2-乙基己醇将交内酯组合物CI7、CI14、CI15和CI16酯化,从而获得酯形式的交内酯(CI7酯、CI14酯、CI15酯和CI16酯)。

[0409] 结果报道在下表11中。

[0410] [表11]

	CI7酯	CI14酯	CI15酯	CI16酯
KV40 (mm <sup>2</sup> /s)	21.28	26.61	30.71	25.59
KV100 (mm <sup>2</sup> /s)	4.87	5.756	6.351	5.592
Noack (%)	8.12	4.1	1.9	3.2
PP (°C)	-27	-18	-30	-21

[0412] 测试在如Mini Traction Machine (也称为MTM) 等类型的旋转球盘摩擦计上进行。它们用于评估润滑剂在混合/水动力动态下的摩擦方面的性能。

[0413] 该测试包括使钢球和钢平盘以不同的速度进行相对运动,从而可以定义对应于滑动速度/夹带速度的% SRR (滑动速度与夹带速度之比,或滑滚比(Slide-to-Roll Ratio))。

[0414] 在三种不同的温度(40°C、100°C和150°C)下,使用1GPa的负载通过改变% SSR对交内酯组合物CI7酯进行这些测试。摩擦系数的结果示于下表12中。

[0415] [表12]

% SRR	40°C	100°C	150°C
5	0.01020	0.00450	0.01107
10	0.01567	0.00683	0.01283
20	0.02223	0.01063	0.01527
40	0.02850	0.01587	0.01937
60	0.03130	0.01940	0.02233
80	0.03263	0.02230	0.02470
100	0.03313	0.02387	0.02677
120	0.03323	0.02500	0.02800
150	0.03263	0.02620	0.02957

[0417] 本发明的交内酯组合物具有用作润滑组合物中基础油的良好性质。