

Методы генерации йодоводорода: сравнительный анализ и оценка применимости к гидройодированию липофильных фармацевтических субстанций

© Курпединов^{1*} Кирилл Сергеевич, Панов¹ Алексей Валерьевич, Кедик¹ Станислав Анатольевич, Акчурин² Игорь Олегович

¹ Кафедра биотехнологии и промышленной фармации. МИРЭА – Российский технологический университет. пр-т Вернадского, 78. г. Москва, 119454. Россия. E-mail: kks.14@mail.ru

² Кафедра биохимии имени академика Т. Т. Березова. Медицинский институт. Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы. ул. Миклухо-Маклая, 6. г. Москва, 117198. Россия.

*Ведущий направление; [†]Поддерживающий переписку

Ключевые слова: йодоводород, HI, *in situ* генерация, гидройодирование, липиодол, йодированные эфиры.

Аннотация

Йодоводород (HI) является ключевым реагентом гидройодирования при синтезе йодированных фармацевтических субстанций, включая липофильные производные непредельных жирных кислот и рентгеноконтрастные соединения. Использование концентрированного водного HI в подобных процессах ограничено образованием устойчивого азеотропа HI–H₂O, высокой коррозионной активностью среды и риском кислотного гидролиза липофильных эфиров, что снижает селективность и усложняет технологический контроль. Обзор охватывает каталитические, восстановительные, кислотно-солевые, фазотрансферные и твёрдофазные методы генерации HI, а также его альтернативные источники и стратегии гидройодирования без выделения свободного йодоводорода. Методы сопоставлены по температурному режиму, фазовой организации процесса, необходимости осушки, совместимости с органическими растворителями и потенциальной масштабируемости в фармацевтическом производстве. К числу наиболее перспективных для работы с липофильными субстратами относятся безводные *in situ* системы TMSCI/NaI и фосфорорганические восстановители (Ph₂P(O)H и аналоги), обеспечивающие мягкие условия проведения реакции в органической фазе. Показано, что генерация HI непосредственно в органической фазе позволяет контролировать его концентрацию и минимизировать побочные процессы, включая гидролиз и изомеризацию. Методы на основе кислот и йодидов щелочных металлов перспективны для модификации свободных жирных кислот и при соответствующей адаптации могут быть применимы к эфирам в безводных средах. Работа систематизирует современные подходы к генерации HI и впервые сопоставляет их применимость к гидройодированию эфиров жирных кислот растительных масел. Представленный анализ служит основой для рационального выбора схем гидройодирования таких соединений и разработки технологий получения масляных рентгеноконтрастных субстанций.

Содержание

Введение

1. Методы генерации йодоводорода
 - 1.1. Прямой синтез HI из элементарных веществ при экстремальных условиях
 - 1.2. Генерация HI в водной среде
 - 1.3. Методы выделения и осушения HI из водных систем
 - 1.4. Безводная генерация HI с использованием фосфорных восстановителей
 - 1.5. Генерация HI с использованием элементарного фосфора
 - 1.6. Силановые системы
 - 1.7. *In situ* генерация HI с использованием родиевых комплексов
 - 1.8. Система с фосфорной кислотой и йодидами щелочных металлов
 - 1.9. Методы гидройодирования без образования свободного йодоводорода (HI)
 - 1.10. Тиол-йодные системы
 - 1.11. Твёрдофазная генерация HI на активированной поверхности Al₂O₃
 - 1.12. Альтернативные источники HI: борсодержащие комплексы и йодциклоалкены
 - 1.13. Фазотрансферный катализ присоединения HI в двухфазных системах
 - 1.14. Термическое высвобождение HI из алкилйодидов
2. Сравнительный анализ методов генерации йодоводорода

Выходные данные для цитирования русскоязычной печатной версии статьи:

Курпединов К.С., Панов А.В., Кедик С.А., Акчурин И.О. Методы генерации йодоводорода: сравнительный анализ и оценка применимости к гидройодированию липофильных фармацевтических субстанций. *Бутлеровские сообщения*. **2026**. Т.85. №3. С.1-19. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-3-1

Выходные данные для цитирования русскоязычной электронной версии статьи:

Курпединов К.С., Панов А.В., Кедик С.А., Акчурин И.О. Методы генерации йодоводорода: сравнительный анализ и оценка применимости к гидройодированию липофильных фармацевтических субстанций. *Бутлеровские сообщения А*. **2026**. Т.12. №1. Id.7. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-3-1/ROI-jbc-RA/26-12-1-7

The output for citing the English online version of the article:

Kirill S. Kurpedinov, Alexey V. Panov, Stanislav A. Kedik, Igor O. Akchurin. Methods for the generation of hydriodic acid: a comparative analysis and assessment of applicability to the hydroiodination of lipophilic pharmaceutical substances. *Butlerov Communications A*. **2026**. Vol.12. No.1. Id.7. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-3-1/ROI-jbc-A/26-12-1-7

Литература

- [1] Легонькова О.А., Стаффорд В.В., Оганнисян А.С., Жаворонок Е.С., Панов А.В., Винокурова Т.И., Кедик С.А. Влияние природы рентгеноконтрастных веществ на поведение эмболизирующих систем *in vivo*. *Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология*. **2022**. Т.38. №3. С.62-69. DOI: 10.56304/S0234275822030048 [O.A. Legonkova, V.V. Stafford, A.S. Ogannisyan, E.S. Zhavoronok, A.V. Panov, T.I. Vinokurova, S.A. Kedik. Influence of the nature of X-ray contrast agents on the behavior of embolizing systems *in vivo*. *ChemChemTech*. **2022**. 38(3). P.62-69. DOI: 10.56304/S0234275822030048 (Russian)]
- [2] Idée J.-M., Guiu B. Use of Lipiodol as a drug-delivery system for transcatheter arterial chemoembolization of hepatocellular carcinoma: A review. *Critical Reviews in Oncology/Hematology*. **2013**. Vol.88. P.530-549. DOI: 10.1016/j.critrevonc.2013.07.003
- [3] Бушманов А.Ю., Клементьева О.Е., Лабушкина А.А., Тултаев А.В., Корсунский В.Н., Кузнецова О.В. Актуальные проблемы и перспективы применения методов ядерной медицины в диагностике и лечении гепатоцеллюлярной карциномы: аналитический обзор. *Медицинская радиология и радиационная безопасность*. **2019**. Т.64. №5. С.58-68. DOI: 10.12737/1024-6177-2019-64-5-58-68 [A.Yu. Bushmanov, O.E. Klementyeva, A.A. Labushkina, A.V. Tultaev, V.N. Korsunsky, O.V. Kuznetsova. Current problems and prospects for the use of nuclear medicine methods in the diagnosis and treatment of hepatocellular carcinoma: analytical review. *Medical Radiology and Radiation Safety*. **2019**. 64(5). P.58-68. DOI: 10.12737/1024-6177-2019-64-5-58-68 (Russian)]
- [4] J. Barluenga, J.M. Montserrat, J. Flórez. Direct coupling of functionalized organolithium compounds with aryl and vinyl halides. *Journal of Organic Chemistry*. **1993**. Vol.58. P.5976-5980.
- [5] Брауэр Г. (ред.). Руководство по препаративной неорганической химии. Пер. с нем. Б.М. Беркенгейма. *Штутгарт: Ferdinand Enke Verlag*. **1954**. С.154-157. [G. Brauer (ed.). Handbook of preparative inorganic chemistry. Transl. from German by B.M. Berkengheim. *Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag*. **1954**. P.154-157. (Russian)]
- [6] H.S. Booth (Ed.). *Inorganic Syntheses*. Vol.1. *New York; London: McGraw-Hill Book Company, Inc.* **1939**. P.159-162.
- [7] L.F. Fieser. A new absorbent for oxygen in gas analysis. *Journal of the American Chemical Society*. **1924**. Vol.46. P.2639-2647.
- [8] J. Binns, X.-D. Liu, P. Dalladay-Simpson, V. Afonina, E. Gregoryanz, R.T. Howie. Synthesis and stability of hydrogen iodide at high pressures. *Physical Review B*. **2017**. Vol.96. P.144105. DOI:10.1103/PhysRevB.96.144105
- [9] J. Xiao, L.-B. Han. Ready access to organoiodides: Practical hydroiodination and double-iodination of carbon-carbon unsaturated bonds with I₂. *Tetrahedron*. **2019**. Vol.75. P.3510-3515. DOI: 10.1016/j.tet.2019.05.019
- [10] D. Genders, M.L. Weinberg, Jr.E. Ashcraft, N.M. Harcharik, C.W. Paul. Methods of Producing Hydrogen Iodide Electrochemically. *US Patent* 5,520,793. 28.05.1996
- [11] J.H. Norman, K.J. Mysels, R. Sharp, D. Williamson. Studies of the sulfur-iodine thermochemical water-splitting cycle. *International Journal of Hydrogen Energy*. **1982**. Vol.7. No.7. P.545-556.
- [12] Xinxin Wu, K. Onuki. Thermochemical water splitting for hydrogen production utilizing nuclear heat from an HTGR. *Tsinghua Science and Technology*. **2005**. Vol.10. No.2. P.270-276
- [13] R. Takahashi, H. Nakamura, K. Murakami, H. Takase, N. Jimbo, K. Yamada. Hydrogen iodide manufacturing method and hydrogen iodide manufacturing apparatus. *US Patent* 7,785,542 B2. 31.08.2010
- [14] Jr.B.F. Curtis, L.W. Fannin, F.E. Paulik, J.L. Price hydrogen iodide. *US Patent* 3,761,579. 25.09.1973
- [15] N. Ito, Y. Shindo, K. Obata, T. Hakuta, H. Yoshitome. Thermal decomposition of MgI₂·8H₂O-MgO mixture to produce highly concentrated hydrogen iodide. *International Journal of Hydrogen Energy*. **1984**. Vol.9.

- [16] M. Lanchi, F. Laria, R. Liberatore, L. Marrelli, S. Sau, A. Spadoni, P. Tarquini. HI extraction by H_3PO_4 in the Sulfur-Iodine thermochemical water splitting cycle: Composition optimization of the HI/ H_2O / H_3PO_4 / I_2 biphasic quaternary system. *International Journal of Hydrogen Energy*. **2009**. Vol.34. P.6120-6128. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2009.06.010
- [17] M. Christahl, U. Arnold. Liberation of hydrogen iodide from aqueous solutions with lithium iodide. *International Journal of Hydrogen Energy*. **1983**. Vol.8. No.8. P.597-601. DOI: 10.1016/0360-3199(83)90227-6
- [18] H. Wang, G. Wlocz, C. Honeywell, N. Honeywell, L. Honeywell, *et al.* Methods for removing water from iodine. *WO Patent* 2022/155659 A1. 21.07.2022
- [19] S.-I. Kawaguchi, Y. Gonda, H. Masuno, H.T. Vu, K. Yamaguchi, H. Shinohara, M. Sonoda, A. Ogawa. Convenient hydroiodination of alkynes using I_2 , PPh_3 , and H_2O and its application to one-pot synthesis of trisubstituted alkenes via iodoalkenes. *Tetrahedron Letters*. **2014**. Vol.55. P.6779-6783. DOI: 10.1016/j.tetlet.2014.10.039
- [20] S.-I. Kawaguchi, H. Masuno, M. Sonoda, A. Nomoto, A. Ogawa. Highly regioselective hydroiodination of terminal alkynes and silylalkynes with iodine and phosphorus reagents leading to internal iodoalkenes. *Tetrahedron*. **2012**. Vol.68. P.9818-9825.
- [21] D. Albouy, G. Etemad-Moghadam, M. Vinatoru, M. Koenig. Regenerative role of the red phosphorus in the couple "HIaq/Pred". *Journal of Organometallic Chemistry*. **1997**. Vol.529. P.295-299. DOI: 10.1016/S0022-328X(96)06558-8
- [22] M. Maurer, K. Iliger, L. Schmuck, F.J. Weigert. Process to make phosphorus triiodide from white phosphorus and iodine. *Industrial & Engineering Chemistry Process Design and Development*. **1975**. Vol.14. No.4. P.438-441. DOI: 10.1039/c7dt04034b
- [23] J.E. House, K.A. House. Descriptive inorganic chemistry. 2nd ed. *Amsterdam: Academic Press (Elsevier)*. **2006**. P.389.
- [24] N. Kamiya, Y. Chikami, Y. Ishii. Stereoselective synthesis of internal alkenyl iodides from alkynes via addition of hydrogen iodide generated in situ from a chlorotrimethylsilane/sodium iodide/water system. *Synlett*. **1990**. P.675-676.
- [25] Маковецкая К.Н., Гранов А.М., Гранов Д.А., Николаев Г.А. Способ получения Линодолола. *RU Патент* 2558037 С1. 27.07.2015. [K.N. Makovetskaya, A.M. Granov, D.A. Granov, G.A. Nikolaev. Method for producing Liniodol. *RU Patent* 2558037 С1. 27 July 2015. (Russian)]
- [26] L. Jung, Y. Ingenbleek. Iodinated fatty acid esters iodinated fatty acids and derivatives thereof produced by iodohydration using alkylsilylated derivatives and alkaline iodides and the pharmacological activities thereof. *US Patent* 6,124,357. 26.09.2000
- [27] M.E. Jung, T.A. Blumenkopf. Mild methods for the *in situ* generation of trimethylsilyl iodide. *Tetrahedron Letters*. **1978**. Vol.39. P.3657-3660
- [28] G.A. Olah, S.C. Narang, B.G.B. Gupta, R. Malhotra. Transformations with chlorotrimethylsilane/sodium iodide, a convenient in situ iodotrimethylsilane reagent. *Journal of Organic Chemistry*. **1979**. Vol.44. P.1247-1251.
- [29] M. Adinolfi, A. Iadonisi, A. Pastore, S. Valerio. The I_2/Et_3SiH system: A versatile combination with multiple applications in carbohydrate chemistry. *Pure and Applied Chemistry*. **2012**. Vol.84. P.1-10. DOI: 10.1351/PAC-CON-11-08-04.
- [30] K. Nozawa-Kumada, K. Noguchi, T. Akada, M. Shigeno, Y. Kondo. Regio- and stereoselective hydroiodination of internal alkynes with *ex situ*-generated HI. *Organic Letters*. **2021**. Vol.23. No.17. P.6659-6663. DOI: 10.1021/acs.orglett.1c02218
- [31] P.J. Campos, B. García, M.A. Rodríguez. A simple and versatile method for the hydroiodination of alkenes and alkynes using I_2 and Et_3SiH in the presence of copper(II). *Tetrahedron Letters*. **2002**. Vol.43. P.6111-6112. DOI: 10.1016/S0040-4039(02)01335-7
- [32] B. Das, Y. Srinivas, H. Holla, R. Narender. An efficient and facile hydroiodination of alkenes and alkynes using polymethylhydrosiloxane-iodine system. *Chemistry Letters*. **2007**. Vol.36. No.6. P.800-801. DOI: 10.1246/cl.2007.800
- [33] C. Zeng, G. Shen, F. Yang, J. Chen, X. Zhang, C. Gu, Y. Zhou, B. Fan. Rhodium-catalyzed generation of anhydrous hydrogen iodide: an effective method for the preparation of iodoalkanes. *Organic Letters*. **2018**. Vol.20. P.6859-6862. DOI: 10.1021/acs.orglett.8b02980
- [34] J. Li, R.D. Laishram, J. Chen, D. Xu, G. Shi, H. Lv, R. Fan, B. Fan. Regioselective hydroiodination of alkynes by the *in situ* generated HI. *Asian Journal of Organic Chemistry*. **2020**. Vol.9. P.2156-2161. DOI: 10.1002/ajoc.201900677
- [35] A. Baud, A.V. Kazakov, J. André, V. Vilgrain, O. Ratib, J.O. Prior, P. Giannoni, P. Muzzin. CT contrast agent for detection of cachexia. *WO Patent* 2020/165349 A1. 20.08.2020
- [36] Григорян М.М., Ивафар Ю.М., Марков Н.В. Способ синтеза смеси йодованной и нейодованной жирных кислот из растительного масла. *RU Патент* 2824834 С1. 14.08.2024. [M.M. Grigoryan, Yu.M. Ivafar, N.V. Markov. Method for synthesizing a mixture of iodinated and non-iodinated fatty acids from

- vegetable oil. *Patent RU 2824834 C1*. 14 August 2024 (Russian)]
- [37] M. Shimizu, T. Toyoda, T. Baba. An intriguing hydroiodination of alkenes and alkynes with titanium tetraiodide. *Synlett*. **2005**. No.16. P.2516-2518. DOI: 10.1055/s-2005-872679
- [38] T. Haneishi, I. Hachiya, M. Shimizu. Titanium tetraiodide-mediated organic reactions. *Arabian Journal for Science and Engineering*. **2014**. Vol.39. DOI: 10.1007/s13369-014-1191-7
- [39] G. Bartoli, R. Coppolecchia, C. Di Antonio, R. Giovannini, S. Lanari, M. Marcolin, E. Marcantoni. A convergent approach to (R)-Tiagabine by a regio- and stereocontrolled hydroiodination of alkynes. *Organic & Biomolecular Chemistry*. **2010**. Vol.8. P.3509-3517. DOI: 10.1039/c005042c
- [40] D.A. Petrone, I. Franzoni, J. Ye, J.F. Rodríguez, A.I. Poblador-Bahamonde, M. Lautens. Palladium-catalyzed hydrohalogenation of 1,6-enynes: hydrogen halide salts and alkyl halides as convenient HX surrogates. *Journal of the American Chemical Society*. **2017**. Vol.139. P.3546-3553. DOI: 10.1021/jacs.7b00482
- [41] S.M. Chervin, P. Abada, M. Koreeda. Convenient, *in situ* generation of anhydrous hydrogen iodide for the preparation of α -glycosyl iodides and vicinal iodohydrins and for the catalysis of Ferrier glycosylation. *Organic Letters*. **2000**. Vol.2. No.3. P.369-372. DOI: 10.1021/ol991312d
- [42] S. Matsumoto, T. Mori, M. Akazome. Synthesis and fluorescence properties of *N*-methyl-1,2-dihydroquinoline-3-carboxylate derivatives: light-emitting compounds in organic solvent, in neat form, and in water. *RSC Advances*. **2012**. Vol.2. P.3379-3386. DOI: 10.1039/c2ra20061a
- [43] L.J. Stewart, D. Gray, R.M. Pagni, G.W. Kabalka. A convenient method for the addition of HI to unsaturated hydrocarbons using I₂ on Al₂O₃. *Tetrahedron Letters*. **1987**. Vol.28. No.39. P.4497-4498.
- [44] J.B. Peri. A model for the surface of γ -alumina. *The Journal of Physical Chemistry*. **1965**. Vol.69. No.1. P.220-230.
- [45] H. Knözinger, P. Ratnasamy. Catalytic aluminas: Surface models and characterization of surface sites. *Catalysis Reviews: Science and Engineering*. **1978**. Vol.17. No.1. P.31-70. DOI: 10.1080/03602457808080878
- [46] R.M. Pagni, G.W. Kabalka, R. Boothe, K. Gaetano, L.J. Stewart, R. Conaway, C. Dial, D. Gray, S. Larson, T. Luidhardt. Reactions of unsaturated compounds with iodine and bromine on γ -alumina. *The Journal of Organic Chemistry*. **1988**. Vol.53. No.19. P.4477-4488.
- [47] G. Hondrogiannis, L.C. Lee, G.W. Kabalka, R.M. Pagni. The reaction of alkynes with I₂ on unactivated alumina. *Tetrahedron Letters*. **1989**. Vol.30. No.16. P.2069-2070.
- [48] Ch.K. Reddy, M. Periasamy. A new, simple procedure for the generation and addition of HI to alkenes and alkynes using BI₃:*N,N*-diethylaniline complex and acetic acid. *Tetrahedron Letters*. **1990**. Vol.31. No.13. P.1919-1920.
- [49] W. Chen, J.C.L. Walker, M. Oestreich. Metal-free transfer hydroiodination of allenes and alkynes. *Journal of the American Chemical Society*. **2019**. Vol.141. P.1135-1140. DOI: 10.1021/jacs.8b12318
- [50] D. Landini, F. Rolla. Addition of hydrohalogenic acids to alkenes in aqueous-organic, two-phase systems in the presence of catalytic amounts of onium salts. *The Journal of Organic Chemistry*. **1980**. Vol.45. No.17. P.3527-3531.
- [51] S.W. Benson. Kinetics of the pyrolysis of organic iodides. *The Journal of Chemical Physics*. **1963**. Vol.38. No.8. P.1945-1951. DOI: 10.1063/1.1733901
- [52] Y. Ito, M. Ueda, N. Takeda, O. Miyata. *tert*-Butyl iodide mediated reductive Fischer indolization of conjugated hydrazones. *Chemistry – a European Journal*. **2016**. Vol.22. P.2616-2619. DOI: 10.1002/chem.201504010
- [53] J.L. Jones, Jr.R.A. Ogg. The equilibrium (CH₃)₃CI \rightleftharpoons (CH₃)₂C=CH₂ + HI. *Journal of the American Chemical Society*. **1937**. Vol.59. P.1931-1944.
- [54] Kirill S. Kurpedinov, Alexey V. Panov, Stanislav A. Kedik, Igor O. Akchurin. Methods for the generation of hydriodic acid: a comparative analysis and assessment of applicability to the hydroiodination of lipophilic pharmaceutical substances. *Butlerov Communications A*. **2026**. Vol.12. No.1. Id.7. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-3-1/ROI-jbc-A/26-12-1-7
- [55] Курпединов К.С., Панов А.В., Кедик С.А., Акчурин И.О. Методы генерации йодоводорода: сравнительный анализ и оценка применимости к гидроiodированию липофильных фармацевтических субстанций. *Бутлеровские сообщения А*. **2026**. Т.12. №1. Id.7. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-3-1/ROI-jbc-RA/26-12-1-7

Butlerov Communications A
Advances in Organic Chemistry & Technologies

The Reference Object Identifier – ROI-jbc-A/26-12-1-7

The Digital Object Identifier – DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-3-1/ROI-jbc-A/26-12-1-7

Methods for the generation of hydriodic acid: a comparative analysis and assessment of applicability to the hydroiodination of lipophilic pharmaceutical substances

Kirill S. Kurpedinov,^{1*} Alexey V. Panov,¹ Stanislav A. Kedik,¹ Igor O. Akchurin²

¹ Department of Biotechnology and Industrial Pharmacy. MIREA – Russian Technological University”. Moscow, 119454. Russia. E-mail: kks.14@mail.ru

² T.T. Berezov Department of Biochemistry, Institute of Medicine. Peoples’ Friendship University of Russia Named after Patrice Lumumba (RUDN University). Miklukho-Maklaya St., 6. Moscow, 117198. Russia.

*Supervising author; †Corresponding author

Keywords: hydriodic acid, HI, *in situ* generation, hydroiodination, Lipiodol, iodinated esters.

Abstract

Hydriodic acid (HI) is a key reagent for hydroiodination in the synthesis of iodinated pharmaceutical substances, including lipophilic derivatives of unsaturated fatty acids and radiopaque compounds. The use of concentrated aqueous HI in such processes is limited by the formation of a stable HI–H₂O azeotrope, the high corrosivity of the medium, and the risk of acid-catalyzed hydrolysis of lipophilic esters, which reduces selectivity and complicates process control. This review covers catalytic, reductive, acid–salt, phase-transfer, and solid-phase methods for HI generation, as well as alternative sources and hydroiodination strategies that do not involve the isolation of free hydriodic acid. The approaches are compared in terms of temperature regime, phase organization, the need for drying, compatibility with organic solvents, and potential scalability in pharmaceutical manufacturing. For transformations involving lipophilic substrates, anhydrous *in situ* systems based on TMSCl/NaI and organophosphorus reducing agents (Ph₂P(O)H and related compounds) are among the most promising approaches, providing mild reaction conditions in an organic phase. *In situ* generation of HI directly in the organic medium enables precise control of its concentration and minimizes side processes, including hydrolysis and isomerization. Acid/alkali metal iodide systems are promising for the modification of free fatty acids and, with appropriate adaptation, may be applicable to esters under strictly anhydrous conditions. The work systematizes current approaches to HI generation and, for the first time, comparatively evaluates their applicability to the hydroiodination of fatty acid esters derived from vegetable oils, providing a basis for the rational selection of hydroiodination schemes and for the development of technologies for oil-based radiopaque pharmaceutical substances.

Contents

Introduction

1. Hydrogen iodide generation methods
 - 1.1. Direct HI synthesis from elemental substances under extreme conditions
 - 1.2. HI generation in aqueous media
 - 1.3. Methods for isolating and drying HI from aqueous systems
 - 1.4. Anhydrous HI generation using phosphorus reductants
 - 1.5. HI generation using elemental phosphorus
 - 1.6. Silane systems
 - 1.7. *In situ* HI generation using rhodium complexes
 - 1.8. Phosphoric acid and alkali metal iodide systems
 - 1.9. Hydroiodination methods without formation of free hydrogen iodide (HI)
 - 1.10. Thiol-iodine systems
 - 1.11. Solid-phase HI generation on an activated Al₂O₃ surface
 - 1.12. Alternative HI sources: boron-containing complexes and iodocycloalkenes
 - 1.13. Phase transfer catalysis of HI addition in two-phase systems
 - 1.14. Thermal release of HI from alkyl iodides
2. Comparative analysis of hydrogen iodide generation methods