The Role of Razi's Empirical Method in the Discovery of Alcohol

Jafar Aghayani Chavoshi*

Abstract

Abu Bakr Mohammad Ibn Zakaria al-Razi, one of the greatest Iranian scientists in the Middle Ages, discovered "alcohol" through the distillation process for the first time. In spite of this discovery, which had been done via Razi's ancient Latin version, some of the European historians of sciences denied it and attributed it to the occidentals' chemists. More importantly, Razi's version could be an experimental method for preparing alcohol. This method, however, had wrongly attributed to the occidentals' scientists because the European scientists had been influenced by Islamic philosophers, especially Razi.

After presenting a short history of the fabrication of alcohol in the world, this paper aimed to discuss in detail Razi's treatise in this regard. Also, it re-examined his experimental method in the laboratory to show that his description of the operation had actually made this discovery possible with the chemical instruments of his time.

It is important to know that in addition to Razi, other Islamic chemists like Jabir Ibn Hayyan, al-Kindi, and al-Antaki had already discovered alcohol through different methods. For example, in his book entitled *"Kitāb Kīmiyā' al-'Iṭr Wat-Taṣ'īdāt"*, al-Kindi had discovered alcohol via wine distillation. However, Razi's method was better than al-Kindi's since the occidental alchemists of the Middle Ages had been more influenced by his method. Indeed, Razi was the first alchemist who discovered alcohol.

Introduction

In their books, some historians of chemistry have written that the production of alcohol from wine happened in the early 13th century. Their claim is based on a series of Latin instructions for producing "incendiary water" or "alcohol" from wine distillation. Nevertheless, all of these protocols have been included in Islamic alchemy.

Although some prejudiced historians, such as Berthelot (Marcelin Berthelot, 1827-1907) and Ruska (Julius Ruska, 1867-1949), have denied this statement (Ruska, 1913: 322) (Berthelot, 1893: 336-50), the Latin version of Razi's text for the preparation of alcohol is a strong confirmation of this claim.

* Assistant Professor of Philosophy and History of Science, Philosophy of Science Group, Sharif University of Technology, Tehran, Iran
(Corresponding Author) jchavoshi@hotmail.com

In fact, in the 19th century, Höfer, a French chemist, and Berthelot's contemporary ones (Ferdinand Höfer, 1811-1878) discovered a Latin text from Muhammad Ibn Zakaria al-Razi, in which he had explicitly obtained alcohol from the distillation of starchy substances (Hoefer, 1866: 342).

It should be noted that there are some Latin translations of Razi's alchemical treatises, but unfortunately, their original Arabic texts have not yet been found. One of these translations is Razi's famous treatise, which describes the preparation of alcohol. It may be a chapter of a book that has been missing since the Middle Ages.

Indeed, the reasons for attributing the discovery of alcohol by Zakaria Razi can be summarized as follows:

1. Although the original Arabic text of Razi's treatise has not yet been found (like some of his other works), there is a Medieval Latin translation of it entitled *"fectim Liber peragisterii"*, which is now kept in the National Library of Paris (No. 6514).

2. Höfer, a chemist and historian of chemistry, has translated this manuscript into French and published it in his book entitled "*Histoire de la chime*" (Paris, 1866). Most chemists have documented this French translation for calling Razi "the discoverer of alcohol".

3. In his famous work entitled "*History of Industry*" (published in 1873, 7 years after the publication of Hoover's book in Paris), Maigne, a great French historian of science and technology, has once again mentioned Razi as the discoverer of alcohol (Maigne, 1873: 34).

4. The simulation of Razi's protocol in the laboratory, which has been done based on the instructors provided at the University of Applied Science and Technology, has shown that Razi's protocol for producing alcohol is completely correct.

Materials and Methods

This research was performed based on the library method. Thus, the required sources in different languages were collected by using the libraries in Iran and European countries and then subjected to scientific analysis. So far, no article or book about the discovery of alcohol in the Islamic world or its discovery by Razi has been published in Persian; hence, this article could be considered as the first scientific research in this field.

To prove the correctness of Razi's protocol for preparing alcohol, his protocol was simulated by the students and instructors of the chemistry laboratory of Amirabad University of Applied Sciences in 1394 AH (2015).

Discussion of Results and Conclusions

In the Islamic Middle Ages, Jabir Ibn Hayyan talked about one of the properties of alcohol, namely its flammability. Al-Kindi, another Islamic scientist, discovered alcohol through wine distillation. Razi, the most famous Iranian chemist and physician, used the same approach with starchy substances, which we knew through the Latin translation of his text. It was not

possible to surely say which one of these two scientists were pioneering alcohol preparation. However, Razi's work was superior to al-kindi's work since it had been translated into Latin in the Middle Ages and he could be thus called the first discoverer of alcohol.

Keywords:
Razi, Jabir Ibn Hayyan, al-Kindi, alcohol, experimental method, Alghool, Araghi

References

1. Berthelot, M. (1893). *La Chimie au Moyen Age*. Vol. 1, Paris: Imprimerie nationale.
2. Hoefer, F. (1866). *Histoire de la chimie*. 2nd edition, Paris: Firmin Didot frères.
3. Maigne, M. (1873). *Histoire de l'industrie*. Paris.
4. Ruska, J. (1913). Ein neuer Beitrage zur Geschiche des Alkohls. *Der Islam*, pp. 320-24.

Persian and Araic References

5. Hanglein, F. (1353 AH). *General Chemical Technology*. Persian translation by H. Sheibani, Vol. 2, Tehran: Tehran University.
6. Al-Antaki, Da'udb, & Umar (1937 AH). *Tadhkirart Uli al-Albab etc*.. Cairo: Mohammad Ali Sabih School and Printing House.
7. Al-Razi, Mohammad Ibn Zakaria (1371 AH). *Al-Madkhal al-Taalimi* (educational introduction to the alchemy). Persian translation by H. Sheibani, Tehran: Tehran University.
8. Al-Razi, Mohammad Ibn Zakaria (1343 AH). *Ser ol-Asrar* (the book of alchemical secret) the ancient Persian version, critical edition by Mohammad Taghi Daneshpazhooh, Tehran: Tehran University
9. Al-Razi, Mohammad Ibn Zakaria (1371 AH). *Ser ol-Asrar*. (the book of alchemical secret). Translated by Hassan Ali Sheibani, Tehran: Tehran University.
10. Ashkani, Hamid & Akbari, Ali Asghar (2005). *The negative effects of alcohol in human body: ananalycal studies from the medical perspective* (in Persian). Jahrom (Iran): Peyman-e Ghadir.
11. Bernal, John (1975), *Science in History*. Persian translation by H. Asadpour Piranfar and Kamran Fani, Tehran: Amir Kabir.
12. Colin A., Ronan (1366 AH). *The Cambridge Illustrated History of the World's Science*. Persian translation by H. Afshar, Tehran: Nashre Markaz.
13. Crombie, A. C. (1371 AH). *From Augustine to Galileo*. Persian translation by A. Aram, Tehran: SAMT.
14. Duma, M. (1983). *History of Industry and Invention*. Translated by Abdullah Organi, Vol. 1, Tehran: Amir Kabir.
15. Jabir Ibn Hayyan (1354 AH). *Mukhtār rasā'il Jābir ibn Ḥayyān* (selected treatises of Jabir Ibn Hayyan). Edition by Paul Kraus Cairo: Maktabata al-Khanji.

16. Grag, H. (2016). *An Introduction to the Historiography of Science*. Persian translation by Mohammad Ebrahim Basit, Tehran: SAMT.
17. Jaser, T. (1979). *A propos de la racine du mot alcool (en Arabe): Actes du deuxième congrede l'histoire des sciences arabes de l'Université Syrienne*. Jameata Alhalab.
18. Mohaghegh, M. (1987). *Fehrest-e Ketabha-e Razi* (List of Razi's Books) (in Persian). Tehran: Tehran University.
19. Najmabadi, Mahmoud (1371). *Moalefat va Mosannefat-e Abu bakr Mohammad Ibn Zakaria al-Razi* (the list of Razi's scientific works) (in Persian). Tehran: Tehran University.
20. Nasr, Seyed Hossein (2012). *Science and Civilization in Islam*. Translated into Persian by Ahmad Aram, Tehran: Elmifarhangi.
21. Najib Mahmud, Zaki (1368 AH). *Tahlil-e afkar-e elmi-e Jabir ibn Hayyan* (An Analysis of the Ideas of Jabir Ibn Hayyan (in Arabic language). Translated into Persian by Hamid R. Sheikhi, Mashhad: Astan Quds Razavi.
22. Zarshenas, Z. (1369). Ghate-yi be Zaban-e Soghdi dar Mazemat-e Meykharghi (A piece in Soghdi's language about the Blame for drinking alcohol) (in Persian). *Farhang, Quarterly Journal Published by the Institute for Humanities and Cultural Studies*, Vol. 6.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

فصل‌نامه علمی پژوهش‌های تاریخی (نوع مقاله پژوهشی)
معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه اصفهان
سال پنجاه و هفتم، دوره جدید، سال سیزدهم
شماره چهارم (پیاپی ۵۲)، زمستان ۱۴۰۰، ص ۱۴۲ – ۱۱۵
تاریخ وصول: ۱۴۰۰/۲/۲۵ ، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۹/۲۸
Doi: 10.22108/JHR.2021.128542.2192

نقش روش تجربی رازی در کشف الکل[۱]

جعفر آقایانی چاوشی[۲]

چکیده

محمدبن‌زکریای رازی، شیمیدان و پزشک بلندآوازهٔ ایرانی، ازجمله دانشمندانی است که به کشف الکل از راه تقطیر دست یافت. این کشف با ترجمهٔ لاتینی یکی از آثار شیمیایی او در قرون وسطا صورت گرفته است؛ اما برخی مورخان علم اروپایی معاصر آن را انکار می‌کنند و حتی به کیمیاگران غربی نسبت می‌دهند. اهمیت دیگر اثر رازی در کشف الکل، به‌کارگیری روش تجربی در تحصیل این ماده است. روشی که باز هم برخی مورخان علم اروپایی تلاش می‌کنند دانشمندان اروپایی را مبتکر آن بدانند.

مقالهٔ حاضر پس از یک بررسی تاریخی در کشف الکل، سهم رازی را در این کشف تحلیل علمی می کند. در ادامه، با شبیه‌سازی دستورات او در ساخت الکل در آزمایشگاه، نشان می‌دهد امکان تحصیل چنین کشفی با ابزار آزمایشگاهی آن زمان وجود داشته است.

این مقاله همچنین نشان می‌دهد علاوه‌بر رازی، جابربن‌حیان در اثری کیمیایی و یعقوب‌بن‌اسحاق الکندی در *کتاب العطر و التصعیدات* خود، الکل را از تقطیر شراب به دست آورده‌اند. چون روش آنها در تهیهٔ این ماده با روش رازی متفاوت بوده است، این امکان وجود دارد که هر سهٔ آنها را کاشف یا تهیه‌کنندگان الکل برای نخستین‌بار نامید.

با این حال، روش رازی از یک نظر بر کار الکندی و جابر برتری دارد و آن تأثیری است که در قرون وسطا بر کیمیاگران غربی گذاشته است؛ از این رو در تمام جهان، رازی مکتشف الکل شناخته می‌شود.

واژه‌های کلیدی: جابربن‌حیان، محمدبن‌زکریای رازی، یعقوب‌بن‌اسحاق الکندی، داوودبن‌عمر انطاکی، ریمون لول، روش تقطیر، عمل تخمیر، آنزیم الکل اتیلیک، قرع و انبیق، الکحل، الغول، آب حیات، آب آتش‌زا.

---

۱ - این مقاله حاصل طرحی پژوهشی است که با حمایت مالی دانشگاه صنعتی شریف و زیر نظر دکتر مهدی گلشنی صورت گرفته است.

* استادیار گروه فلسفه علم، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران (نویسنده مسؤول) jchavoshi@hotmail.com

2322-5181/ © 2022 The Authors. Published by University of Isfahan
This is an open access article under the CC-BY-NC-ND 4.0 License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

مقدمه

تجربه‌گرایی در تمدن اسلامی

تجربه‌گرایی در تمدن اسلامی، ازجمله مباحثی است که در تاریخ علم با غفلت مورخان روبه رو شده است. در اصل، سروکار همهٔ کیمیاگران اسلامی با تجربه و آزمایش بود. گذشته از کیمیاگران، بیشتر پزشکان اسلامی نیز همچون رازی و ابن‌سینا، بیش از تفحص در نظریه های پزشکان سلف خود، در معالجهٔ بیماران به تجارب بالینی اهمیت می‌دادند. در این باره، مدارک آن‌قدر فراوان است که به ذکر آنها نیازی نیست؛ برای مثال جابربن‌حیان، شیمیدان برجستهٔ اسلامی، در کتاب *السبعین* خود دربارهٔ اهمیت تجربه‌گرایی در کشف پدیده‌های طبیعی چنین گفته است:

«فمن کان دربا کان عالما حقا و من لم یکن دربا لم یکن عالما. و حسبک بالدربهٔ فی جمیع المصانع، إن الصانع الدرب یحذق و غیر الدرب یعطل. فحسبک فیما الناس فیه أکفی فکیف هذه الصناعهٔ» (جابربن‌حیان، ۱۳٤٥: ٤٦٥)؛ یعنی «دانشمند واقعی کسی است که به تجربه‌گرایی روی آورد. کسی که چنین روشی را در پیش نگیرد نمی‌توان او را دانشمند نامید. در ارزش تجربه در تمامی علوم همین بس که صنعتگری که در کار خویش تجربه را به کار می‌بندد، روزبه‌روز بر مهارتش افزوده می‌شود؛ در صورتی که آن دیگری که تجربه نمی‌کند، همچنان راکد می‌ماند» (نجیب‌محمود، ۱۳٦۸: ٤۹).

علمای مغرب‌زمین در قرون وسطا با ترجمهٔ آثار دانشمندان اسلامی، با روش تجربی در کشف پدیده‌های طبیعی آشنا شدند و این روش را به‌ویژه از استادان بزرگی همچون جابربن‌حیان و رازی و ابن‌هیثم به ارث بردند. برخی از مورخان علوم منصف غربی در آثار خود به این حقیقت اعتراف کرده‌اند. از باب مثال هولمیارد (Eric John Holmyard 1891–1959)، از مورخان معروف علم کیمیا، در کتاب خود که دربارهٔ کیمیاگران نگاشته است، نظر جابربن‌حیان را دربارهٔ تجربه‌گرایی این‌گونه نقل کرده است:

«اصل اولیه در علم کیمیا آن است که تو کار عملی پیشه کنی و به سوی تجربه گرایش یابی. پسرم برای کسی که نه کار عملی می‌کند و نه به‌دنبال تجربه می‌رود، هرگز به دیدهٔ استادی نگاه مکن و کمترین ارزشی برای کارش قائل نشو. دانشمندان از فراوانی نوشته‌ها خشنود نمی‌شوند؛ بلکه به‌کارگیری روش تجربی است که آنان را محظوظ می‌کند» (Holmyard, 1931: 33).

در علم نورشناسی نیز می‌دانیم راجر بیکن (Roger Bacon 1210- 1292)، از پیشکسوتان تجربه‌گرایی در غرب، به‌شدت از ابن‌هیثم تأثیر می پذرفت؛ به حدی که لیندبرگ او را شاگرد مکتب ابن‌هیثم نامیده است (Linberg, 1983: 350).

با این همه، تعداد بسیاری از مورخان علوم در غرب، همچون بیشتر فلاسفه و دانشمندان آن سامان، از دو قرن پیش تاکنون تلاش کرده‌اند خود را فاعل شناسایی قرار دهند و به میراث برجامانده از تمدن‌های دیگر، به‌ویژه تمدن اسلامی، به چشم موضوع شناسایی بنگرند. آنها می‌کوشند با تعریف جدیدی از علم و معرفت، از سهم عظیم دانشمندان شرقی به طور معمول و دانشمندان اسلامی به طور ویژه چشم بپوشند؛ پس این‌گونه، حقایق مسلم علمی برگرفته از این دانشمندان را کتمان کنند و با علم به اینکه تجربه‌گرایی از تمدن اسلامی سرچشمه گرفته است، همچنان در پیشتازی علمای غربی در این روش اصرار ورزند. برای مثال هلگه گراگ در مقدمه‌ای بر تاریخ‌نگاری علم چنین نوشته است: «علم مدرن بیشترین موفقیتش را مدیون استفاده از رویهٔ استقرایی و آزمایشی است که به‌اصطلاح بدان روش

آزمایشی می‌گویند... فهم مدرن و نظام‌مند این روش یا دست‌کم وجوه کیفی‌اش آفریدهٔ فیلسوفان غربی در قرن سیزدهم است. آنان بودند که روش هندسی یونانی را به علم آزمایشی دنیای مدرن تبدیل کردند» (گراگ، ۱۳۹۵: ۱۱۳).

لوئی کلود پاکن پژوهشگر دیگری در تاریخ روش‌شناسی است که فرانسیس بیکن (Francis Bacon 1561-1626) را مبتکر به‌کارگیری روش تجربی در علم نامیده و چنین نوشته است: «فرانسیس بیکن به عنوان پیشکسوت علوم جدید شناخته می‌شود؛ زیرا نخستین کسی است که روشی ساختمند در پژوهش‌های تجربی را در اثری به نام ارغنون جدید (Novum Organum) ارائه داده است. نام اثر کنایه به کتاب ارغنون نوشته ارسطو در منطق و روش است. بیکن در این اثر از فقدان روش عملی در پژوهش‌های علمی ابراز نگرانی کرده و پیش از نیوتن روش مبتنی‌بر استقرا را برای سامان‌دهی به پژوهش های تجربی ابداع می‌کند» (Paquin, 2015: 6).

علت این‌گونه تحریف‌ها ممکن است منبعث از جهل و به‌احتمال قوی، برگرفته از اغراض سیاسی باشد که بحث دربارهٔ آن از موضوع این مقاله خارج است.

رازی و کشف الکل

محمدبن‌زکریای رازی (۲۵۱تا۳۱۳ق/۸۶۵تا۹۲۷م) در شهرری متولد شد. پس از تحصیل مقدمات علوم عقلی و نقلی در زادگاهش، در جوانی عازم بغداد شد تا اندوخته های خود را در علوم کیمیاگری و پزشکی وسعت بخشد. به‌زودی در این دو علم استادی پرآوازه شد و مدتی نیز در بیمارستان بغداد طبابت کرد. رازی هم در پزشکی و هم در شیمی به اکتشافات مهمی دست یافت که یکی از آنها کشف الکل است که موضوع بحث این مقاله است.

امروزه نقش بی‌بدیل الکل در صنعت و پزشکی بر کسی پوشیده نیست؛ اما این مادهٔ سحرآمیز چگونه کشف شد وچه مراحلی را پیمود تا به‌صورت فعلی درآید، پرسشی است که تاکنون پاسخ قاطعی به آن داده نشده است. حقیقت آن است که مورخان علم شیمی در تاریخ الکل پژوهش های ارزنده‌ای انجام داده‌اند؛ اما به علت دسترسی نداشتن به منابع عربی در کیمیاگری اسلامی، موفق نشده‌اند به نتیجهٔ مطلوبی دست یابند. آنها تا آنجا پیش رفته‌اند که ثابت کنند روش ساخت الکل از شراب در اوایل قرن سیزدهم میلادی رواج داشته است. ادعای آنها مبتنی‌بر پاره‌ای دستورات لاتینی است که تهیهٔ «آب آتش زا» یا همان «الکل» را از تقطیر شراب به دست می‌دهد؛ اما همهٔ این دستورات دربرگیرندهٔ واژه‌ها یا اصطلاحات کیمیاگری عربی‌اند که تأثیر کیمیاگری اسلامی را بر آنها روشن می‌کنند؛ همچنین این پرسش را مطرح می‌کنند: آیا این دستورات که به نسخه‌های پزشکی برای تهیهٔ دارو بی‌شباهت نیستند، به طور کامل اصیل و زاییدهٔ ذهن کیمیاگران غربی‌اند یا ترجمه و اقتباسی از متون عربی هستند؟ پرسشی که مورخان علم شیمی همچون برتولو (Marcelin Bertholot 1827-1907) و روسکا (Julius Ruska 1867-1949) به دلایلی که در ادامه به آنها اشاره خواهیم کرد، بی‌پاسخ گذاشته‌اند تا این کشف همچنان در ابهام باقی ماند؛ در صورتی که کشف نسخه‌ای خطی به زبان لاتینی در تهیهٔ الکل توسط رازی می‌بایست به این ابهام پایان می‌داد.

درواقع، در قرن نوزدهم میلادی هوفر (Ferdinand Höfer, 1811–1878)، شیمیدان فرانسوی و معاصر برتولو، متنی لاتینی را کشف کرد که در آن به صراحت، از زبان محمدبن‌زکریای رازی تهیهٔ الکل از تقطیر مواد نشاسته‌ای بیان شده بود.

ترجمهٔ فرانسوی این متن را خود هوفر انجام داد و منتشر کرد که موجب شد نام رازی در قرن نوزدهم در حکم کاشف الکل بر سر زبان‌ها بیفتد.

این زمان از یک سو با عصر تحولات علمی غرب و از سو دیگر با پیگیری سیاست استعمارگری آنها مصادف بود. افزون بر اینکه آرا و اندیشه‌های فیلسوف نژادپرست فرانسوی، ارنست رنان (Ernest Renan,1823-1892)، بر اذهان بیشتر متفکران غربی حاکم بود. رنان به افکار یهودی‌ستیزی و اسلام‌ستیزی شهرت داشت و اروپاییان را تافته‌ای جدا بافته می‌پنداشت. او معتقد بود استعداد عقلی انسان غربی به‌مراتب قوی‌تر از انسان شرقی است. برخی مورخان علوم و ازجمله برتولو و روسکا با تأثیرپذیری از این اندیشهٔ نژادپرستانه، تا حد امکان و به صورت عمدی، بر برخی حقایق مهم مربوط به تاریخ علم شیمی چشم پوشیدند یا آنها را وارونه جلوه دادند. بعدها سفیر فرانسه در ایران آن زمان، یعنی کنت دوگوبینو (Comte de Gobineau1816-1882)، افکار نژادپرستانهٔ رنان را تقویت کرد و دو پدیدهٔ شرق‌شناسی را از یک سو و نژادپرستی را از دیگر سو در اروپا قوت بخشید و درنتیجه، دید اروپاییان را به شرق دگرگون کرد. شرق‌شناسی که بیشتر به‌منظور استثمار ممالک شرقی و به‌ویژه اسلامی تأسیس شده بود، باب تحریفات را در تاریخ علم، گسترده کرد تا علم واقعی را متعلق به غرب بداند.

برای مثال برتولو که دوست صمیمی و همفکر رنان بود و علاوه‌بر تبحر در تاریخ کیمیاگری، اندکی نیز عربی می‌دانست، در کتاب خود با نام *شیمی در قرون وسطا*، برخی از رسائل جابر را چاپ کرد و کوشید بین جابربن‌حیان و گبر (Geber) لاتینی تفاوت قائل شود (Bertholot, 1853: 336-50). هدف او این بود که برخی از اکتشافات این دانشمند مسلمان را که در قرون وسطا به لاتینی ترجمه شده بودند، به یک کیمیاگر ناشناختهٔ غربی منسوب کند. او برای این کار چند دلیل ارائه کرد که مهم‌ترین آنها این بود: نخست، اصل عربی یکی از کتاب‌های گبر به نام مجموعه کمال (Summa perfectionis) به دست نیامده است و دوم، مطالب مندرج در متن لاتینی گبر عقلانی‌تر از مطالب مندرج در متون عربی منسوب به جابربن‌حیان است.

مراد برتولو از این عقلانیت آن بود که رسائل منسوب به گبر جنبهٔ رمزی حروف و رقوم و مفهوم میزان را دربرندارد؛ حال آنکه در کیمیای جابر، هر دوی آنها از اهمیت بسزایی برخوردارند. البته این ادعا درواقع طرحی جز همان نظریهٔ شرق‌ستیزانهٔ رنان نبود. وانگهی برتولو و پیروانش هرگز موفق نشدند هویت گبر را مشخص کنند و به حدس و احتمال متوسل شدند. بهترین دلیل در رد ادعای برتولو این است که هیچ شخص عاقلی آثار خود را که متضمن اکتشافات مهم شیمیایی است، به نام دیگری منتشر نمی‌کند؛ آن هم کسی که در دین و ملیت با او تفاوت اساسی داشته باشد.

هولمیارد، دانشمند انگلیسی، علاوه‌بر تبحر در تاریخ کیمیاگری، زبان عربی و زبان لاتین را خوب می‌دانست. او پس از آنکه آثار عربی جابر را با متون لاتینی گبر مقایسه کرد، نتیجه گرفت امکان ندارد گبر لاتینی کسی جز جابربن‌حیان باشد. او ضمن مقاله‌ای که در سال ۱۹۳۱م نگاشت، انگشت اتهام را به‌سوی برتولو نشانه گرفت و به تک‌تک ایرادات برتولو، دایر بر ناهماهنگی دو اثر عربی و لاتینی جابر، پاسخی منطقی داد و به این ترتیب آنها را مردود شمرد. هولمیارد نتیجه گرفت برتولو به علت آشنایی نداشتن با زبان عربی در جایگاهی نیست که بتواند عقایدش را دربارهٔ جابر به کرسی نشاند (Holmyard, E.J.

(111 :1931. چند مورخ علوم دیگر و ازجمله پارتینگتون(Partington,J.R, 1923) ادعاهای برتولو را دربارهٔ گبر به چالش کشیدند که بررسی این موضوع از بحث ما خارج است.

بنابراین با شناختی که اکنون از برتولو به دست آوردیم، نباید تعجب کنیم او در مقالهٔ مفصلی که به زبان فرانسه دربارهٔ تاریخ الکل نگاشت، به مکتشف اصلی آن، یعنی رازی، هیچ‌گونه اشاره‌ای نکرد.

روسکا نیز که از افکار برتولو متأثر بود، همین نظریهٔ نژادپرستانهٔ برتولو را دربارهٔ رازی تعمیم داد. او در مقاله‌ای که در سال ۱۹۱۳م دربارهٔ تاریخ الکل نگاشت و در آلمان چاپ کرد، نخست همان نظریهٔ دوگانگی جابر و گبر را پیش کشید و نوشت: «آثار و نوشته‌های شرقی [به زبان لاتینی] کشف های مهمی را در شیمی به جابر نسبت می‌دهند؛ مانند کشف تیزاب سلطانی ، اسیدسولفوریک، اسیدنیتریک و سنگ جهنم؛ اما هیچ‌یک از این کشف‌ها در تألیفات عربی متضمن نام جابر موجود نیستند. این کشف‌ها بیشتر در تألیفات لاتینی متعلق به اواخر قرن سیزدهم به او نسبت داده می‌شوند که قرون وسطای مسیحی نثار کیمیاگری شرق کرده است» (Ruska, 1913: 322). موجب شگفتی است که روسکا به‌جای قدردانی از کیمیاگری شرق، حقیقت را وارونه جلوه می‌دهد و بدون هیچ دلیلی، این کیمیاگری را مدیون مسیحیت قرون وسطا می‌داند.

او این پیش‌داوری را به تاریخ الکل نیز تعمیم می‌دهد و دربارهٔ رساله‌ای لاتین با نام (Les *Mappae cclavicula)* که به‌شدت از آثار کیمیایی اسلامی تأثیر پذیرفته است و درادامه دربارهٔ آن بحث خواهیم کرد، چنین اظهارنظر می‌کند: «همان گونه که تحقیقات تیزبینانهٔ برتولو و دیلز نشان می‌دهد، این اثر کاملا ورای آثار و نوشته‌های عربی است. تنها روایت جدیدتر این دو دست‌نویس در نسخه‌های ۱۹۵و ۲۰۰ شامل پیوست‌هایی است که آشکارا از منابع عربی نشئت گرفته است» (Ibid).

با این حال او در مقالهٔ دیگرش که در سال ۱۹۳٦م نگاشت، برخلاف میل قلبی خود، به طور تلویحی کار هوفر را در ترجمهٔ رسالهٔ رازی در کشف تأیید کرد. او در این باره چنین نوشت: «ف. هوفر در سال ۱۸٤۲ در کتاب خود با عنوان *تاریخ شیمی* (Histoire de la Chimie) دربارهٔ نسخهٔ خطی شمارهٔ ٦٥۱٤ (۱۲) در کتابخانهٔ ملی پاریس در فرانسه قبلاً گزارشی داده بود. البته متأسفانه این گزارش به شکل گمراه‌کننده‌ای است. ه. کوپ (H. KOPP) در سال ۱۸٤۷م در جلد چهارم کتاب خود با عنوان *تاریخ شیمی* (seiner Geschichte der Chimie) در صفحهٔ ۲۷٤ به گفته‌های هوفر ارجاع داده است؛ بدون اینکه خود چیزی به آن نکات بیفزاید. ف. ووستنفلد (WiUSTENFELD) در سال ۱۸۷۷م در کتاب *ترجمه‌های متون عربی به لاتینی* (WiUSTENFELD Die Ubersetzungen Arabischer Werke in das Lateinisch) در صفحهٔ ۷۵ به سه نسخهٔ خطی در پاریس و ازجمله به نسخهٔ خطی شمارهٔ ٦٥۱٤ (۱۲) اشاره می‌کند و به آن عنوان دقیق Liber qui dicitur Lumen Luminum et Perfecti Magisterii editus per *Rhasim* را می‌دهد. ولی او هم عقیده دارد که این نسخهٔ خطی نوشته‌ای از محمدبن‌زکریای رازی است که در RHENANI *Harmonia Dec.* I منتشر شده است. اطلاعات دقیق‌تر را بیش از همه مدیون برتولو هستیم. او بخشی از مقدمهٔ رساله را می‌آورد و همچنین به کتاب *دستگاه ارزش‌های غیبی* (systeme des qualites occultes) ارجاع می‌دهد (Ibid, 1939: 54).

به این ترتیب، تلاش روسکا در بی‌اعتبارکردن کشف الکل توسط رازی بی‌ثمر می‌ماند؛ از طرف دیگر، وقتی همو کتاب *سرالاسرار* رازی را از ترجمهٔ لاتینی آن به

آلمانی برمی‌گرداند و همین متن آلمانی را حسنعلی شیبانی نیز به فارسی ترجمه می‌کند (رازی، ۱۳۴۳)، معلوم می‌شود این متن رازی با کتاب *سرالاسرار* عربی او مطابقت دارد. از قضا ترجمهٔ فارسی قدیمی هم از آن موجود است؛ پس چرا باید دربارهٔ رساله‌های لاتینی دیگر منسوب به رازی شک کرد؟!

در اواسط قرن بیستم میلادی، مورخان علوم اسلامی به شواهد دیگری در آشنایی کیمیاگران اسلامی با الکل دست یافتند و معلوم شد علاوه‌بر رازی، جابربن‌حیان (۱۰۴تا۱۸۸ق) و یعقوب‌بن‌اسحاق الکندی (۱۸۵تا۲۶۰ق) و چند کیمیاگر دیگر اسلامی نیز الکل را می‌شناختند و از آن در صنعت و کارهای نظامی بهره می‌بردند. با این حال امتیاز رازی بر جابر و سایر افراد در آن است که دستور ساخت الکل را از مواد نشاسته‌ای به‌روشنی بیان می‌کند. دستوری که در این زمان نیز اجراکردنی است. امتیاز دیگر کار رازی، ترجمهٔ لاتینی قرون وسطایی متن اوست. ترجمه‌ای که مشخص می‌کند دستور این دانشمند در تهیهٔ الکل قدیمی‌ترین دستور در اروپا بوده است. براساس این امتیازات، می‌توانیم رازی را نخستین تهیه‌کننده یا کاشف الکل به‌صورت علمی قلمداد کنیم.

با همهٔ این مدارک، برخی از مورخان علم در اواسط قرن بیستم از روی جهل یا غرض‌ورزی، این کشف بزرگ رازی را منکر شدند و حتی آن را به کیمیاگران غربی در قرن سیزده در اروپا نسبت دادند؛ برای مثال کرومبی می‌نویسد: «... یونانیان و مسلمانان هیچ‌یک نتوانستند در روش‌های سردکردن انبیق به گونه‌ای که تغلیظ مواد فرار همچون الکل فراهم شود، پیشرفت کنند و این کار ظاهرا سهم مغرب‌زمین بوده است» (کرومبی، ۱۳۷۱: ۲۹تا۱۵۱). کالین رنان نیز می‌نویسد: «... این روایت که رازی نخستین کسی بود که از الکل استفاده طبی کرد، نادرست است...» (رنان، ۱۳۶۶: ۳۳۲).

از این رو این مقاله را به این اکتشاف بزرگ رازی اختصاص داده‌ایم. بدیهی است مطالب مندرج در این مقاله، چه از نظر علمی و چه از نظر تاریخی، همگی دقیق و مستندند و کوشیده‌ایم هیچ مطلبی را بدون مدرک مطرح نکنیم.

نقش روش تجربی در اکتشافات علمی

به‌تدریج پس از عصر رنسانس، علوم جدید مانند فیزیک و شیمی و نجوم، روش استقرا را برای شناخت پدیده‌های طبیعی در پیش گرفتند و آن را گسترش دادند. پیش‌قراولان این روش در اروپا و پیروان این مکتب روش‌شناسی، برای شناخت پدیده‌های طبیعی، شرایطی وضع کردند که همگی بر تجربه‌گرایی مبتنی بود. آنها به این ترتیب درعمل، روش قیاسی ارسطویی را که پیش از رنسانس اساس کار بیشتر دانشمندان در جهان بود، کنار گذاشتند و در اکتشافات علمی، روش استقرایی را جایگزین آن کردند. با تلاش فلاسفه و دانشمندان بعدی، این دیدگاه شکل تکاملی به خود گرفت و تنها راه و وسیلهٔ شناخت طبیعت معرفی شد. در این مقاله می‌خواهیم ثابت کنیم قرن‌ها پیش از رنسانس، رازی با چنین روشی آشنا بود و به طور دقیق از همین روش نیز به تهیهٔ الکل دست یافت.

شناسایی علمی الکل و وجه‌تسمیهٔ آن

شناسایی علمی الکل

آنچه امروزه با نام الکل معروف است، مایع فراری است که طعمی تند و سوزنده دارد و نام شیمیایی آن «اتیلیک» است. این الکل به طور معمول از تقطیر شراب انگور و بعضی میوه‌های دیگر تهیه می‌شود. الکل دیگری در صنعت به کار می‌رود که به «متیلیک» شهرت دارد و از تقطیر چوب حاصل می‌شود.[1] از

نظر شیمیایی، الکل عنصری ازگروهی مواد آلی است که از کربن و هیدروژن و اکسیژن به دست می‌آید.

وجه‌تسمیهٔ الکل

ساختن شراب و سایر نوشیدنی‌های الکلی پیشینه‌ای بسیار طولانی، به‌ویژه در مصر باستان دارد (Murray,Mary Anne,1999)؛ برای مثال، در نگاره‌ای که روی دیوار یکی از گور های مصر از دوران سلسلهٔ پنجم فراعنه در «گیزه»، از شهر های قدیمی مصر، پیدا شده است (شکل۱)، انگور چینی و لگدمال‌کردن انگور و گرفتن شیرهٔ آن در خمره‌های مخروطی برای ته‌نشاندن شراب نشان داده شده است (آهنگین، ۱۳۵۹: ٤۲).

شکل۱: نگاره‌ای روی دیوار یکی از گورهای مصر از دوران سلسلهٔ پنجم فراعنه در «گیزه» از شهرهای قدیمی (همو، ۱۳۵۸: ٤۲).

با این همه از تاریخ دقیق کشف و تهیهٔ الکل که عنصر اصلی همهٔ نوشابه‌های الکلی است، آگاهی دقیقی در دست نیست؛ حتی مورخان علوم در ریشه‌شناسی واژهٔ الکل به خطا رفته‌اند؛ برای مثال، دانشمندی همچون هولمیارد که در تاریخ کیمیاگری پژوهش‌های ارزنده‌ای دارد ، دربارهٔ واژهٔ الکل چنین نوشته است: «پاراسلسوس (Paracelsus) پزشک معروف قرن پانزدهم میلادی نخستین کسی بود که روح شراب را الکل نامید. این کلمه مشتق از نام «الکحل» یا «سرمه» است که زنان شرقی به چشمان خود می‌کشیدند»(Holmyard, 1931:111-112). علت این نام‌گذاری پاراسلسوس بر ما پوشیده است ؛ ولی هم ریشه‌دانستن «الکل» و «الکحل» اشتباهی فاحش است؛ چون بین این دو مادهٔ شیمیایی هیچ‌گونه تشابهی وجود ندارد. این اتیمولوژی غلط را متأسفانه در بسیاری از فرهنگ‌های اروپایی، حتی در زمان‌های تاحدودی دور، مشاهده می‌کنیم.

در اواسط قرن بیستم طه‌الجاسر، استاد سابق دانشکدهٔ پزشکی دانشگاه حلب، موفق شد با تعمق در واژهٔ الکل، معنی دقیق‌تری از آن به دست دهد. براساس پژوهش این پژوهشگر سوری «الکل» شکل تحریف‌شدهٔ واژهٔ قرانی «الغول» است که با ترجمه به این صورت درآمده است (جاسر، ۱۹۷۹: ۹٤). به نظر نویسنده، این معنی به صواب نزدیک‌تر است.

قرآن شراب دنیوی را مذموم می‌شمارد؛ ولی مؤمنان را به «شراب پاک» اخروی بشارت می‌دهد و برای اینکه وجه‌امتیاز این یکی را از آن دیگری نشان دهد می‌فرماید:

«لَا فِيهَا غَوْلٌ وَ لَا هُمْ عَنْهَا يُنزَفُونَ» (الصافات، ٤۷): «شرابی که نه عامل زوال عقل (غول) در آن است و

نه مستی می‌آورد». در این آیه واژهٔ «غول» در معنی زایل‌کنندهٔ عقل آمده است. این واژه بعدها وارد ادبیات عرب نیز شد؛ برای مثال ابوعبیده، از شعرای عرب، چنین سروده است: «و ما زالت الخمر تغتالنا و تذهب بالاول الاول» (جاسر، ۱۹۷۹: ۹٤)؛ یعنی «شراب عقل ما را زایل می‌کند و در وجودمان دگرگونی پدید می‌آورد». بنابراین منطقی است که کلمهٔ الکل را برگرفته از واژهٔ قرآنی «الغول» بدانیم که بعدها به‌احتمال، کیماگران قدیم آن را به عنصر اصلی شراب اطلاق کردند. با این حال، تاکنون نزد کیمیاگران اسلامی به این واژه برنخورده‌ایم.

آشنابودن علما و صنعتگران تمدن‌های مصر و یونان باستان با الکل

همانا یونان و مصر از تمدن های مطرح در عهد باستان‌اند که آثارشان در کیمیاگری وغیره تاکنون برجای مانده است. ارسطو، فیلسوف بزرگ یونانی، در کتاب *هواشناسی* خود به اشتعال‌پذیری شراب اشاره کرده و نوشته است: «شراب معمولی دارای ماده‌ای است که در مقابل آتش شعله‌ور می‌شود» (Berthelot, M, 1892: 288).

این خاصیت شراب درواقع به عنصر اصلی آن، یعنی «الکل» مر بوط می‌شود. از این خاصیت شراب بعدها در مراسم تفریحی، هم در یونان باستان و هم در اسکندریهٔ مصر، استفاده می‌شده است؛ با این همه، یونانیان عهد باستان هیچ‌گاه به جداسازی الکل از شراب موفق نشدند. لازمهٔ این کار آشنایی با عمل تقطیر بود که گویا در آن زمان‌ها هنوز متداول نشده بود؛ گرچه ارسطو در همان کتاب *هواشناسی* خود، به اصول نخستین این کار اشاره کرده و نوشته است: «آب دریا هرگاه به‌صورت بخار درآید، قابل شرب خواهد بود» (Aristotote, 2008: 191). همو در جای دیگر این کتاب گفته است: «شراب و همهٔ نوشیدنی‌ها با یکبار بخارشدن تبدیل به آب می‌شوند» (Ibid).

این طرح ارسطو را بعدها صنعتگران عهد باستان، هم در یونان و هم در مصر، برای تصفیهٔ آب دریا به وسیلهٔ جوشاندن آن به مرحلهٔ اجرا درآوردند. آنها با دیگ‌های بزرگ، آب دریا را تصفیه کردند؛ با این حال در این زمان ها، اثری از کشف الکل به چشم نمی‌خورد. دیلس، شیمیدان آلمانی (H.Diels, 1876-1954)، ما را با متنی از یک کشیش قرن سوم میلادی به نام هیپولیتوس (Hippolitos) آشنا می‌کند. دیلس براساس این متن، بر این باور است که کیمیاگران اسکندریه از الکل، شناختی ولو ابتدایی داشته‌اند. متن مزبور که در فصلی از رساله‌ای *در رد تردستی‌های کشیشان ساحر* (Refutationes Omnium Haeresium) آمده است، به قرار زیر است:

Καὶ τὸ διὰ τῆς ἅλμης δὲ πάνυ χρήσιμον. ἔστι δὲ ἀφρὸς θαλάσσης ἐν ὀστρακίνῳ σταμνίῳ μετὰ γλυκέος ἠρτημένος, ᾧ ζέσαντι λύχνον ἐὰν προσάψῃς καιόμενον, ἁρπάσαν τὸ πῦρ ἐξάπτεται, καὶ καταχυθὲν τῆς κεφαλῆς οὐ καίει τὸ σύνολον. εἰ δὲ καὶ μάνην ἐπιπάσαις ζέοντι, πολλῷ μᾶλλον ἐξάπτεται. βέλτιον δὲ ὁρᾷ, εἰ καὶ θείου τι προσλάβοι.

(Diels, 1944: 44)

ترجمهٔ فارسی این عبارت چنین است: «نسخهٔ نمک دریا نیز بسیار کارآمد و مفید است. کف دریا را در ظرفی سفالین با شراب شیرین بجوشانید و هنگامی‌که این مخلوط می‌جوشد، اگر با چراغ روشنی تماس یابد به‌سرعت مشتعل می‌شود و اگر آن را روی سر انسان بریزند، به هیچ وجه سر را نمی‌سوزاند. اگر

در حالی که می‌جوشد پودر کندر نیز روی آن پاشیده شود، به‌مراتب آسان‌تر مشتعل می‌شود. نتیجهٔ بهتر هنگامی حاصل می‌شود که کمی گوگرد نیز بدان افزوده شود».

متن ذکرشده از یک تردستی به کمک مایعات الکلی، همانند شراب با غلظت فراوان حکایت می‌کند که امروزه نیز شبیه آن را برخی تردستان انجام می‌دهند.

همان گونه که مشاهده می‌شود در متن بحث شده، دیئلس تنها به یکی از خواص الکل که همانا سوختن است، اشاره می‌کند. خاصیتی که در شراب حاوی الکل نیز موجود است و چیز تازه‌ای دربرندارد و صد البته او از تهیهٔ الکل از تقطیر شراب هیچ‌گونه بحثی به میان نمی‌آورد. بنابراین این امکان وجود ندارد که از این متن آشنایی ساحران عهد باستان را با الکل استنتاج کنیم؛ با این حال از آن نتیجه می‌گیریم مخلوط آب دریا یا نمک دریا با شراب، با نسبتی که اهل فن یا ساحران قادر به ترکیب آن هستند، می‌تواند در عین شعله‌ورشدن مانع سوختگی پوست سر شود. به‌علاوه، کندر و گوگرد را قدما برای افزایش آتش‌زایی و شاید هم برای افزایش شدت روشنایی به کار می‌بردند؛ درنتیجه، دستورات ذکرشده نمی‌تواند دلیلی برای تولید الکل توسط کیمیاگران اسکندریه یا صنفی از روحانیان مسیحی در نظر گرفته شوند. پرکردن شکاف بین قرن سوم و دوازدهم با هیچ روایت و گزارشی امکان‌پذیر نیست.

نتیجه‌ای که از بحث ذکرشده حاصل می‌شود این است که یونانیان و مصریان عهد باستان از الکل و طرز تهیهٔ آن هیچ‌گونه آگاهی نداشتند؛ با آنکه فیلسوف بزرگی همچون ارسطو از تصفیهٔ آب دریا به‌وسیلهٔ نوعی تقطیر سخن گفته است.

الکل در جهان اسلام

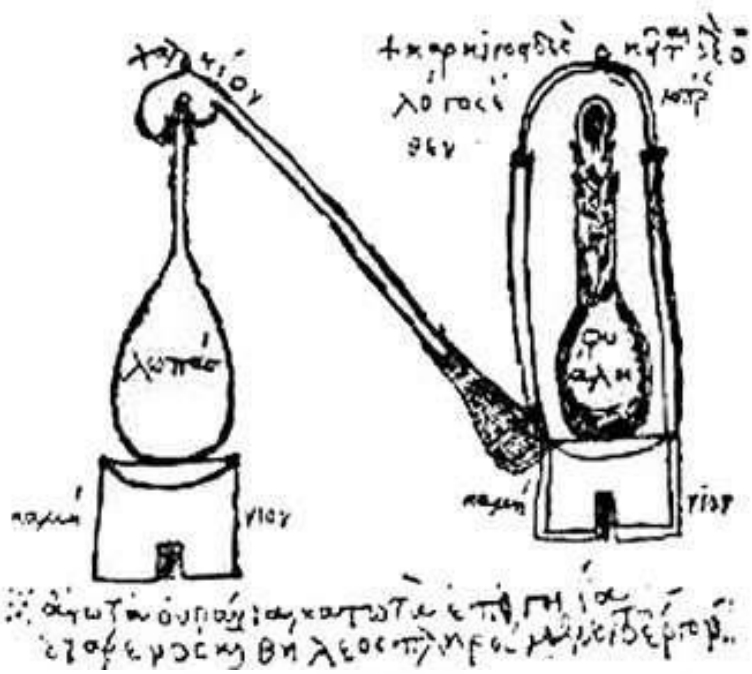
در این بخش مختصری دربارهٔ عمل تقطیر و آلات آن بحث می‌کنیم تا زمینه را برای بحث اصلی، یعنی تقطیر شراب، آماده کنیم.

اختراع آلات تقطیر نخستین گام برای تهیهٔ الکل

تقطیر یکی از روش‌های متداول جداسازی در علم شیمی است. یکی از محسنات بارز آن، استفادهٔ کلی از این روش است؛ به این معنی که عمل تقطیر به نوع ماده بستگی ندارد؛ یعنی از هر ماده‌ای می‌شود در دستگاه تقطیر استفاده کرد. عمل تقطیر چند محدودیت هم دارد: یکی اینکه ماده را به‌صورت کامل خالص نمی‌کند؛ بلکه با هر بار تقطیر، غلظت آن افزایش می‌یابد. همین عامل باعث محدودیت بعدی عمل تقطیر می‌شود. دیگر اینکه از تقطیر نمی‌توان برای جداسازی موادی استفاده کرد که نقطهٔ جوش نزدیک به هم دارند؛ چون اگر نقاط جوش آنها بیش‌ازحد به هم نزدیک باشد، در غلظت مواد پس از فرآیند تقطیر تغییر چندانی به وجود نمی‌آید.

تقطیر انواع مختلفی دارد که مهم‌ترین و متداول‌ترین آنها تقطیر ساده است. در این نوع تقطیر، تنها یک حلال تقطیر می‌شود. ابتدا حلال درون بالن می‌جوشد و سپس بخارات حاصل، از بالن خارج می‌شود و به درون یک مبرد می‌رود و در ظرفی گیرنده جمع‌آوری می‌شود. این روش از زمان زوسیموس پانوپولیسی (Zosime) برجای مانده است. زوسیموس کیمیاگری اصالتا یونانی بود؛ ولی در شهر پانوپولیس (اخمیم) در جنوب مصر و در اواخر قرن سوم میلادی می‌زیست (Hoefer, 1866: 26).

زوسیموس مؤلف نخستین رساله در کیمیاگری است که نوشته‌های او تنها از راه نقل‌قول، به زبان‌های یونانی و سریانی، به دست ما رسیده است. در یکی از این نوشته‌ها که به یونانی است، براساس شکل زیر، عمل تقطیر همراه با آلات آن تشریح شده است (Mertens, 2002).



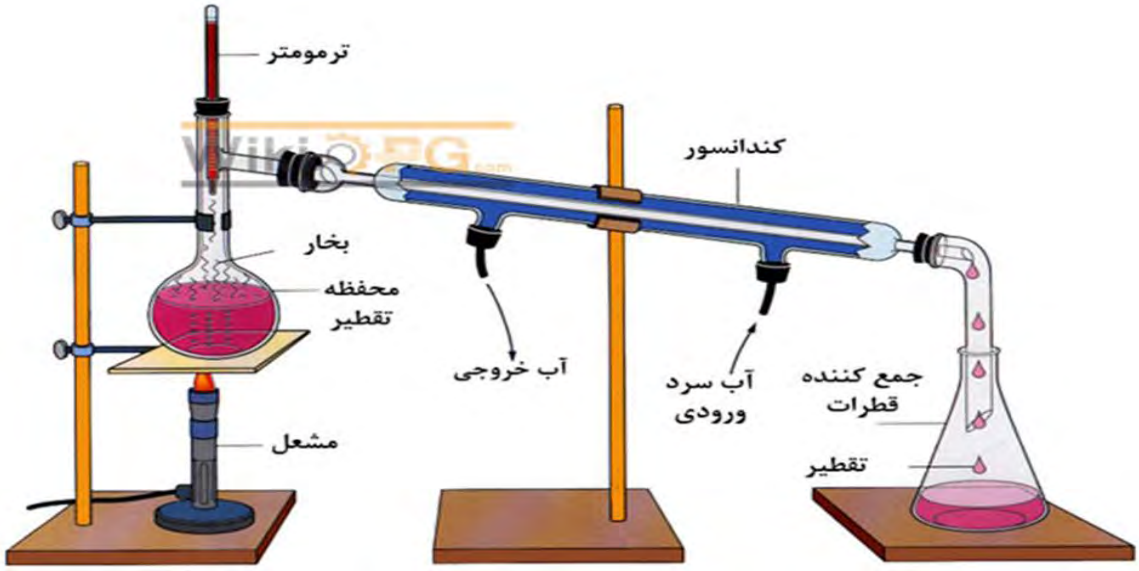
شکل۲: قرع و انبیق در متن یونانی اثر زوسیم.

آلات قرع و انبق از مصر به یونان انتقال یافت؛ بدون اینکه تحولی اساسی در این کشورها به وجود آورد (Dujardin, 1900). این تحول تنها در قرون وسطا، در تمدن اسلامی روی داد. جابربن‌حیان از این آلات بهره های فراوان برد و پس از او الکندی در کتاب خود با نام *کیمیا العطر و التصعیدات*، از آن برای تهیهٔ عطر و گلاب استفاده کرد. در گلاب‌گیری سنتی در ایران و به‌ویژه در شهر کاشان، روش کار هنوز هم همان روش قدما و با قرع و انبیق سنتی است.

شیوهٔ کار با آلات تقطیر (قرع و انبیق)

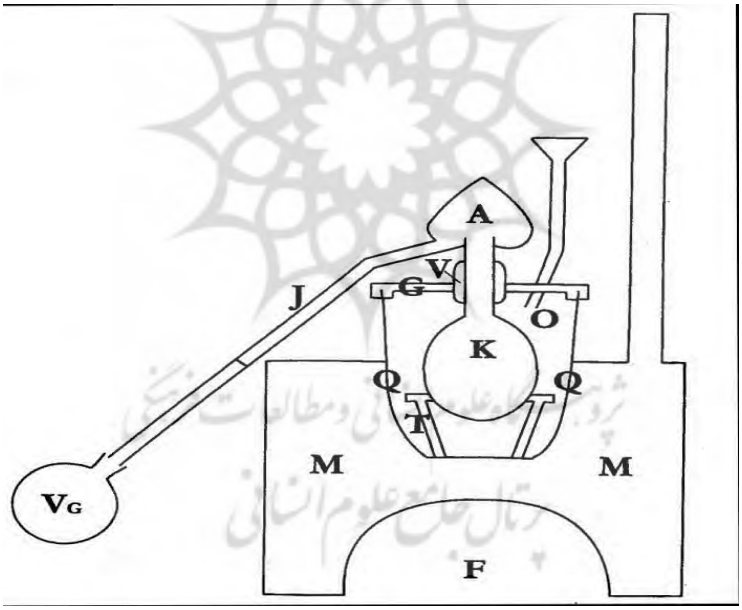
در قدیم، شیوهٔ کار به این صورت بود که مواد آزمایشی را داخل ظرفی به نام قرع می‌ریختند و آن را حرارت می‌دادند. یکی از روش‌های حرارت‌دادن، استفاده از آتش مستقیم بود؛ اما برای کارهای بسیاری این روش مناسب نیست؛ برای مثال الکل ماده‌ای آتش‌گیر و فرار است و نباید با شعلهٔ مستقیم تماس داشته باشد. در قدیم برای حرارت‌دادن غیرمستقیم، از ظرفی به نام القدر استفاده می‌شد که در آن حمام آب شن تهیه می‌کردند. انبیق در بالای قرع قرار می‌گرفت و در واقع انبیق، نقش جمع‌کنندهٔ بخارات را داشت. محل اتصال قرع و انبیق را هم با پارچه و صمغ و وسایل دیگر محکم مسدود می‌کردند و می‌گذاشتند تا خشک شود. بخارات جمع‌آوری‌شده از لوله‌ای به نام میراب عبور می‌کرد که نقش سردکننده یا مبرد را ایفا می‌کرد. انتهای دیگر این لوله به ظرفی به نام قابله متصل بود که در آن قطرات مایع حاصل از تقطیر جمع‌آوری می‌شد. مواد نمک‌گیر، مانند بعضی از نمک‌های کلسیم نیز در انبیق قرار می‌گرفت تا بخارات را خشک کند (شکل٤).

رازی در کتاب *المدخل التعلیمی* دربارهٔ آلات تقطیر، مانند قرع و انبیق، به تفضیل سخن گفته است (رازی، ۱۳۷۱). شرح این آلات را در کتاب دانشمند دیگر اسلامی، به نام المغربی، هم مشاهده می‌کنیم.



شکل۳: شماتیک دستگاه تقطیر مدرن.

همچنین در کتاب *کیمیاالعطر و التصعیدات*، تألیف یعقوب‌بن‌اسحاق الکندی، همین وسیلهٔ تقطیر ترسیم شده است (Levey, 1956) که طراحی امروزی آن را در شکل٤ می‌بینیم.

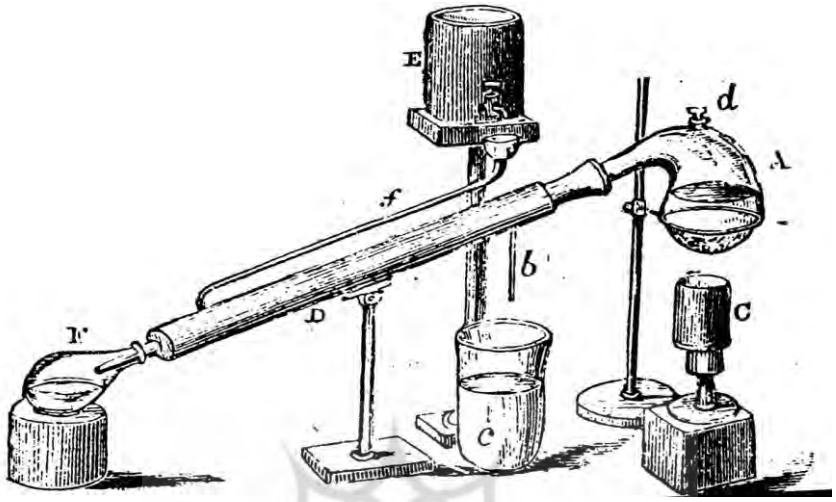


شکل٤: روش چگالش بخار که حین تقطیر به دست می‌آید و اسحق‌بن‌یعقوب الکندی، کیمیاگر و فیلسوف اسلامی، آن را طراحی کرده است.

در این طرح A انبیق، K قرع، J میراب، O آتال، V قابله، M موقد و F آتشدان (موضع النار) است.

در تقطیر ساده که امروزه در بیشتر آزمایشگاه‌ها انجام می‌گیرد، دستگاه تقطیر شامل بالن و مبرد و تبدیل‌کننده و ظرف گیرنده است. مواد مخلوط داخل بالن ریخته می‌شوند و منبع حرارتی که می‌تواند حمام روغن یا آب یا هر منبع حرارتی غیرمستقیم باشد، آن را گرم می‌کند. مبدل یا تبدیل‌کننده به دو منظور به کار می‌رود: یکی برای اتصال به مبرد و دیگری برای قراردادن دماسنج. از روی تغییر دما، پایان عمل تقطیر

را تشخیص می‌دهند. مبرد با ردکردن بخارات از درون لوله‌ای که با جریان آب سرد خنک می‌شود، بخارات را سرد می‌کند تا میعان اتفاق افتد. قطرات عبورکرده از مبرد در ظرف گیرنده جمع می‌شوند که آن هم به یک مبدل مبرد متصل می‌شود. هرگاه دستگاه تقطیر



شکل۵: روش چگالش بخار در حین تقطیر که یوستوس لیبیگ (Justus Liebig)، شیمیدان آلمانی، آن را ابداع کرد. در این روش، تنها خنک‌کننده جنبهٔ ابتکاری دارد و تفاوت عمدهٔ روش جدید و قدیم را نشان می‌دهد.

کیمیاگران قدیم در کتاب‌های خود، دربارهٔ موادی که به کار می‌بردند، به طور مفصل شرح داده و آنها را طبقه‌بندی کرده‌اند. در خانه‌های کیمیاگران، قسمتی از این مواد به‌صورت جامد و خشک و بخشی نیز به صورت محلول در آب یا سایر مایعات نگهداری می‌شد.

شیمیدانان اسلامی و تهیهٔ الکل

جابربن‌حیان در رسالهٔ *اخراج مافی‌القوه الی‌الفعل*، به یکی از خواص الکل که همان اشتعال‌پذیری است، اشاره می‌کند و می نویسد: «و النار التی تشتعل فی روس‌القوارير بالنبيذ و الملح المغلی و ما أشبه ذلک من الشياء فی الخواص البديعه التی يظن أن مقدار

کیمیاگران اسلامی را با دستگاه یوستوس فن لیبیگ (Justus von Liebig) مقایسه کنیم، متوجه می‌شویم مزیت دستگاه لیبیگ تنها به سردکنندهٔ آن است که امروزه به سردکنندهٔ لیبیگ (Liebig condenser) معروف است (برنال، ۱۳۵۲: ۲۴۸).

الفائده فيها»؛ یعنی «*آتشی که در دهانهٔ بطری در طول جوشاندن شراب مشتعل می‌شود می‌تواند فایده‌های زیادی داشته باشد*».

در بخش ضمیمه، به طور مفصل دربارهٔ ایروسول بحث خواهیم کرد. در اینجا تنها اشاره می‌کنیم استفاده از الکل برای مشتعل‌کردن مواد محترقه در منجنیق‌های جنگی، یکی از کاربردهای استفاده از آن بوده است. الکل استفاده شده به‌محض تماس با آتش به گاز تبدیل می‌شد و اطراف سنگ پرتاب‌شونده را تا مقصد مشتعل می‌کرد. فرایندی که امروزه بدان ائروسل (Aerosol) می‌گویند. به طور قطع، این بهره‌وری پس از کشف الکل اتفاق افتاد. درواقع پیش از این کار، مسلمانان در جنگ با دشمن در سنگ‌های پرتابی خود از نفت استفاده می‌کردند؛ برای مثال «در محاصرهٔ هراکیون بیتثنیا، شهری در آسیای صغیر، در سال ۸۰۳میلادی، مسلمانان گلوله‌هایی به کار بردند که از سنگ لفاف‌شده در پارچه‌های نفت‌آلود بود. این گلوله‌ها را مشتعل

ساخته و به طرف دشمن پرتاب می‌کردند» (دوما، ۱۳۶۲: ٤١٦). علاوه‌بر شواهد تاریخی، دستورات متعددی هم موجود است که از استعمال نفت توسط مسلمانان در این گلوله‌های آتشین حکایت می‌کند(Hassan, A. Y. Hill, D. R, 1991: 141).

با این حال، از آنجا که نفت مایع فراری نیست، این گلوله‌های آتشین بیشتر در بین مسیر و در تماس با هوا خاموش می‌شدند و نتیجهٔ مطلوب را نمی‌دادند. همین نقص موجب شد مسلمانان برای جلوگیری از این خاموشی، از مادهٔ دیگری غیر از نفت استفاده کنند. دستوراتی از حسن الرماح، یکی از مهندسان جنگی اسلامی، به دست آمده که مایع آغشته به مواد محترقه را ماده‌ای غیر از نفت معرفی کرده است. با توجه به کشف الکل توسط جابربن‌حیان و آگاهی از خاصیت آتش‌زایی آن ، ممکن نیست مایع مدنظر الرماح که به دلایل نظامی از افشای آن خودداری شده است، ماده‌ای جز الکل باشد (Ibid).

البته کیمیاگران قدیم از علت این اشتعال‌پذیری الکل آگاهی نداشتند. امروزه نمایش‌دادن این فرایند به‌صورت زیر امکان‌پذیر است:

مولکول‌های حاصل + گرما ⟶(پیونددادن) اتم‌های مجزا ⟶(اتمیزه‌شدن در اثر گرما) Aerosol ⟶(گرما) الکل آمادهٔ اشتعال

به طور قطع، جابر و کیمیاگران دیگر از اشتعال‌پذیری الکل آگاه بودند و به‌احتمال، به علت همین ویژگی آن را تهیه می‌کردند. در گفتاری که از جابر نقل کردیم، او به یکی از خواص الکل که همان «آتش زایی است»، تصریح کرده است؛ اما در این گفتار، از واژهٔ تقطیر حرفی به میان نیامده است.

برای آنکه ثابت کنیم کیمیاگران مسلمان به طور دقیق، با بهره‌گیری از روش تقطیر، الکل را از شراب جدا می‌کردند ، مثالی از الکندی می‌آوریم. او در کتاب *کیمیاالعطر و التصعیدات* خود چنین می‌گوید: «وهکذا یصاعد النبیذ فی الرطوبه فیخرج علی لون الماورد» (Garbers, Karl, 1948)؛ یعنی: «شراب تقطیرشده به رنگ صورتی خارج می‌شود». الکندی این مطلب را هنگام بحث از تقطیر مواد مختلف می‌گوید. علت صورتی‌بودن رنگ مایع حاصل از تقطیر شراب این است که به طور قطع، در وسایل تقطیر ناخالصی‌هایی وجود داشته است.

باز هم برای تأکید بیشتر این مطلب، از نوشتهٔ داوودبن‌عمر انطاکی (متوفی ۱۰۰۷یا۱۰۰۸ق/۱۵۹۹م)، یکی دیگر از دانشمندان اسلامی، یاری می‌جوییم. این دانشمند داروشناش در کتاب خود با نام *التذکره*، چنین نوشته است:

«<عرق‌المسکر> و یقال عرقی و یسمی الزئبق الحار الماخوذ عن الخمر بالتصعید و التقطیر و قد یوخذه من الانبذه و هو اجود من اصوله لکنه سریع الفعل و النفوذ فیعتل متعاطیه بجهل» (انطاکی، ۱۹۳۷: ۲۱۷)؛ یعنی: «عرق مستی‌آور که به آن «عرقی» می‌گویند و جیوهٔ گرم نیز نامیده می‌شود از تقطیر شراب عموما و از تقطیر شراب انگور خصوصا حاصل می‌شود و آشامیدن این شراب تأثیر آنی بر بدن انسان دارد و کسی را که از روی نادانی آن را بیاشامد هلاک می‌کند».

از این عبارت نتیجه می‌گیریم عرقی که اکنون هم به همین نام در ایران معروف است، شرابی با درصد بسیار بالایی از الکل بوده است. علت مرگ تیمورلنگ را نیز آشامیدن همین نوشابهٔ الکلی دانسته‌اند. حافظ ابرو در *زبده‌التواریخ* چنین نوشته است: «از حضرت صاحبقرانی دو شبانه‌روز دیگر به عرق مشغول بود که قطعاً التفات

هیچ غذایی نفرمود و روز دیگر مزاج مبارک تغییری پیدا کرد و مودی به مرضی قوی گشت و مزاج مبارک از جادهٔ استقامت و حد اعتدال عدول کرد و اطبا از ازاله مرض او عاجز گشتند و مرگ وی در ۱۷شعبان۸۰۷ هجری اتفاق افتاد...» (حافظابرو، ۱۳۸۰: ۱۰۳۲).

درنتیجه، می‌توان گفت نزد کیمیاگران اسلامی، تقطیر شراب و جداکردن الکل از آن امری شناخته شده بوده است؛ همان گونه که مشاهده کردیم، انطاکی الکل را «عرقی» نیز نامیده و این به علت مشابهت عمل تعریق در بدن آدمی و تقطیر شراب بوده است. همین واژهٔ عربی الکل را ایرانیان برای نوعی الکل مست‌کنندهٔ قوی استفاده می‌کردند و هنوز نیز به کار می‌برند. به‌احتمال از ایران، این واژه به زبان ترکی و هندی و چینی وارد شده است و چینی‌ها حرف «ر» را در این کلمه به «ک» تبدیل کرده و این نوشابهٔ الکلی را الکی نامیده‌اند(Haschemi, 1966: 69) .

از بحث ذکرشده نتیجه می‌گیریم علما و کیمیاگران اسلامی، همچون جابربن‌حیان و الکندی، با عمل تقطیر یا اعمالی دیگر، موفق شدند الکل را کشف کنند؛ با این حال در آثار عربی رازی، مطلبی نمی‌یابیم که دربارهٔ الکل و تهیهٔ آن باشد. از طرفی می‌دانیم رازی از کیمیاگران و اطبای مطرح جهان اسلام بوده که در قرون وسطا برخی از کتاب‌ها و رساله های او به زبان لاتینی ترجمه شده است؛ همچنین سالیان دراز در حکم کتاب درسی، در دانشگاه‌های اروپایی استفاده شده است. از این رو ناچاریم پژوهش خود را دربارهٔ کار رازی در زمینهٔ الکل، در متون لاتینی قرون وسطایی دنبال کنیم.

الکل در اروپا

آب آتش‌زا

در اروپای قرون وسطا، الکل برای نخستین‌بار با نام آب آتش‌زا معروف شد که همان «اسانس تربانتین» است. این الکل باید دست کم ۳۵درصد اتانل داشت تا مشتعل می‌شد. نسخه‌ای با نام نقشه‌های کلیدی (Les Mappae clavicula) که در قرن دوازدهم میلادی به زبان لاتینی نگارش یافته است، قدیمی‌ترین نسخهٔ خطی است که در آن به این نوع الکل، یعنی «آب آتش‌زا» و تهیهٔ آن اشاره‌هایی صریح شده است.

این نسخه، مجموعه دستوراتی را شامل می‌شود که به طور کامل فنی است و از منابع مختلف و به‌ویژه منابع یونانی و لاتینی و عربی اقتباس شده است. برتولو که این دستورات را مطالعه کرده است، برآن است که در این نسخه، نمی توان مشخص کرد بحث مربوط به تهیهٔ الکل از چه منبعی گرفته شده است؛ زیرا متن بحث‌شده شامل جمله‌ای است که به طور کامل رمزی است؛ با این حال خود برتولو موفق شد از این دستور، رمزگشایی کند و دستور تهیهٔ الکل را از آن استخراج کند. باید توجه کرد این‌گونه نگارش‌های آمیخته به رمز که بیشتر برای کارهای نظامی استفاده می‌شد، در بیشتر متون آن زمان به چشم می‌خورند. مثال بارز چنین کاری همان فرمول «پودر باروت» است که راجر بیکن (Roger Bacon) آن را نگاشت.

حال به متن موضوع بحث، یعنی *کلید نقشه*، برمی‌گردیم. این متن چنین است:

: De commixtione puri et fortissimi xknk cum III qbsuf tbmkt cocta in ejus negocii vasis fit aqua que accensa flammam incombustam servat materiam.

برتولو برای ایـن رمزگشـایی، در کلمـات tbmkt qbsuf xkmk حروف پیشین آنها را در سلسـه‌مراتـب الفبای لاتینی قرار داد و با این کار به کلمات معنـی‌دار زیر رسید:

xknk = vini; qbsuf = parte; tbmkt = salis,

او پس از قراردادن کلمات معنی‌دار در متن لاتین، آن را به شکل زیر به زبان فرانسه ترجمه کرد:

«En mêlant un vin pur et très fort avec trois parties de sel, et en le chauffant dans les vases destinés à cet usage, on obtient une eau inflammable, qui se consume sans brûler la matière où elle est déposée» (Berthelot, 1892: 298).

یعنی: «از مخلوط کـردن شـراب خـالص و بسـیار قوی با سه جز نمک در ظرفی مناسب و حـرارت‌دادن آن، آبی حاصل می شود کـه بـا آتـش زدن آن مشـتعل می‌گردد؛ اما ماده ای کـه روی آن قـرار گرفتـه اسـت، نمی‌سوزد».

همان گونه که مشاهده می‌کنیم این دستور درست همان مطلبی است که در کتـاب جـابربن‌حیـان آمـده است؛ بنابراین مورخانی که براساس این دستور لاتینی که جز ترجمه ای از منابع عربـی نیسـت، اروپاییـان را مکتشف الکل نامیده‌اند، به خطا رفته‌اند (Hassan, A. Y. & Hill, D. R, 1991: 141).

پس از این زمان با دستوراتی از کیمیاگران اروپایی روبه رو می‌شویم که به‌روشنی از مـایع رقیقـی سـخن می‌گویند که از راه تقطیـر شـراب بـه دسـت آمـده و اشتعال‌پذیرند. اگر کسی بخواهد مـی‌توانـد از مقایسـهٔ این نسخه‌ها دریابد چگونـه عمـل تقطیـر ابتـدا تنهـا بـا مکمل نمک صورت می‌گرفت و سـپس بـا مکمـل‌هـای دیگری، همچون گوگرد، انجام می‌شد تا نتیجهٔ کار بهبود یابد؛ اما همین کیمیاگران پـس از مـدتی، از تمـامی ایـن جزئیات غیرضروری صـرف‌نظـر کردنـد تـا کـار را بـر موضوع اصلی که همان تقطیر باشد، متمرکز کنند.

کیمیاگران اروپایی با بهره‌گیری از آثـار کیمیـاگران اسلامی، با روش تقطیـر آشـنا شـدند و ایـن روش را برای خالص‌کردن بعضی از مایعات و نیز تهیهٔ الکل از شراب به کار بردند. در شکل زیر که برگرفته از اثـری کیمیایی به زبان لاتینی است، روش تهیهٔ شراب از راه تقطیر نمایش داده شده است:

شکل٦: تهیهٔ شراب از راه تقطیر، مندرج در یک کتاب کیمیاگری به زبان لاتین.

از آب آتش‌زا به آب حیات

نخستین‌بار در اواخر قرن سیزدهم/هشتم قمری و در رقابت با آب آتش‌زا، پزشکی به نام سالرنوس (Salernus)، از آکادمی علوم سالرن، نام «آب حیات» (Aqua Vitae) را برای الکل به کار برد. او تصور می‌کرد داروی نوینی برای درمان بیماری‌ها یافته است.

این الکل نتیجهٔ پیشرفتی بود که آب آتش زا را با چند بار تقطیر به آب حیات تبدیل می‌کرد. بعدها پزشک دیگری به نام ثادائوس فلورنتینوس (Thaddaeus Florentinus)تلاش کرد باز هم الکل خالص‌تری، بدون شک الکلی با غلظت ۹۰درصد، به دست آورد (Chastrette, 200: 4).

اکسیر زندگی طولانی

در اوایل قرن سیزدهم میلادی، جریانی کیمیایی درصدد برآمد برای به دست آوردن زندگی طولانی، پژوهش کند؛ پس کیمیاگر معروف اروپایی، آرنورد ویلنویی (Arnaourd de Villneuve)، از تقطیر شراب، الکل را حاصل کرد و آن را اکسیری برای عمر طولانی نامید؛ البته پژوهش‌های علمای بعدی ثابت کرد برخلاف پندار این شخص، آشامیدن هر نوشیدنی الکلی موجب طول عمر نمی‌شود و حتی عمر طبیعی را نیز کوتاه می‌کند (Chastrette, 2007: 4؛ اشکانی و اکبری، ۱۳۸٤: ۲۹تا۱۵۱)؛ البته این نکته بر مردمان عهد باستان نیز معلوم بوده است (Malamoud,Ch., 1991:21؛ زرشناس، ۱۳٦۹: ۲۳۵).

رازی و کشف الکل

از قرن نوزدهم میلادی/دوازدهم قمری، برخی مورخان علوم موفق شدند تعدادی از متون کیمیاگری به زبان لاتین را که به جابربن‌حیان و رازی منسوب بود، با اصل عربی آنها مطابقت دهند؛ با این حال

تعداد دیگری از این ترجمه‌های لاتینی وجود دارند که متأسفانه تاکنون اصل عربی آنها یافت نشده است. یکی از این ترجمه‌ها که در آن تهیهٔ الکل و نیز تهیهٔ اسیدسولفوریک تشریح شده است، متعلق به محمدبن زکریای رازی است. متأسفانه در فهرست آثار رازی، چه آنکه را ابوریحان بیرونی در قدیم تدوین کرده (محقق، ۱۳٦٦) و چه آنکه را در عصر ما محمود نجم‌آبادی انتشار داده است، با مقاله یا رساله‌ای در تهیهٔ الکل از تقطیر شراب یا مواد نشاسته‌ای مواجه نشدیم. نجم‌آبادی نوشته است «... می‌گویند رازی الکل را از تقطیر مواد قندی و نشاسته‌ای به دست آورد و آن را الکحول نامید» (نجم‌آبادی، ۱۳۷۱: ۲٦۵)؛ اما او ذکر نکرده این کار در کدام رسالهٔ عربی رازی درج شده است.

احتمال دارد دستوری که رازی دربارهٔ آن بحث کرده است، فصلی از کتابی باشد که از همان قرون وسطا مفقود شده است. اثری که بخش‌هایی از آن به اروپا راه یافته و در قرون وسطا به زبان لاتینی ترجمه شده و در آنجا انتشار یافته است. از آنجا که در همهٔ دستورات تهیهٔ الکل کیمیاگران غربی واژه‌های تحریف‌شدهٔ عربی یافت می‌شود، این امکان وجود دارد که آنها را متونی برگرفته از منابع عربی نامید. از طرف دیگر، ترجمهٔ لاتینی دستور رازی برای تهیهٔ الکل هنوز موجود است؛ پس با این شواهد، می‌توان رازی را دست‌کم در غرب لاتینی مکتشف الکل نامید.

ترجمهٔ لاتینی و فرانسهٔ اثر رازی

حال به ترجمهٔ لاتینی اثر رازی برمی‌گردیم. نسخه‌ای خطی از این ترجمه با نام fectim Liber peragisterii و با شمارهٔ ٦۵۱٤ در کتابخانهٔ ملی پاریس نگهداری می‌شود. همان گونه که پیش از این نیز بیان کردیم هوفر، شیمیدان فرانسوی، این متن لاتینی را به زبان فرانسه ترجمه کرده است. ترجمهٔ فرانسوی دستور رازی برای تهیهٔ الکل چنین است:

Préparation de l'Eau-de-Vie par un procédé très simple. Manuscrit 6.514, 113 recto, XIV^e^ siècle (Bibli. nat.), *Liber raris qui dicitur lumen luminum magnum.* « Prends *de* « *quelque chose d'occulte* la quantité que tu voudras, et broie-le « de manière à en faire une espèce de pâte et laisse-le ensuite « fermenter pendant nuit et jour; enfin mets le tout dans un vase « distillatoire, et distille-le.

(Hoefer, 1866: 342).

پیش از این اشاره کردیم کیمیاگران مطالب خود را با زبان رمز بیان می‌کردند. این دستور رازی نیز از این قاعده مستثنی نیست و علت این کار هنوز به‌درستی واکاوی نشده است؛ ولی آنچه مسلم است این است که: «کیمیا مانند بسیاری از علوم سنتی دیگر و برخلاف شیمی، جنبهٔ رمزی و نمادی دارد. پایهٔ آن این کلام هرمس است که *آنچه فروتر است، نشانه و رمزی است از آنچه برتر است*؛ بدین معنی که سیما های محسوس و بلاواسطهٔ اشیا رموزی هستند از قلمرو برتر عقل کلی که بالاتر از قلمرو عقل متوسط قوا و ملکات فردی بشری مانند عقل استدلال گر جای دارد» (نصر، ۱۳۹۲: ۲۷۰).

به هر حال در این دستور رازی ما با «چیزی متعلق به عالم غیب» یا «پنهان» (quelque chose d` occulte) مواجه می‌شویم.

واژهٔ (occult) از ریشهٔ لاتینی (occultare) به معنی «سرپوشیده» گرفته شده است. معانی که برای این واژه در نظر گرفته شده است، از قرار زیر است:

۱. چیزی که تنها اهل فن و افراد آموزش‌دیده‌ای مانند کیمیاگران، به مفهوم آن پی می‌بردند؛

۲. ماده‌ای که براساس ماهیتش از دیده‌ها پنهان است و به عالم ماورای طبیعی و اسرارآمیز مربوط است؛

۳. جسمی مادی است و در عین حال به دلایلی از دیده پنهان است.

هوفر که خود در تاریخ کیمیاگری متخصص بود، سومین معنی را برگزید و برآن بود این چیز متعلق به عالم غیب همان دانه‌های گندم یا جوست که به هنگام رویش در زمین پنهان‌اند؛ زیرا آنچه پس از این در دستور رازی می‌آید، همگی در تأیید همین معنی هستند.

بنابراین مادهٔ مدنظر رازی در این متن را باید به طور کلی مواد نشاسته‌ای نامید. با این وصف، ترجمهٔ دستور رازی به‌صورت زیر از متن فرانسوی هوفر امکان‌پذیر می‌شود:

«تهیهٔ آب حیات (الکل) با روشی ساده، از قرار زیر است:

مقداری از مواد نشاسته‌ای را بگیر و ذخیره کن، آنسان که بتوانی از آن خمیری بسازی. آنگاه روی این خمیر عمل تخمیر انجام ده (یعنی به شراب تبدیل کن) و مادهٔ حاصله را به مدت یک‌شبانه‌روز نگاه دار. آنگاه آن را در ظرف تقطیر بریز و تقطیر کن تا آب حیات (یعنی الکل) حاصل شود».

این دستور باعث شد نام رازی، در مقام مکتشف الکل، در قرون وسطا مطرح شود؛ چنانکه در کتاب *تاریخ صنعت، نوشتهٔ مین* (Maigne) نیز همین کشف به نام رازی ثبت شده است (Maigne, 1873: 34). دستور تجربی رازی را می‌توان با بهره‌گیری از علائم جدید شیمی مدرن به شکل زیر شبیه‌سازی کرد:

شبیه‌سازی روش تجربی رازی

مشاهده

همان گونه که دیدیم مردم عهد باستان برای تهیه نوشابه‌های الکلی، مانند شراب، از میوه‌های گندیده، مانند انگور گندیده وغیره، استفاده می‌کردند. با این حال آنها نمی‌دانستند مواد قندی یا نشاسته‌ای موجود در این میوه‌ها عامل اصلی تهیهٔ الکل است. امروزه می‌دانیم گیاهان با استفاده از نور خورشید و آب، نشاسته می‌سازند و این فرایند طبیعی، فتوسنتز نامیده می‌شود.

فرضیهٔ رازی

از تقطیر مواد نشاسته‌ای الکل حاصل می‌شود

آزمایش

E1. مقداری از گندم یا جو را درون زمینی می‌کاریم و آنها را کشت می‌دهیم. هنگامی‌که ریشهٔ آنها به طول یک سانتی‌متر رسید، آنها را بو می‌دهیم تا رشدشان متوقف شود؛

E2. پس این مقدار گندم یا جو را می‌کوبیم و در آب می‌ریزیم تا خمیری به دست آید. این خمیر را به‌مدت یک‌شبانه‌روز در معرض حرارتی بین ۴۰تا۷۰درجه قرار می‌دهیم؛

E3. حال باید خمیر حاصل از این عمل را که همان گلوکز است، به‌مدت چند روز در معرض مخمری مانند الکلاز قرار دهیم تا در آن عمل تخمیر صورت گیرد.

شکل٦: مراحل مختلف شبیه‌سازی در آزمایشگاه شیمی دانشگاه علمی کاربردی واحد امیرآباد بخش صنایع غلات. آ. مرحله کاشت؛ ب. جوانه‌زدن دانه‌های گندم پس از چند روز؛ ج. آزمایش‌کننده هنگام بودادن گندم؛ د. آزمایش‌کننده هنگام تهیهٔ خمیر از جو.

همان گونه که در این متن مشاهده کردیم، رازی در دستور خود هم از عمل تخمیر یا استحالهٔ مواد نشاسته‌ای بهره برده است و هم از عمل تقطیر.

کیمیاگران قدیمی این امکان را داشتند که از مواد قندی، مانند انگور یا میوه‌های نظیر آن، شراب تهیه کنند؛ اما نمی‌دانستند این عمل به کمک باکتری هایی صورت می‌گیرد که خاصیت «دیاستازی» دارند.

یادآوری این نکته لازم است که هدف از تخمیر یا فرمانتاسیون، مجموعه تغییرات شیمیایی است که یک باکتری یا توده‌ای از باکتری‌ها در محیطی انجام می‌دهند. این اجسام را مخمر زنده یا مخمر سازمان‌دار می‌نامند. چنانکه می‌دانیم، مخمرها موجودات ذره‌بینی هستند.

همان گونه که پیش از این اشاره کردیم، از زمان‌های دور عمل تبخیر بر آدمیان معلوم بوده است؛ زیرا با این روش، شیرهٔ انگور به شراب و سپس به سرکه تبدیل می‌شود؛ نیز ترش‌شدن و بریدن شیر در اثر تبدیل قند شیر به اسیدلاکتیک است که در تابستان، به خصوص وقتی ظرف به طور کامل پاک نباشد، فراوان دیده می‌شود و این عمل نیز مثال دیگری از عمل تخمیر است. با این همه پاستور (Pasteur)، شیمیدان بزرگ فرانسوی، برای نخستین‌بار قدرت و عمل مخمرها را کشف کرد؛ سپس در سال ۱۸۹۷م/۱۳۱٤ق بوخنر (Buchner) موفق شد از این مخمر های سازمان‌دار، مایعاتی را جدا کند که اثر خود مخمر ها را داشتند. این مایعات را دیاستاز یا آنزیم می‌نامند. از قندهای پیچیده ، مانند ساکارز نیز [illegible] به کرد.

(پیرو وات Pyruvate) $C H_3$ [illegible]

(استالیدهید Acetyldehyd) $C H_3 CO$

(اتانول) $C H_3 C H_2 O H$

باکتری‌ها تنها در غلظت خاصی از مواد می‌توانند عمل تخمیر را انجام دهند. اگر غلظت اتانول در محیط افزایش یابد و به بیش از ۱۲درصد برسد، واکنش متوقف می‌شود و باید به روشی اتانول را از محیط واکنش خارج کرد. از تقطیر برای این منظور استفاده می‌شود.

همان گونه که در واکنش تخمیر مشاهده می‌کنیم، اکسیژن مصرف نمی‌شود؛ درنتیجه، باکتری‌هایی که عمل تخمیر را انجام می‌دهند، باکتری‌های «بی‌هوازی» نامیده می‌شوند.

فرمول تبدیل گلوکز به الکل از قرار زیر است:

$$C_6\ H_{12}\ O_6 \xrightarrow{\text{الکلاز}} 2C\,O_6 + 2C_2\,H_5\ OH$$

E4. این ماده را اگر در مجاورت مخمر، به‌ویژه آنزیم مالتار قرار دهیم، این آنزیم مالت، مواد موضوع بحث را به مالتوز تبدیل می‌کند. مالتوز حاصل را با کمک هیدرولیز یا آبکافت به گلوکز تبدیل می‌کنیم؛ البته برای این تبدل، محیط باید اسیدی باشد.

$$\text{گلوکز} \xrightarrow{\text{اسید سولفوریک}} \text{آب} + \text{نشاسته}$$

رازی در دستور خود، به این مطلب اشاره نکرده است؛ ولی او به‌خوبی با بیشتر اسیدها و به‌ویژه اسیدسولفوریک آشنا بوده است.

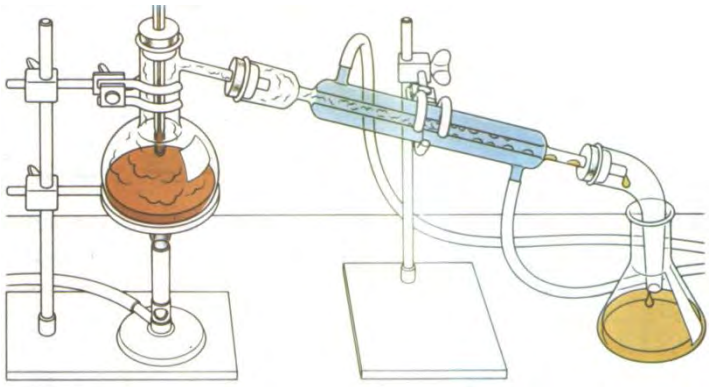
$$C_6\ H_{12}\ O_6 \xrightarrow{\text{الکلاز}} 2C\,O_6 + 2C_2\,H_5\ OH$$

$$\text{گلوکز} \rightarrow \text{الکل} + \text{گازکربنیک}$$

گلوکزی که به این ترتیب به دست می‌آید، با کمک آنزیمی به نام الکولاز تخمیر می‌شود و الکل و گازکربنیک تولید می‌کند.

E5. همان گونه که می‌دانیم الکل می‌تواند هر مقدار آب را در خود حل کند. برای اینکه به‌آسانی الکل حاصل را جدا کنیم، به این الکل به‌دست‌آمده در تنگی شیشه‌ای آب تیره‌رنگی می‌افزاییم. از طرف دیگر می‌دانیم مخلوطی از چند مایع، نقطه‌جوش‌های مختلفی دارد که با بهره‌گیری از روش تقطیر، جدایی آنها امکان‌پذیر است.

در مخلوط آزمایش‌شدهٔ ما نقطهٔ جوش الکل ۷۸درجهٔ سانتی‌گراد و نقطهٔ جوش آب ۱۰۰درجهٔ سانتی‌گراد است. نخست مخلوط را تا دمای جوش الکل حرارت می‌دهیم؛ درنتیجه، الکل به‌صورت گاز از ظرف خارج می‌شود. گاز حاصل را با کمک دستگاه چگالنده سرد می‌کنیم و به‌صورت مایع، مانند شکل زیر در تنگی شیشه‌ای جمع‌آوری می‌کنیم.



شکل۷: گاز حاصل از تقطیر در تنگی شیشه‌ای، همانند شکل، جمع می‌شود.

در این حالت، آب تیره در قرع باقی می‌ماند. این نکته را باید افزود که رازی در کتاب *المدخل التعلیمی* خود از درجه حرارت‌های مختلفی سخن گفته که به کمک وسایل آزمایشگاهی خود، قادر بوده است آنها را به کار گیرد.

شکل۸: آزمایش‌کننده هنگام تقطیر مایع به‌دست‌آمده از تخمیر مواد تخمیری و رسیدن به الکل.

اکنون برای تشخیص الکل به‌دست‌آمده می‌توانیم از شناساگرهای متعددی استفاده کنیم. به این ترتیب می‌توانیم ثابت کنیم تهیهٔ الکل با استفاده از دستور رازی امکان‌پذیر بوده است.

نکتهٔ مهم اینکه در دستور موضوع بحث رازی، از «الکل» به «آب حیات» تعبیر شده است. همان گونه که پیش از این بیان کردیم، این نام‌گذاری در قرن سیزدهم میلادی صورت گرفته است؛ بنابراین ترجمهٔ اثر رازی در همین قرن سیزدهم، به لاتینی انجام شده است.

استفادهٔ احتمالی رازی از الکل

حال این پرسش مطرح می‌شود: هدف رازی از تهیهٔ الکل چه بوده است؟ پاسخ به پرسش، چندان آسان نیست؛ زیرا منابع مربوط به استفاده از الکل در تمدن اسلامی هنوز بررسی نشده است. با این حال، می‌توان حدس زد که مسلمانان از الکل در سلاح‌های آتشین استفاده می‌کردند؛ اما دربارهٔ استفاده رازی باید این نکته را در نظر گرفت که این پزشک عالی‌قدر از شراب برای شست‌وشو و ضدعفونی‌کردن زخم‌ها استفاده می‌کرده است. مطلبی که بسیار شایان تحسین است اینکه به‌احتمال این پزشک نام‌آور این مطلب را به تجربه دریافته بوده است؛ برای مثال در اثر مهم پزشکی خود *الحاوی* گفته است: «*والشراب ابلغ فی غسل الجرح متی ملت الی النبات اللحم اکثر*» (رازی، ۲۰۰٤: ٤٥)؛ یعنی: «شراب مناسب‌ترین چیز برای شست‌وشوی زخم است هنگامی‌که بخواهی زخم به‌خوبی بافت جدید آورد».

از طرف دیگر، تنها عنصر فعال شراب، یعنی الکل، عامل اصلی ضدعفونی است؛ پس این احتمال می‌رود که رازی علاوه‌بر استفاده‌های دیگر از الکل، از آن به‌ویژه برای شست‌وشوی بهتر بستر زخم‌ها بهره می‌برده است؛ زیرا درصد الکل موجود در شراب چندان چشمگیر نیست که این کار به‌خوبی صورت گیرد.

نتیجه

تاکنون هیچ‌گونه سند معتبری از عهد باستان به دست نیامده است که دال بر کشف الکل و استفاده از آن باشد. در قرون وسطای اسلامی، جابربن‌حیان از

یکی از خواص الکل، یعنی اشتعال‌پذیری آن، سخن گفته است. الکندی، دیگر دانشمند اسلامی، از راه تقطیر شراب با بهره‌گیری از قرع انبیق، الکل تهیه کرد. رازی، کیمیاگر و پزشک نام‌آور ایرانی، همین عمل را با مواد نشاسته‌ای انجام داد که با ترجمهٔ لاتینی متن او از آن آگاهی داریم. مشخص کردن اینکه کدام‌یک از این دو داتشمند در تهیهٔ الکل بر دیگری سبقت داشته است، به درستی امکان پذیر نیست. با این حال، کار رازی از این نظر که در قرون وسطا به زبان لاتینی ترجمه شده است، بر کار الکندی برتری دارد و او را می‌توان مکتشف الکل نامید.

دلایل کشف الکل به دست رازی را می‌توان به‌صورت زیر بیان کرد:

۱. اصل عربی رسالهٔ رازی، همانند برخی دیگر از آثار او، تاکنون به دست نیامده است؛ ولی ترجمهٔ لاتینی قرون وسطایی از آن با نام fectim Liber peragisteri در کتابخانهٔ ملی پاریس به شمارهٔ ٦٥١٤ موجود است.

۲. هوفر، شیمیدان و مورخ شیمی، این نسخهٔ خطی را به زبان فرانسه ترجمه کرد و در سال ١٨٦٦م در کتاب خود با نام Histoire de la chimie در پاریس چاپ کرد. بیشتر مورخان شیمی با بهره‌گیری از همین ترجمهٔ فرانسوی، رازی را مکتشف الکل نامیدند.

۳. مین (M.Maigne)، مورخ بزرگ علم و فناوری فرانسه، در اثر معروف خود با نام *تاریخ صنعت* که در سال ۱۸۷۳م، یعنی هفت سال پس از انتشار کتاب هوفر، در پاریس چاپ کرد، باز هم کشف الکل را برای نخستین‌بار به رازی نسبت داد و دستور رازی را نیز برای این کشف به شرح زیر ارائه کرد:

Rhazès, à la fois philosophe profonde et médecin de premier ordre, naquis à Rhai, en Perse, vers 860, et mourut en 940, indique la fabication de l'eau- de- vie de gains. Voici le passage où il parle de l'eau- de- vie de gains : « Preinds de quelque chose d'occulte la quantité que tu voudras, broie –le de manière à en faire une espéce de pâte, et laisse-le fermenter pendant nuit et jour ; enfin, mets le dans un vase distilatoire et destile-le» (Maigne, 1873: 34).

ترجمهٔ متن به این صورت است: «رازی که هم‌زمان فیلسوفی عمیق و پزشکی درجه اول بود، در شهرری در ایران در حدود سال ۸٦۰میلادی متولد شد و در سال۹٤۰ بدرود زندگی گفت. آب حیات را از دانه‌های گندم و یا جو تهیه کرد. دستور او برای این کار به شرح زیر است:

مقداری از مواد نشاسته‌ای را بگیر و ذخیره کن. آنسان که بتوانی از آن خمیری بسازی، آنگاه روی این خمیر عمل تخمیر انجام ده (یعنی به شراب تبدیل کن) و مادهٔ حاصله را به‌مدت یک‌شبانه‌روز نگاه دار. آنگاه آن را در ظرف تقطیر بریز و تقطیر کن تا آب حیات (یعنی الکل) حاصل شود».

٤. شبیه‌سازی دستور رازی در آزایشگاه که مربیان در دانشگاه علمی و کاربردی آن را انجام دادند، معلوم کرد دستور رازی به طور کامل درست است و با این دستور الکل به دست می‌آید.

۵. همان گونه که اشاره کردیم، بر تولو و روسکا به علت دید سیاسی و نژادپرستانه، تلاش کردند این کشف را کتمان کنند؛ ولی در این باره کاری از آنها ساخته نشد.

تشکر و قدردانی

این مقاله برخلاف مقالات معمولی، پیچیدگی‌های خاص خود را داشت. نگارنده برای روشن‌شدن مطلب ناگزیر بود علاوه‌بر تاریخ علم، از اوضاع سیاسی غرب در قرن نوزدهم میلادی هم آگاهی داشته باشد. در این مقاله، دنبال‌کردن مراحل تکوین

کشف الکل برای خوانندگان نیز کار آسانی نبود؛ بنابراین تشکر می‌کنم از دوست عزیزم آقای دکتر یاسین جمالی که این مقاله را با دقت مطالعه کردند و در تنظیم برخی از بخش‌ها، برای فهم آسان‌تر مفاهیم، مرا یاری رساندند.

از داوران محترم مقاله که با دقت شایان تحسینی، مقاله را مطالعه کردند و تذکرات بسیار سودمندی دادند و نیز از مدیر و سردبیر محترم مجله برای انتخاب داوران ورزیده و دادن فرصت مناسب به نگارنده در راستای اصلاح مقاله، سپاس فراوان دارم.

پی‌نوشت

۱. برای توضیحات بیشتر در این باره به پیوست ۱ در شناخت الکل متیلیک رجوع کنید.

۲. برای آگاهی بیشتر از عمل تخمیر به قسمت پیوست شماره ۳ رجوع کنید.

کتابنامه

الف. منابع فارسی و عربی

۱. آ. هنگلین، اف، (۱۳۵۸)، *شالوده صنعت شیمیایی*، ترجمه حسنعلی شیبانی، ج۲، تهران: دانشگاه تهران.

۲. اشکانی، حمید و علی‌اصغر اکبری، (۱۳۸٤)، *اثرات مشروبات الکلی از دیدگاه دانش پزشکی*، جهرم: پیمان.

۳. انطاکی، داودبن‌عمر، (۱۹۳۷)، کتاب *تذکره أولی الألباب الجامع للعجب العجاب*، قاهره: مکتبه و مطبعه محمدعلی صبیح و اولاده.

٤. برنال، جان، (۱۳٥٤)، *علم در تاریخ*، ترجمه ح. اسدپور پیرانفر و کامران فانی، تهران: امیرکبیر.

۵. جابربن‌حیان، (۱۳٥٤)، *مختار رسائل عنی بتصحیحها و نشرها* ب کراوس، قاهره: مطبعه الخانجی.

٦. جاسر طه، (۱۹۷۹)، حول المنشا التاریخی لالکحول *ابحاث الموتمر السنوی الثانی للجمعیه السوریه لتاریخ العلوم المنعقد بجامعه حلب ابریل ۱۹۷۷: جامعه‌الحلب*.

۷. *حافظ‌ابرو*، (۱۳۸۰)، *زبده‌التواریخ*، به اهتمام سیدکمال حاج‌سیدجوادی، ج۲، تهران: وزارت ارشاد اسلامی.

۸. دوما، موریس، (۱۳٦۲)، *تاریخ صنعت و اختراع*، ترجمه عبدالله ارگانی، ج۱، تهران: امیرکبیر.

۹. الرازی، محمدبن‌زکریا، (۲۰۰۲)، *الحاوی*، تصحیح هیثم خلیفه، ج٤، بیروت: داراحیاء التراث‌العربی.

۱۰. رازی، محمدبن‌زکریا، (۱۳۷۱)، *المدخل التعلیمی*، ترجمه فارسی از حسنعلی شیبانی، تهران: دانشگاه تهران.

۱۱. رازی، محمدبن‌زکریا، (۱۳٤۳)، سرالاسرار همراه با گزیده مانندی به فارسی کهن با نام تجارب شهریاری به اهتمام محمدتقی دانش‌پژوه، تهران: دانشگاه تهران.

۱۲. رازی، محمدبن‌زکریا، (۱۳۷۱)، سرالاسرار، ترجمه حسنعلی شیبانی، تهران: دانشگاه تهران.

۱۳. رنان ا.، کالین، (۱۳٦٦) ، *تاریخ علم کمبریج*، ترجمه حسن افشار، تهران: مرکز.

۱٤. زرشناس، زهره، (۱۳٦۹)، «قطعه‌ای به زبان سغدی در نکوهش میخوارگی»، *فرهنگ*، کتاب ششم.

۱۵. کرومبی، آ.سی، (۱۳۷۱)، از اوگستین تا گالیله؛ علم در قرون وسطی، ترجمه احمد آرام، ج۱، تهران: سمت.

۱٦. گراگ، هلگه، (۱۳۹۵)، مقدمه‌ای بر تاریخ‌نگاری علم، ترجمه محمدابراهیم باسط تهران: سمت.

۱۷. محقق، مهدی، (۱۳٦٦)، فهرست کتاب‌های

رازی و نام‌های کتاب‌های بیرونی، تصحیح و ترجمه و تعلیق از مهدی مححق، تهران: دانشگاه تهران.

۱۸. نجم‌آبادی، محمود، (۱۳۷۱)، *مولفات و مصنفات ابوبکر محمدبن‌زکریای رازی*، تهران: دانشگاه تهران.

۱۹. نجیب‌محمود، زکی، (۱۳٦۸)، *تحلیلی از آرای جابربن‌حیان*، ترجمه حمیدرضا شیخی، مشهد: آستان قدس رضوی.

۲۰. نصر، سیدحسین، (۱۳۹۱)، علم و تمدن در اسلام، ترجمه احمد آرام، تهران: علمی و فرهنگی.

ب. منابع لاتین

21. Arnaud de Villeneuve, (1309)*De conservanda juventute*, vers 1309. Cité par Berthelot(1891), Ann Chim Phys., 6ème série, t. XXII, 469-475.

22. Aristotote, (2008), *Meteorologica*, traduit du grec par Pierre Thillet, Paris

23. Berthelot, M. (189۳), *La Chimie au Moyen Age*, Vol. 1, Paris

24. Berthelot, M. (1892) «La découverte de l'Alcool et la distillation, », *Revue des Deux Mondes* tome 114.

25. Diels, Hermann, (1913) « Die Entdeckkung des Alkohls, » *Abh.d.Kgl.Pr.Ak. w. Jahr-gang*

26. Chastrette, M.(2007), « Histoire de la distillation des essences et de l'alcool »
udppc.asso.fr/docactes/2007/132_05032008 102240.do.

27. Dujardin, J. (1900), *Recherches rétrospectives l'art de la sur distillation*,
Paris.

28. Garbers, Karl (1948*). Kitāb Kīmiyā' al-'Iṭr Wat-Taṣ'īdāt: Buch über die Chemie des Parfüms und die Destillationen von Ya'qūb b. Isḥāq al-Kindī. Ein Beitrag zur Geschichte der arabischen Parfümgeschichte und Drogenkunde aus de 9. Jahrh. P.C. Abhandlungen für die Kunde des Morgenlandes, 30. Leipzig: Brockhaus.*

29. Hachimi, M.Y. (1968), « Sur l'histoire de l'alcool » *XII Congres Innternational d'Histoire des Sciences,* Paris

30. Hassan, Ahmad Y. & Hill, Donald R. (1991), *Science et Technique en Islam*, Traduit par Hachem al-Husseini, Paris

31. Hoefer, F. (1866) *Histoire de la chimie*, Edition, 2. Paris.

32. Holmyard, E.J. (1931), "The Identity of Geber" *Natur*, N°2780 pp.111-113.

33. Holmyard, E.J. (1931) *Makers of Chemistry*, Oxford, Clarendon press.

34. Levey, M. (1956) "Babylonian Chemestry: A study of Arabic and second Millinium B.C. Perfumery"*Osiris*, vol.12 pp.376-389.

35. Lindber, David C. (1983), *Studies in the History of Medieval Optics*, London.

36. Lippmann, E.O.Van (1920) « Zur Geschichte des Alkohols » *Chemiker-Zeitung*.

37. Mc Murry, J. (1995) *Fundamentals of Organic Chemistry* 4th Edition U.S.A.

38. Mackie, R.K. &D.M. (1982) *Guide bookk to organic synthesis*, London and New York.

39. Maigne, M. (1873), *Hitoire de l'industrie*,Paris.

40. Malamoud, Charles, (1991), « La soma et sa cotrepartie » In *Le ferment divin* Paris p.21.

41. Mertens, M. (2OO2), *Les alchimistes grec*, t.IV. Zosime de Panopolice, texte etabli, traduit et vommenté par M. Mertens, Paris.

42. Murray, Mary Anne (1999) "Wine Production and Consumption in Pharaonic Egypt" In *The Exploitation of Plant Resources in Ancient Africa*, pp.149-169.

43. Paquin, Louis-Claude (2015), *Méthodologie de la recherche*, Montré.

44. Partington,J.R.(1923), « The identity of Geber », *Nature*, 111 pp.2196220.

45. Ruska, J. (1913) « Ein neuer Beitrage zur Geschiche des Alkohls » *Der Islam, pp.320-24.*

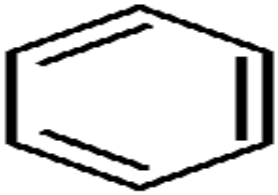
46. Ruska, J. (1939). "Pseudepigraphe Rasis-Schriften." *Osiris* 7, pp. 31–94.

47. Sherwood Taylor, F. (1957) «Sugar Alcohol and its products » In *A History of industrial chemistry*.

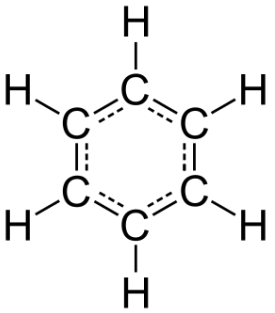
48. Solomons, G. (1996), *Organic chemistry*, Sixth edition.

پیوست

۱. تعریف الکل و انواع آن: الکل‌ها را می‌توان از مشتقات هیدروکسیل هیدروکربن‌ها دانست که تعدادی از هیدروژن‌های آن با یک یا تعدادی هیدروکسیل $(-OH)$ جایگزین شده است.



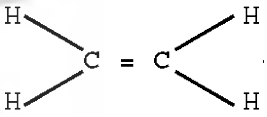
بنزن C_6H_6



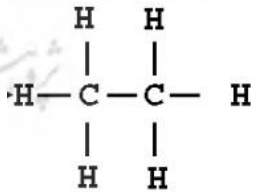
ب. هیدروکربن سیرنشده از خانودهٔ آلکین‌ها:

اتیلن C_2H_2 $H-C\equiv C-H$

ج. هیدروکربن سیرنشده از خانوادهٔ آلکان‌ها:



اتان C_2H_4



.. هیدروکربن سیرشده از خانوادهٔ آلکان‌ها:

C_2H_6

ترکیب سیرنشده ترکیبی است که دست‌کم پیوندی دوگانه یا پیوندی سه‌گانه دارد. ترکیب سیرشده ترکیبی است که تنها پیوندهای ساده‌گانه دارد.

هر پیوند از اشتراک یک جفت الکترون بین دو هسته اتم‌های تشکیل‌دهندهٔ پیوند به وجود می‌آید؛ به همین ترتیب پیوند دوگانه از اشتراک دو جفت الکترون و پیوند سه‌گانه از اشتراک سه جفت الکترون به وجود می‌آید. عنصر کربن این ویژگی را دارد که زنجیرهای طولانی از پیوندهای کربن‌کربن تشکیل دهد و هیدروکربن‌ها را به وجود آورد که اساس شیمی آلی است.

گروه الکیل: Alkyl

به زنجیر هیدروکربنی با یک نقطهٔ اتصال آزاد، گروه آلکیل گویند. این گروه را به طور معمول با حرف R نشان می‌دهند. از این گروه می‌توان به متیل CH_3 اتیل $CH_3\ CH_2$ و پروپیل $CH_3CH_2CH_2$ اشاره کرد.

گروه‌های عاملی:

گروه‌های ویژه‌ای از اتم‌ها هستند که با قرارگرفتن روی ترکیبات آلیفاتیک و آروماتیک موجب می‌شوند مولکول در واکنش‌های خاصی شرکت کند؛ برای مثال تمام الکل‌ها در آب بین خود پیوند هیدروژنی برقرار می کنند. بعضی از گروه‌های عاملی عبارت‌اند از:

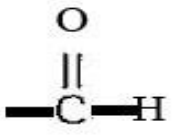
هیدروکربن: ترکیبی است که تنها از ترکیب کربن C و هیدروژن H تشکیل شده است؛ مانند:

الف. هیدروکربن‌های حلقوی (آروماتیک) سیر نشده

هالوژن‌ها X

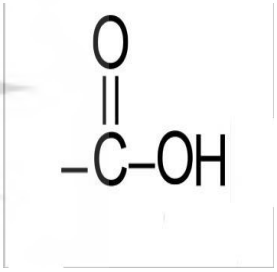
الکل $-OH$

آلدهیدها



کتون‌ها

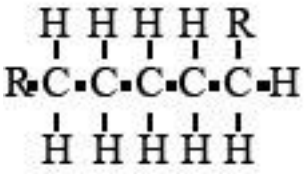
و کربوکسیلیک اسیدها



واژه‌های آلیفاتیک و آروماتیک در مقابل هم به کار می‌روند.

ترکیبات آروماتیک ترکیبی آلی است که ساختار و رفتار آن شبیه به بنزن است.

ترکیبات آلیفاتیک ترکیب آلی به‌صورت زنجیر باز است مانند:

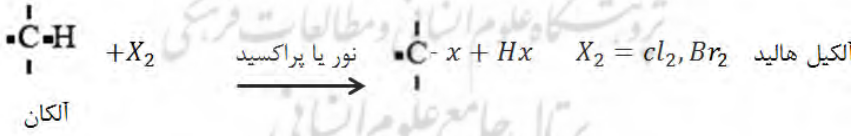


هالوژن‌ها:

اعضای گروه اصلی جدول تناوبی عناصری هستند که به‌صورت X نمایش داده می‌شوند. این عناصر عبارت‌اند از فلوئر کلر و ید و برم.

آلکیل هالید:

مولکول آلکیلی که یک هالوژن با آن پیوند شده یا مولکول آلکانی که در آن یک هالوژن X با هیدروژن h جایگزین شده است، آلکیل هالید نامیده می‌شود و ب صورت RX نمایش داده می‌شود که در آن X هالوژن و R ترکیب آروماتیک یا آلیفاتیک است.

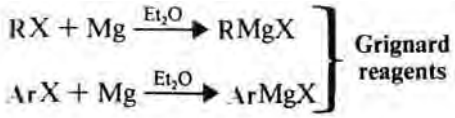


. طرز تهیهٔ الکل در عصر حاضر:

یکی از روش‌های تهیهٔ الکل روشی است که ویکتور گرینییارد (VICTOR GRIGNARD)،

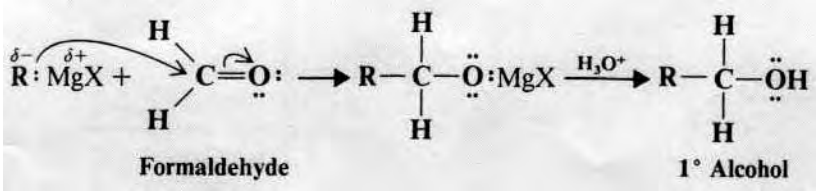
شیمیدان فرانسوی، آن را پیشنهاد کرده است. در این روش از واکنش‌دهندهٔ گرینییارد استفاده شده است که به‌صورت $RMGX$ نمایش داده می‌شود و در آن R آلکیل، mg منیزیم و X هالوژن است (Mackie & Smith, 1962: 45).

واکنش‌دهندهٔ گریگنارد *(Grignard reagents)* از ترکیب یک آلکیل یا آلکیل هالید با فلز منیزیم در اتر خشک، در حکم حلال، تهیه می‌شود:

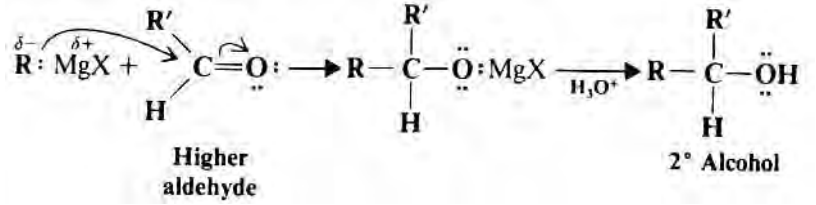


تهیهٔ الکیل از آلدهیدها و کتون‌ها (سنتز گریگنارد) چنین است:

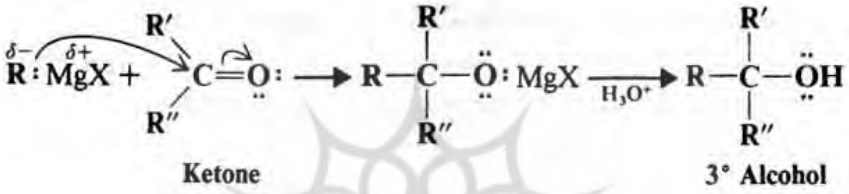
. الکل نوع اول



. الکل نوع دوم



. الکل نوع سوم



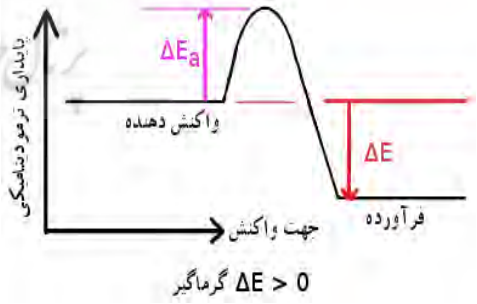
۲. تعریف اصطلاح شیمیایی ایروسول

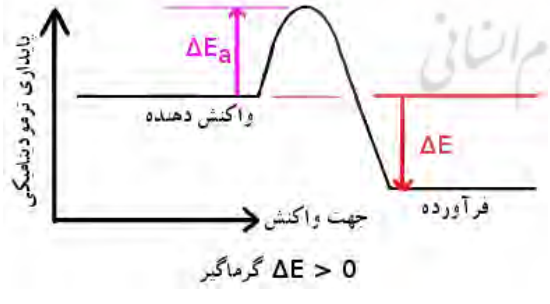
ایروسول به مخلوط مایع در گاز می‌گویند.

هنگام انجام این کار پیوندهای بین ملکولی از بین می‌روند و مواد درون اسپری‌ها به این صورت ذخیره می‌شوند. هنگام واکنش، تمام یا تعدادی از پیوندهای میان اتم‌ها شکسته می‌شوند و پیوندهای جدید تشکیل می‌دهند.

هرگاه نمودار پایدار ترمودینامیکی مواد واکنش‌دهنده و فرآورده را در واکنشی تک‌مرحله‌ای رسم کنیم، دو حالت امکان‌پذیر است:

پایداری ترمودینامیکی





ΔE مقدار اختلاف انرژی بین مواد واکنش‌دهنده و فرآورده است.

هرگاه $\Delta E < 0$ باشد فرآیند گرمازا (Exothermic) است و در پایان واکنش گرما آزاد می‌شود و دمای محیط افزایش می‌یابد. برعکس اگر $\Delta E > 0$ باشد فرایند گرماگیر (Exothermic) است و پس از انجام واکنش، دمای محیط کاهش می‌یابد. Ea انرژی فعال‌سازی (Activation Energy) است.

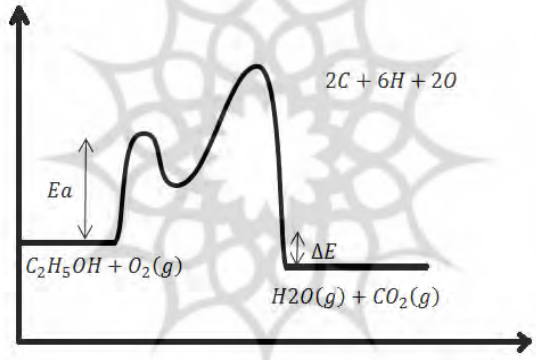
انرژی لازم برای شکستن پیوندهای میان مواد واکنش‌دهنده و تبدیل آنها به حالت اتم‌های تکی، همراه $Ea > 0$ یعنی گرماگیر است. برای شروع واکنش همواره باید مقداری گرما به واکنش‌دهنده‌ها دهیم و پس از اینکه از نقطهٔ ماکزیمم نمودار عبور کردیم، واکنش به‌صورت گرمازا و خودبه‌خودی خواهد بود.

علت استفادهٔ مسلمانان از الکل در جنگ‌ها به‌احتمال آن بود که به تجربه دریافته بودند الکل آغشته به مواد منفجره پس از پرتاب، آتش می‌گیرد و این مادهٔ آتشین تا لحظهٔ سقوط به همین صورت باقی می‌ماند. آنها اما از فرآیند شیمیایی این عمل به طور کامل بی‌اطلاع بودند.

این فرایند را این‌گونه می‌توان توضیح داد که ابتدا الکل مایع با صرف انرژی (فرایند گرماگیر) به‌صورت ایروسول (مخلوط در اکسیژن هوا) درمی‌آید و آنگاه مقداری انرژی فعال‌سازی برای شکستن پیوندهای الکل اکسیژن صرف می‌شود که معادل Ea است.

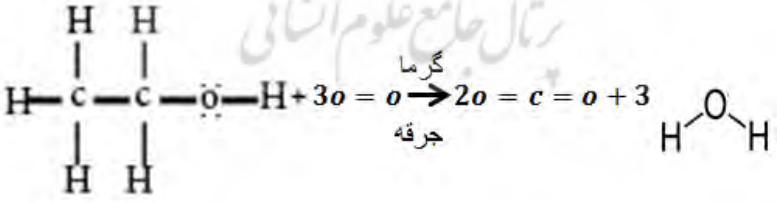
پس از اتمیزه‌شدن، تبدیل مولکول‌ها به اتم‌های منفرد، اتم‌ها پیوندهای جدیدی را برای تشکیل کربن دی‌اکسید (CO_2) و آب (H_2O) می‌دهند. این مرحله به علت تشکیل مولکول‌های پایدار (H_2O, CO_2) از اتم‌های منفرد گرمازاست و فرآیند درمجموع نیز گرمازاست.

نمایش مراحل مختلف سوختن الکل به‌صورت زیر ممکن است:



واکنش‌های سوختن الکل چنین است:

$$C_2H_5oH + 3O_2 \rightarrow 2O_2 + 3H_2O$$



۳. عمل تخمیر

قندها مولکول‌های آلی بسیار بزرگی شامل عناصر کربن C هیدروژن H و اکسیژن o هستند. از ساده‌ترین قندها گلوز G (*glucose*) و فروکتوز F (*fructose*) را باید نام برد که در ساختار خود شش اتم کربن دارند.

قندهای ساده مانند گلوگز و فروکتوز قادرند با خودشان یا با هم پیوند بخورند و زنجیره‌های کربن طولانی‌تر را تشکیل دهند.

بسیاری از باکتری‌ها با شکستن پیوند میان قندهای

بزرگ، مانند ساکاروز و سلولز و نشاسته، قندهای ساده‌تر دوازده‌کربنه مانند لاکتوز و لاستوز یا قندهای شش‌کربنه مانند گلوگز و فروکتوز را به دست می‌دهند و از انرژی آزادشده از شکستن پیوندها در سایر واکنش‌های زیستی خود استفاده می‌کنند.

واکنش تخمیر گلوگز چنین است:

واکنش کلی

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

مرحلهٔ نخست

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CH3COCOO^- + 2H^+$$

مرحلهٔ دوم

$$CH_3COCOO^- + H^+ \rightarrow CH_3CH_O + CO_2$$

مرحلهٔ سوم

$$CH_3CH_O + NADH \rightarrow C_2H_5OH + NAD^+$$

باکتری‌ها تنها در غلظت خاصی از مواد قادرند عمل تخمیر را انجام دهند. اگر غلظت اتانول در محیط افزایش یابد، بیشتر از ۱۲درصد، واکنش متوقف می‌شود و باید به روشی اتانول را از محیط واکنش خارج کرد. برای این منظور از تقطیر استفاده می‌شود. همان گونه که پیش‌تر اشاره کردیم، تقطیر روشی خالص‌سازی است که در آن با تبخیر مادهٔ مدنظر، آن را از محیط جدا می‌کنیم؛ به این ترتیب غلظت اتانول دوباره در محیط کاهش می‌یابد و عمل تخمیر از سر گرفته می‌شود.

در عمل تخمیر، اکسیژن O_2 مصرف نمی‌شود؛ درنتیجه به باکتری‌هایی که عمل تبخیر را انجام می‌دهند، باکتری‌های بی‌هوازی می‌گویند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی