

Organisch-chemisches Praktikum für das Lehramt (LA)

Torsten Lasse
 Leitung: Dr. P. Reiß
 WS 2008/09

Assistent: Tobias Gerhardt

Schulversuch (Gruppe 11/Assistentenversuch): Kalt-Extraktion von Rosskastanienöl

Durch Kalt-Extraktion wird Rosskastanienöl gewonnen.

Zeitbedarf

Vorbereitung: etwa 10 min
 Durchführung: etwa 160 min (mit Wartezeit)
 Nachbereitung: etwa 10 min

Chemikalien und eingesetzte Substanzen

Eingesetzte Stoffe	Summenformel	Menge	R-Sätze	S-Sätze	Gefahrenkennzeichnung	Schuleinsatz
Rosskastanien-samen (<i>Aesculus hippocastanum</i>)	-	100 g (etwa 20 Stück)	-	-	-	- (unbedenklich)
n-Heptan	C ₇ H ₁₆	etwa 200 mL	11-38-50/ 53-65-67	9-16-29-33- 60-61-62	F, Xn, N	SI

* = nach HessGiss 2006/07

Geräte und Materialien

Becherglas 400 mL 2x
 Küchenzerkleinerer oder Nussreibe
 Glastrichter, Papierfilter
 Wasserbad
 Magnetrührer
 Deckelglas

Versuchsaufbau

~

Durchführung

100 g Rosskastanien-samen wurden geschält (s. Abb. 1) und anschließend mit einem Küchenzerkleinerer sehr fein zermahlen (s. Abb. 2).



Abb.1: Geschälte Roskastaniensamen



Abb. 2: Nussmehl

Das (feuchte) Nussmehl wurde im Folgenden in ein 400 mL Becherglas gegeben und mit etwa 200 mL n-Heptan aufgeschlämmt (s. Abb. 3).



Abb. 3: Aufschlämmung des Nussmehls

Nach etwa 30 Minuten wurde der Ansatz über einen Glastrichter mit einem Papierfilter in ein weiteres 400 mL Becherglas filtriert (s. Abb. 4).



Abb. 4: Filtration

Im letzten Schritt wurde das Becherglas mit dem Filtrat in ein heißes Wasserbad auf den Magnetrührer gestellt und das Lösungsmittel unter dem Abzug etwa 2 h abgedampft (s. Abb. 5).

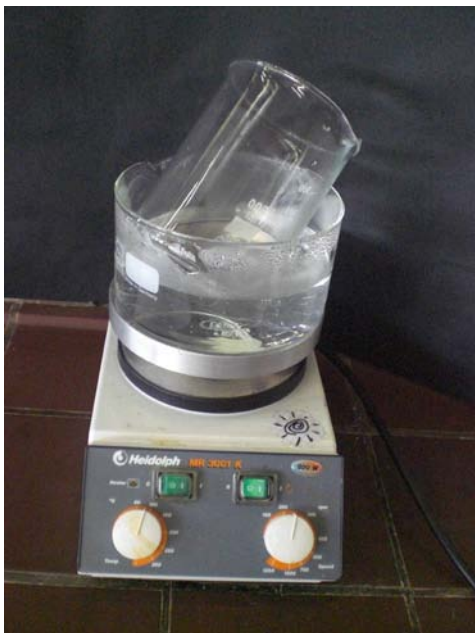


Abb. 5: Abdampfung des Lösungsmittels

Beobachtung

Im Becherglas blieben nach der Abdampfung des Lösungsmittels etwa 0,5 mL eines hellgelben Öles zurück (s. Abb. 6). Es konnte ein schwacher, leicht nussig duftender Geruch des Öles wahrgenommen werden.



Abb. 6: Rosskastanienöl (im Deckelglas)

Entsorgung

Reste des getrockneten Nussmehls wurden im Feststoffabfall entsorgt. Das Kastanienöl wurde nach vorhergehender Neutralisation im Behältnis für organische Lösungsmittel entsorgt.

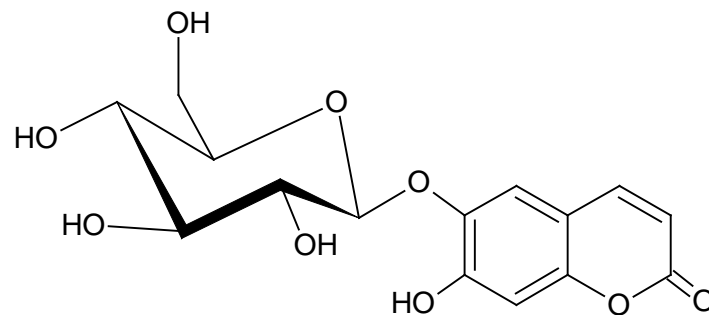
Fachliche Analyse

Die Rosskastanie (s. Abb. 7) ist ein heimischer Baum, der im Gegensatz zur Edelkastanie (*Castanea sativa*) wegen seiner Bitterstoffe keine für den Menschen genießbaren Früchte ausbildet (Abb. 8).



Abb. 7: Rosskastanie (Quelle: www.jens-liebenau.blogspot.com)

Das Holz wird aufgrund seiner geringen Beständigkeit und eines oft unregelmäßigen Wuchsverlaufes als nur wenig bedeutend beschrieben. Der bekannte Inhaltsstoff von Blättern und Zweigen Aesculin (ein Glucosid) wird aufgrund seiner Eigenschaft als UV-Licht-Blocker vielfach in aktuellen Sonnenschutzmitteln verwendet¹.



Aesculin

Als vielseitiger Rohstofflieferant für die Herstellung von Kaffee-Ersatz, Vieh- und Wildfutter, Speiseölen, Kosmetikartikeln und auch industriellen Schmierstoffen haben jedoch gerade die Roskastaniensamen (s. Abb. 8) in den letzten Jahrhunderten eine gewisse Bedeutung erlangen können.



Abb. 8: Roskastaniensamen

(Quelle: <http://www.uni-wuerzburg.de/sonstiges/meldungen/single/artikel/rosskastan/>)

Durch ihren (relativ) hohen Anteil an Saponinen haben die Samen in den letzten Jahrhunderten ebenfalls eine Bedeutung bei der Waschmittelherstellung sowie Pflanzenheilkunde erlangt. Beim Schütteln in Wasser ergeben die oberflächenaktiven Saponine einen seifenartigen Schaum (lat.

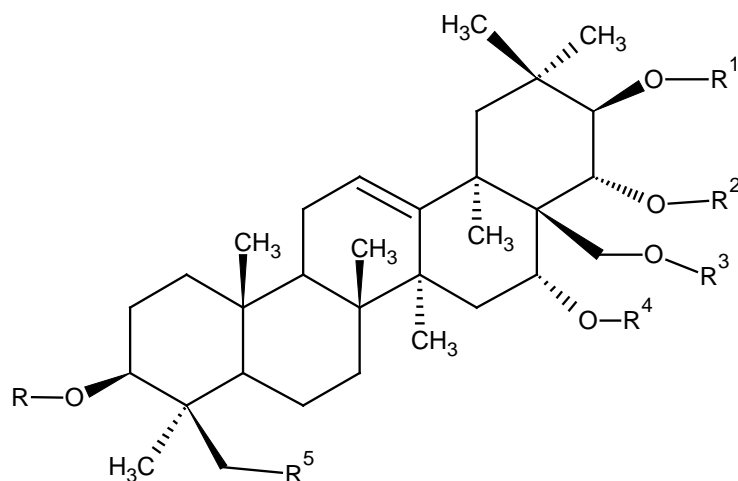
¹ Fluoreszierende Stoffe wie das Aesculin haben in der Regel eine Schutzfunktion gegenüber ultravioletter (UV-) Strahlung. Die durch die Fluoreszenz bedingte (temporäre) Wirkung als optischer Aufheller begünstigt eine Verwendung als Waschmittel. Vgl. Protokoll „Entfernung hartnäckiger Flecken“.

sapo „Seife“), sie besitzen lytische Eigenschaften auf die roten Blutkörperchen (hämolytische Aktivität) und beeinflussen die Permeabilität biologischer Membranen. Neben verschiedensten (positiven) Eigenschaften in ihrer biologisch-physiologischen Wirkung (u.a. Entzündungshemmung) wird – in geringen Dosen eingesetzt – den Saponinen eine präventive Wirkung gegen Darmkrebs nachgesagt.

Vielfach verwendet man Rosskastaniensamenextrakte (Rosskastanienextrakte) bei der Behandlung von Veneninsuffizienz. Diese entsteht häufig durch Entzündungsreaktionen und damit einhergehenden Flüssigkeitsübertritten aus den Blutgefäßen in das umliegende Gewebe (Ödeme). Durch Entzündungshemmung und Verringerung von Membranpermeabilitäten (in den Blutgefäßen) durch die Saponine des Extraktes (Aescin – Gemisch aus etwa 30 Saponinen im Rosskastanienextrakt) können derartige Venenerkrankungen effektiv behandelt werden.

Bei den Saponinen handelt es sich um (überwiegend) pflanzliche Glykoside, welche aus einem Kohlenhydrat (z.B. Glucose) und einem Sapogenin (Triterpen oder Steroid) aufgebaut sind. Vielfach findet sich daher die Bezeichnung Triterpen- oder Steroid-Saponine.

Die in den Rosskastanienextrakten vorliegenden Triterpene stellen pentacyclische Verbindungen mit sechsgliedrigen Ringsystemen dar und bilden damit ein C₃₀-Grundgerüst aus. Die hierbei anellierten Ringe können durch die Buchstabenfolge A, B, C, D und E gekennzeichnet werden (hier nicht dargestellt). Nachfolgend ist das beschriebene Grundgerüst (mit Beispielen von Saponinen aus den Rosskastaniensamen) abgebildet.



Triterpen-Saponine

Saponin-Beispiele:

alle Reste R = H, außer

R⁵ = OH Protoaescigenin

oder

Weitere Inhaltstoffe in den Samen sind Stärke (50-60%), Proteine (7-11%), reduzierende Kohlenhydrate (etwa 6%), fette Öle (2-7%) sowie Mineralstoffe.

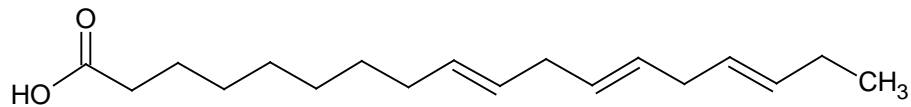
Bei der hier durchgeführten Kalt-Extraktion wird das zu extrahierende (Trocken)-Material sehr fein gemahlen (Nussmehl) und mit einem geeigneten Lösungsmittel versetzt. Während der Einwirkzeit (ohne zu erhitzen) werden die (Wirk-)Stoffe aus dem Mehl herausgelöst und gehen ins Lösungsmittel über, welches im Folgenden filtriert wird. Durch Abdampfen des Lösungsmittels erhält man das gewünschte Extrakt. Der Vorgang wird auch als Ansetzen bezeichnet.

Im hier durchgeführten Versuch wurde das Lösungsmittel nur einmal – für etwa 2 Stunden – zugesetzt. Um eine höhere Ausbeute zu erlangen, hätte dieser Vorgang mehrfach wiederholt werden können, d.h. nach der Einwirkzeit hätte das Lösungsmittel abfiltriert werden und dem Ansatz neues, ungebrauchtes Lösungsmittel zugeführt werden können. Nach mehrmaliger Wiederholung dieses Vorgangs hätten somit mehrere Filtrate (Auszüge) zur Verfügung gestanden, die nach erfolgter Abdampfung des Lösungsmittels hätten vereint werden können. Eine längere Einwirkzeit des Lösungsmittels (etwa über Nacht) hätte die Ausbeute sicherlich auch erhöht.

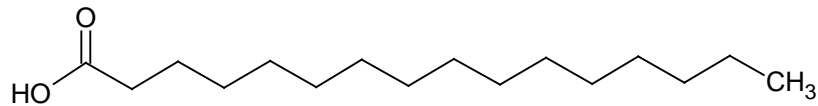
Eine abschließende Abdampfung des Lösungsmittels mit einem Rotationsverdampfer hätte die Effizienz der Methode durch einen geringeren Zeitbedarf in der Durchführung gesteigert.

Durch das verwendete lipophile Lösungsmittel Heptan konnte das Öl der Rosskastaniensamen effizient extrahiert werden. Die hier hauptsächlich vorzufindenden Fettsäuren sind die Linolensäure, Palmitinsäure sowie die Stearinsäure².

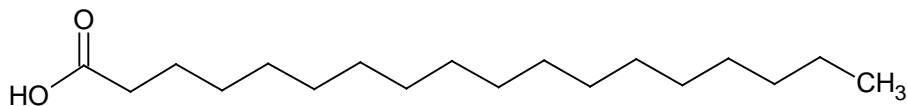
² Bzgl. des Themas Fette bzw. Fettsäuren vgl. auch Protokoll „Isolierung von Trimyristin“ und „Verseifung eines Fettes“.



Linolensäure



Palmitinsäure



Stearinsäure

Methodisch-didaktische Analyse

In diesem Versuch kann ein typisches chemisches Verfahren mit Anwendungspotenzial in der Lebensmittel- und Medikamentenherstellung demonstriert werden. Durch den beschriebenen Bedeutungswandel, den die Produkte aus Rosskastanienfrüchten in den letzten Jahrzehnten erlangt haben, bietet sich eine umfassende thematische Behandlung im Chemie-, aber auch im Biologieunterricht an. Da die Kalt-Extraktion v.a. im Rahmen der Lebensmittelherstellung von Bedeutung ist, so z.B. der Herstellung von Olivenöl, wird den Schülern ein Versuch mit hohem Alltagsbezug und dem Potenzial, Interesse zu wecken, präsentiert.

Die lehrplanorientierte Einordnung fokussiert somit auf die Behandlung von Naturstoffen und Lebensmitteln in der Jahrgangsstufe 11 (Grund- und Leistungskurs). In diesem Zusammenhang relevant erscheinen mir die Themenfelder Fette, Bedeutung in der Lebensmittelindustrie und, in diesem speziellen Zusammenhang, auch der Medizin. Durch die in den Rosskastanien vorkommenden Saponine ist ebenfalls eine thematische Behandlung der Seifen denkbar. Vorkenntnisse der grundlegenden Stoffgruppen in der organischen Chemie sowie deren Eigenschaften sollten bei den Schülern für eine sinnvolle chemische Betrachtungsweise des Versuches jedoch vorhanden sein. Ohne einen organisierten Zusammenhang zu chemischen Sachverhalten seitens der Lehrperson kann der Versuch ansonsten schnell zu einem „Küchenrezept“ abgewertet werden.

Der Versuch erfordert im beschriebenen Ablauf einen zeitlich relativ hohen Aufwand. Die Vorbereitung dauert etwa zehn Minuten, ebenso die Nachbereitung. Die Durchführung dauerte aufgrund der sehr langen Wartezeit beim Abdampfen des Lösungsmittels über zwei Stunden. Im Falle einer Durchführung im schulischen Unterricht bietet sich daher eine Aufteilung auf zwei Einzelstunden an, sodass die Abdampfung beispielsweise über Nacht erfolgen kann. Parallel hierzu bietet sich aufgrund des geringen Aufwandes in der Durchführung (jedoch hohen zeitlichen Aufwandes) die Durchführung weiterer Versuche aus dem Themenfeld an.

Nachvollziehbarerweise ist dieser Versuch auch als Schülerversuch geeignet, zumal das verwendete Lösungsmittel Heptan auch von Schülern verwendet werden darf. Heptan sollte zudem an jeder Schule vorhanden sein.

Der gesamte Versuchsablauf der Vorlage ist auf eine Durchführung in der Schule angepasst, sodass etwa eine Lösungsmittelverdampfung nicht im Rotationsverdampfer, sondern im heißen Wasserbad erfolgt. Dadurch verlängert sich jedoch natürlich auch die Wartezeit während des Versuches. Bei Möglichkeit und Bedarf kann die Abdampfung natürlich auch im Rotationsverdampfer erfolgen.

Ein bedeutendes Problem stellt die Zugänglichkeit zu Rosskastaniensamen zu bestimmten Jahreszeiten dar. So wurde dieser Versuch im Winter durchgeführt – nur durch langes Suchen konnte ich unter geeigneten Bäumen noch ausreichend Samen finden. Die ideale Jahreszeit für diesen Versuch stellt somit der Herbst dar, in dem die Rosskastanien als Kapsel Früchte des Baumes reifen. Rosskastanien werden auch häufig in Bastelläden angeboten, scheinen sich jedoch für den Versuch nur bedingt zu eignen, da eine vollkommene Austrocknung dieser Früchte eine Extraktion erschweren könnte.

Um für den Schulversuch geeigneter Mengen an Rosskastanienöl zu erlangen, bietet sich die Verwendung einer größeren Menge an Nussmehl bzw. (wie beschrieben) eine mehrfache Wiederholung des Extraktionsvorganges mit erneuertem Lösungsmittel an.

Literatur

McMurry J: Organic Chemistry; 4. Auflage 1996, Brooks/Cole Publishing Company, Pacific Grove, CA, USA

Taiz L, Zeiger E: Physiologie der Pflanzen; 2000, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin

Idee aus:

Weber P, Martens A, Ducci M: „Die Chemie der Kastanie – Experimente mit Rosskastaniensamen“; in: CHEMKON, 14/2, 2007, S. 67 ff (Versuch 11)

Weitere Quellen:

Hessisches Gefahrstoffinformationssystem Schule; <http://www.hessgiss.de/>; Version 2006/07

Hessischer Lehrplan Chemie G8; unter <http://www.kultusministerium.hessen.de/>; Zugriff am 27.01.09

<http://www.schwabe.de/schwabe/Arzneipflanzen/Rosskastanie/Nutzung.php>; Zugriff am 20.2.09

http://www.vetpharm.uzh.ch/wir/00000804/7152__F.htm; Zugriff am 27.01.09