

# EXAMENSARBETE

*Läsåret 08/09*

*Läroutbildningen vid Högskolan Kristianstad  
Naturvetarprogrammet vid Lunds Universitet*

## **Konstruktion av en laboration i vätskekromatografi för gymnasieskolan, och genomförande av laborationen i en klass.**

**Författare**  
Ida Olsson

**Handledare**  
Olle Eskilsson, Högskolan Kristianstad  
Margareta Sandahl, Lunds Universitet



Abstract

**Construction of a laboratory lesson for upper secondary school in the area of Liquid Chromatography, including carrying through the laboratory lesson in a class**

Laboratory lessons constitute an important part of science education. There are different sorts of laboratory lessons. In some laboratory lessons the students themselves are active, and in others the teacher demonstrates an experiment for the students. Some laborative work can be defined by the teacher while other can give the students an opportunity to plan an investigation themselves.

A new laboratory lesson, on the area of Liquid Chromatography, for upper secondary school has been made. In the laboratory lesson chocolate is analysed regarding the content of caffeine and theobromine. The laboratory lesson has been carried out in a class, to see what the students know about solubility, dilution, chromatography and analytical procedure after they have gone through the laboratory lesson. To get information about the students knowledge a questionnaire study was done. Teachers also have been interviewed, for their opinion about laboratory lessons as a part of science education.

All students showed some knowledge about solubility, and most students also had knowledge about chromatography even if they described different aspects of it. Dilutions was not a problem for most of the students. Many students also showed an understanding of the analytical procedure. For the teachers interviewed laborative work was an important part of science education.

**Key words:** Liquid chromatography, laboratory lesson, upper secondary school, chocolate, theobromine, caffeine, questionnaire study, and interviews.

Advisor: **Margareta Sandahl**, Lund University

**Olle Eskilsson**, Kristianstad University

Degree project 30 credits in Chemistry/Educational Science 2008/2009

Department of Chemistry, Lund University

School of Teacher Education, Kristianstad University



Populärvetenskaplig sammanfattning  
**Analys av choklad som laboration i gymnasieskolan**

Laborationer blev en del av undervisningen i naturvetenskap under första delen av 1900-talet och är numera en viktig del av bland annat kemiundervisningen. En fördel med laborationer jämfört med katederundervisning är att eleverna själva är aktiva. Laborationer kan vara ett bra komplement till teorin eftersom eleverna får se lärostoffet från en annan synvinkel. Under laborationerna arbetar eleverna ofta tillsammans, vilket även det kan bidra till att öka lärandet.

Det är dock ingen självklarhet att laborationer automatiskt bidrar till att öka lärandet. För att en laboration ska underlätta lärandet krävs en tydlig koppling mellan praktik och teori, och att uppgifterna engagerar eleverna.

Laborationer kan vara av olika karaktär. En del kan vara starkt lärarstyrda, medan andra kan vara mer fritt utformade och av undersökande karaktär. Demonstrationer kan också förekomma. Skillnaden mellan två laborationer kan också bestå i att resultatet behandlas olika. Ibland kan det räcka med en diskussion i klassen, medan det i andra fall kan behövas att eleverna skriver en fullständig laborationsrapport. Ingen laborationsform behöver vara bättre än någon annan, det viktiga är att laborationsformerna varierar.

Alkaloider är en stor grupp av föreningar, som ofta har en stark påverkan på kroppen. De har därför länge använts som läkemedel och som droger. Två exempel på alkaloider är teobromin och koffein. Teobromin finns i kakaoböner, vilka även innehåller en mindre mängd koffein.

En laboration för gymnasieelever där halterna av teobromin och koffein i choklad bestäms med hjälp av vätskekromatografi har konstruerats. Till laborationen har förutom laborationshandledning, även en lärarhandledning med instruktioner för handhavandet av analysutrustningen skrivits. Laborationen har sedan testats i en gymnasieklass för att undersöka elevernas kunskaper om löslighet, spädningar, kromatografi och analytiskt tillvägagångssätt, efter att de gjort laborationen. Alla elever uppvisade kunskaper om löslighet. De allra flesta hade också kunskaper om kromatografi, även fast de beskrev olika aspekter av det. Spädningar var för de flesta elever inte något problem, och många elever visade också förståelse för det analytiska tillvägagångssättet. Två lärare intervjuades också, angående deras syn på laborationer i undervisningen. För dem var laborationer en viktig del av undervisningen.

Handledare: **Margareta Sandahl**, Lunds Universitet  
**Olle Eskilsson**, Högskolan Kristianstad  
Examensarbete 30 hp i kemi/utbildningsvetenskap 2008/2009  
Kemiska institutionen, Lunds Universitet  
Läroarbetsgruppen, Högskolan Kristianstad



# Innehåll

1. Förord	7
2. Inledning	7
2.1. Analys av kursplanen i kemi	8
2.1.1. Program mål	9
2.2. Teoribakgrund	9
2.2.1. Purinalkaloider	9
2.2.2. Teobromin och husdjur	11
2.2.3. HPLC-analys	11
2.3. Ämnesdidaktisk forskningsbakgrund	12
2.3.1. Elevers lärande	12
2.3.2. Kritisk granskning av elevers lärande vid laborationer	13
2.3.3. Utformning av laborationer	14
2.3.4. Att skriva naturvetenskap	15
2.3.5. Klassrummets utformning	15
2.4. Problemprecisering	15
3. Metod	17
3.1. Genomförande av laborationen i en klass	17
3.2. Enkätfrågor till eleverna	18
3.3. Intervjuer av lärare	19
3.4. Förekomst av HPLC-utrustning på skolor	20
3.5. Reliabilitet och validitet	20
3.6. Etiska överväganden	20
4. Resultat	22
4.1. Genomförande av laborationen	22
4.2. Elevernas svar på enkätfrågorna	22
4.2.1. Fråga 1	22
4.2.2. Fråga 2	23
4.2.3. Fråga 3	24
4.2.4. Fråga 4	24
4.2.5. Fråga 5	25
4.3. Resultat av lärarintervjuerna	26
4.4. HPLC-utrustning på skolor	30

5. Diskussion.....	31
5.1. Utformning av laborationen.....	31
5.2. Genomförande av laborationen.....	32
5.3. Laborationen i framtida undervisning.....	33
5.4. Laborationen och elevernas lärande.....	33
5.4.1. Enkäter istället för elevintervjuer.....	33
5.4.2. Elevernas ämneskunskaper.....	35
5.4.3. Elevernas förmåga att sätta in sina kunskaper i ett sammanhang..	36
5.5. Lärarintervjuer.....	37
5.5.1. Vad eleverna kan lära sig av denna laboration.....	38
5.6. Tillgång till HPLC-utrustning.....	39
5.7. Styrkor hos laborationen.....	40
5.8. Slutsats.....	41
6. Referenser.....	42
Bilaga 1: Laborationshandledning.....	45
Bilaga 2: Lärarhandledning.....	50
Bilaga 3: Riskbedömning.....	55
Bilaga 4: Kategorisering av elevsvar.....	57



## 1. Förord

Jag vill rikta ett stort tack till elever och lärare som deltagit i undersökningen, till mina handledare Margareta och Olle, samt till Björn som hjälpt mig med foton till lärarhandledningen.

## 2. Inledning

En laboration för gymnasieelever på området vätskekromatografi, har konstruerats. I laborationen analyseras choklad avseende halterna av koffein och teobromin. Dessutom finns en del där koffeinhalten i kaffe bestäms. Till laborationen har, förutom en elevhandledning, även en lärarhandledning skrivits. Huvuddelen av lärarhandledningen är information om HPLC-teknik (se bilaga 2), och är tänkt att vara ett stöd för läraren i handhavandet av utrustningen. Efter att laborationen konstruerats har den prövats i en gymnasieklass, dock ej delen där koffeinhalten i kaffe bestäms. Att laborationen prövades i en klass gjordes för att undersöka elevernas kunskaper efter att de gjort laborationen. Dessutom undersöktes lärares syn på laborationer i undervisningen.

Idén till laborationen kommer från Harris (2003). Där beskrivs den analytiska arbetsgången från frågeställning till färdigt resultat. Som exempel används ett tillvägagångssätt för att ta reda på hur mycket koffein och teobromin det finns i choklad. Det är något som kan göras som en skollaboration, då mycket av det som ingår i kursplanen för kemi involveras.

Metoder för att analysera choklad avseende koffein- och teobromininnehåll beskrivs bland annat av Kreiser och Martin (1978), De Carmargo och Toledo (1999), och av Thomas, Yen, Schantz, Porter och Sharpless (2004). Först görs en provupparbetning där koffeinet och teobrominet i chokladen överförs till en vattenlösning. Därefter analyseras halterna av koffein och teobromin med HPLC.

Syftet med arbetet var alltså att konstruera en laboration i vätskekromatografi för gymnasieskolan, samt genomföra laborationen i en klass för att undersöka elevernas kunskaper efter att de gjort laborationen.

Syftet med själva laborationen är följande:

- Eleverna ska få tillämpa sina kunskaper om löslighet och polaritet.
- Eleverna ska få se exempel på, och få pröva på, en vanlig analysmetod.
- Eleverna ska få uppleva hur en hel analys går till, från material att analysera till färdigt resultat.

- Eleverna ska få utföra kemiska beräkningar.

Förutom intermolekylära interaktioner, analytiskt tillvägagångssätt och kromatografi som fokus ligger på i detta arbete, belyser laborationen även viktiga laborativa moment som extraktion, centrifugering och filtrering.

## **2.1. Analys av kursplanen i kemi**

Kursplanen för kemi i gymnasieskolan anger ett antal mål som undervisningen ska sträva mot. Flera av de målen är sådana som laborationen är tänkt att bidra till. Ett av målen är att eleverna (Skolverket, 2000a):

utvecklar förståelse av sambandet mellan struktur, egenskaper och funktion hos kemiska ämnen samt varför kemiska reaktioner sker

I laborationen ingår en extraktion där eleverna får tänka på att en förenings egenskaper beror av dess struktur, t ex att en polär förening löser sig i ett polärt lösningsmedel. Eleverna får också träning i att laborera, vilket bidrar till målet att eleverna (Skolverket, 2000a):

utvecklar sin förmåga att hantera kemisk laboratorieutrustning, att välja, planera och utföra experiment samt göra iakttagelser, beskriva, tolka och förklara kemiska förlopp med naturvetenskapliga modeller

Dessutom får eleverna se vad kemin kan användas till, vilket kan innefattas i det sista målet i kursplanen för kemi som är att eleven (Skolverket, 2000a):

utvecklar sin förmåga att analysera och värdera kemins roll i samhället

I kursplanen för kemi B finns, förutom målen att sträva mot, också ett antal mål som eleverna ska ha uppnått efter avslutad kurs. De mål som laborationen kan bidra till är följande (Skolverket, 2000b):

ha förvärvat självständighet och vana vid laborativt arbete samt tillägnat sig förmåga att kritiskt granska och analytiskt behandla kemiska förlopp och egna mätresultat

kunna förklara och tillämpa några vanliga analysmetoder samt kunna beskriva deras användningsområde och utveckling inom t.ex. sjukvård, miljöarbete, forskning och industri

kunna tillämpa stökiometriska samband och utföra kemiska beräkningar

ha fördjupat sina kunskaper inom några av kemins aktuella tillämpningsområden

Det andra målet kemiundervisningen ska sträva mot och det första målet att uppnå i kursplanen för kemi B är något eleverna tränar på varje gång de gör något laborativt, alltså både under denna laboration och under andra laborationer de gör. Det handlar om att eleverna ska lära sig att använda laboratorieutrustning och kunna tolka sina mätresultat, vilket innefattas bland kunskaper i naturvetenskap. Dock finns det i det målet även med kunskaper om naturvetenskap då eleverna tränas i ett naturvetenskapligt arbetssätt.

Det första målet bland målen att sträva mot, samt det andra, tredje och fjärde målet bland målen att uppnå i kemi B beskriver kunskaper i naturvetenskap. Det handlar om att eleverna ska ha tillgodogjort sig rena ämneskunskaper och kunna tillämpa de kunskaperna.

### **2.1.1. Program mål**

De flesta elever som läser kemi B går på naturvetenskapsprogrammet. Förutom att bidra till målen i kursplanen för kemi kan laborationen även bidra till några av programmålen för naturvetenskapsprogrammet. De program mål laborationen kan bidra till är att eleven (Skolverket, 2008):

kan tillämpa ett naturvetenskapligt arbetssätt utifrån problemlösningsmetodik, modelltänkande, experiment och teorikonstruktion,

har utvecklat ett intresse för naturvetenskapliga frågeställningar och kan analysera, formulera och lösa problem med hjälp av naturvetenskapliga metoder,

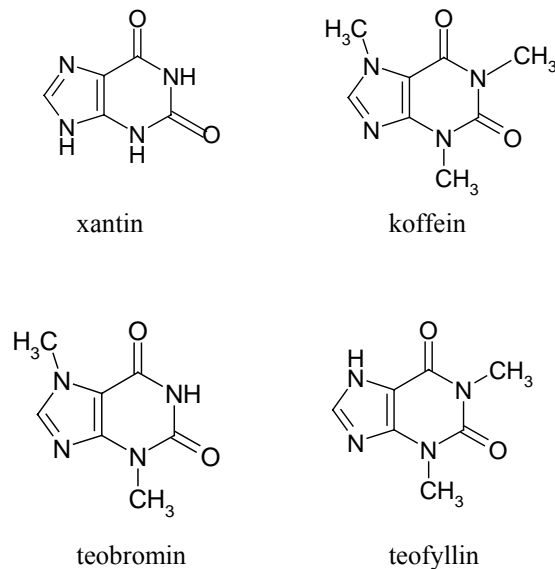
## **2.2. Teoribakgrund**

### **2.2.1. Purinalkaloider**

Koffein och teobromin är alkaloider. Alkaloider är en stor grupp av föreningar som ofta har en stark påverkan på kroppen, och därför länge har använts som läkemedel, och som droger (Dalton, 1991; Fukumoto, Honda, Ihara & Kametani, 1985). De förekommer i många växter, och det är där koncentrationen av dem är högst, men de har också påvisats hos djur. Många av alkaloiderna innehåller heterocykliska ringsystem med kväveatomer, och är svagt basiska. De flesta är i ren form färglösa kristaller, och kirala. En del alkaloider utvinns fortfarande från

växter för medicinskt bruk, medan andra på senare tid har ersatts av preparat framställda på syntetisk väg. Exempel på alkaloider, förutom koffein och teobromin, är morfin, nikotin, kokain, och efedrin (som vidgar luftvägarna) (Dalton, 1991; McMurry, 2003).

Det finns många olika grupper av alkaloider. En av dem är purinalkaloiderna (Dalton, 1991). Där ingår koffein, teobromin och teofyllin, som alla är metylerade xantiner (fig. 1) (Dalton 1991; Ege, 1999).



**Fig. 1.** Strukturformler för xantin, koffein, teobromin och teofyllin.

Purinalkaloiderna förekommer i kaffeböner, teblad, kakaoböner och kolanötter (Dalton, 1991). I kaffeböner är koffein den alkaloid som förekommer medan det i teblad finns både koffein, teobromin och teofyllin. Dock är det koffein som finns i högst koncentration. I kakaoböner är teobromin den alkaloid som förekommer i högst koncentration, men det finns även koffein. Kolanötter innehåller mest koffein, och bara lite teobromin och teofyllin.

Koffeins uppiggande effekt beror på att det stimulerar centrala nervsystemet (CNS), hjärtverksamheten och andningen (Harris, 2003; Thomas et al, 2004). Teofyllin stimulerar också centrala nervsystemet, men har även en avslappnande effekt på glatt muskulatur (Ege, 1999; Thomas et al., 2004). Teobromin har mindre påverkan på CNS jämfört med koffein och teofyllin, men har ändå en viss stimulerande effekt på CNS och även på hjärtverksamheten (Ege, 1999; Gangolli, 1997). Liksom teofyllin har även teobromin en avslappnande effekt på glatt muskulatur, och alla tre föreningarna är dessutom vätskedrivande (Thomas et. al., 2004).

### **2.2.2. Teobromin och husdjur**

Hundar och katter är extra känsliga för teobromin, och de bör därför inte äta choklad eftersom det innehåller teobromin (Giftinformationscentralen, 2008). Katter får oftast inte i sig så mycket choklad att det leder till några besvär, men hundar får lättare i sig en större mängd och riskerar då att bli förgiftade av teobrominet i chokladen. Särskild försiktighet behövs med mörk choklad då det innehåller mer teobromin än ljus choklad.

Att teobromin är giftigt för hundar, men ej för människor, beror på att teobromin stannar kvar längre tid i kroppen hos en hund jämfört med en människa (Djursjukhuset Malmö, 2009). När teobromin kommer in i kroppen hos en hund stimuleras CNS, njurarna börjar producera mer urin, pulsen höjs, och skelettmuskulaturens och hjärtmuskulaturens kontraktioner ökar (Merck & Co. Inc., 2008). I det fall hunden dör i teobrominförgiftning beror det på hjärtarytmier, förhöjd kroppstemperatur eller andningsbesvär.

### **2.2.3. HPLC-analys**

HPLC (High Performance Liquid Chromatography) omfattar all vätskekromatografiteknik där kolonner packade med stationärfaspartiklar i området 3 – 10 µm används (Harris, 2003). Vanliga HPLC-metoder är normalfas-, omvändfas-, jonbytes- och exklusionskromatografi. Det är analyternas egenskaper som styr valet av HPLC-metod. Vid normal- och omvändfaskromatografi separeras analyterna efter polaritet. Vid normalfaskromatografi är stationärfasen mer polär än mobilfasen, och vid omvändfaskromatografi (som är vanligare än normalfaskromatografi) är stationärfasen mer opolär än mobilfasen. Vid jonbyteskromatografi separeras analyterna efter laddning och vid exklusionskromatografi sker en storleksfraktionering (Harris, 2003).

HPLC är en mycket vanlig analysteknik. Förutom vid analys av choklad används den bland annat för att bestämma förekomst och halter av vitaminer, sötningsmedel, färgämnen och konserveringsmedel i livsmedel (ALS Scandinavia AB, 2009), och för att bestämma halterna av miljögifter i till exempel luft (Alsberg, T., Areskoug, H., Brodin, Y., Brorström-Lundén, E. & Hansson, K., 2005). Andra användningsområden är till exempel bestämningar av bekämpningsmedel i vatten och livsmedel, bestämningar av aktiva substanser i läkemedel som till exempel paracetamol, och aspirin (acetylsalicylsyra) samt bestämningar av proteiner, peptider och aminosyror i blodplasma (Grace Davison Discovery Science, 2007).

Vid omvändfaskromatografi, som är den teknik som används i denna laboration, utgörs retentionsmekanismen av van der Waal interaktioner, hydrofoba interaktioner, dipol-dipol interaktioner, vätebindningar och pi-pi interaktioner (Harris, 2007). Analyterna separeras

eftersom de retarderas olika mycket på den hydrofoba stationärfasen. Vid låga analytkoncentrationer beror retentionen på fördelningskonstantens storlek och på kvoten mellan volymen stationärfas och volymen mobilfas i tvåfasset (Harris, 2003). Eftersom kvoten mellan volymen stationärfas och volymen mobilfas i ett givet system är konstant beror separationen direkt på skillnaden i fördelningskonstanterna.

Vid HPLC är det en förutsättning att provet som injiceras är lösligt i den mobila fasen, och det är också viktigt att provet inte innehåller några partiklar (Harris, 2003). Därför krävs någon form av provupparbetning för att analysera halterna av teobromin och koffein i choklad. Provupparbetningen består här i att de vattenlösliga analyterna extraheras till en vattenlösning (Kreiser och Martin, 1978). Inför extraktionen ökas extraktionsytan genom finfördelning av chokladen. Choklad innehåller en del fett som först måste tas bort. Det görs genom att tillsätta petroleumeter som löser fett, men ej analyterna. Därefter kan vatten tillsättas, och analyterna extraheras över till vattenfasen. Centrifugering och filtrering utförs för att provvätskan skall bli fri från olösliga partiklar (Harris, 2003; Kreiser och Martin, 1978). För mer information se laborationshandledningen (bilaga 1) och lärarhandledningen (bilaga 2).

### **2.3. Ämnesdidaktisk forskningsbakgrund**

Laborationer blev en del av undervisningen i naturvetenskap under första delen av 1900-talet (Malina, Nakleh & Polles, 2003) och är numera en viktig del av bland annat kemiundervisningen. Elever kan lära sig mycket av att laborera, men att laborationer automatiskt underlättar elevernas lärande är inte självklart.

#### **2.3.1. Elevers lärande**

En fördel med laborationer jämfört med katederundervisning är att eleverna själva är aktiva, och många elever menar att de lär sig bättre då, när det är de själva som får göra experimenten (Eskilsson & Helldén, 2005). Laborationerna kan också vara ett bra komplement till teorin, eftersom eleverna får närma sig det de behandlat på teorilektionerna från en annan synvinkel. En annan fördel är att eleverna ofta arbetar tillsammans. Enligt Eskilsson och Helldén tränar de samarbete, men utöver det har de också möjligheten att prata med varandra om vad de gör för att på så sätt förstå bättre. Det kan dessutom vara roligt att arbeta tillsammans, och en del elever menar att det är en anledning till att de lär sig bättre. Vygotskys teori för lärande bygger på att lärande sker i samspel med andra människor (Andersson, 2001). Den lärande behöver vara tillsammans med andra människor som pratar om det den ska lära sig, använder

de ord som hör dit, och förklarar hur det ligger till för att på så sätt lära sig. När elever pratar med varandra under en laboration använder de efter hand fler och fler av de termer och begrepp som hör till området (Eskilsson, 2008). De bygger då upp sin förståelse med hjälp av varandra.

Att samtalet mellan eleverna om vad de upplever när de laborerar är viktigt beskrivs också av Sutton (1998). Språket är ett sätt att utveckla sina idéer. Efterhand som eleverna övergår från de vardagliga förklaringarna av vad de ser och börjar ta till sig de nya termerna och begreppen, har de också utvecklat sina föreställningar om vad som händer under laborationen.

Förutom att eleverna får möjlighet att prata med varandra om vad som händer under ett försök får de när de laborerar också möjligheten att se att det de läser om i läroböckerna kan tillämpas i verkligheten (Sjøberg, 2005). Det kan då göra att naturvetenskapen inte verkar så abstrakt. Laborationer kan också vara ett led i att få eleverna att förstå naturvetenskapens natur. Att det inte bara är färdiga förklaringar, utan att naturvetenskapen bygger på observationer och experimentell verksamhet, och består av modeller och teorier för att beskriva verkligheten. Eleverna får också träning i att använda mätutrustning, läsa av skalor, och sammanställa och tolka resultat, något som de kan ha nytta av även i det vardagliga livet.

### **2.3.2. Kritisk granskning av elevers lärande vid laborationer**

Att laborerande är något som automatiskt medför att eleverna lär sig bättre, är dock inte något självklart. PISA (Programme for International Student Assessment)- och TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study)-undersökningar visade inget samband mellan mängden laborationer och hur bra eleverna är på naturvetenskap (Sjøberg, 2005). De undersökningarna testar inte praktiska färdigheter, men de säger ändå något om att det inte är självklart för eleverna att koppla genomförda laborationer till teorin.

Även White (1996) pekar på att det inte är självklart att laborationer automatiskt gör så att elever tillägnar sig naturvetenskapens idéer bättre. Han menar att huvudsyftet med att involvera laborationer i undervisningen är att eleverna ska få bättre förståelse för det de lär sig, men att det inte är självklart att laborationerna ger eleverna denna större förståelse.

White är kritisk till syftet att involvera laborationer i undervisningen för att träna eleverna att samarbeta, något som det enligt White går att få träning i på andra sätt som inte kräver dyr laboratorieutrustning. Största orsaken till att elever arbetar tillsammans under laborationer är enligt White inte att eleverna ska lära sig att samarbeta, utan istället att det sparar pengar då det inte behövs lika mycket utrustning som om eleverna skulle arbeta var för sig. Dock är ändå samarbete något eleverna tränar när de arbetar tillsammans, även om det inte är det

huvudsakliga syftet. Dessutom kan det vara bra att låta eleverna arbeta i grupper eftersom de då kan resonera med varandra om det de arbetar med.

För att uppnå lärande hos eleverna behöver uppgifterna engagera eleverna (White, 1996). Det kan vara att det händer något spektakulärt som gör att eleverna särskilt kommer ihåg laborationen eller att det är något som känns särskilt relevant för eleverna. Svaret bör ej vara givet på förhand eftersom en uppgift där svaret redan är givet minskar elevernas motivation. White skriver också att eleverna inte kan utelämnas till att själva se kopplingen till teori, utan att de behöver hjälp med det. Det kan till exempel vara att läraren ställer frågor eller ger kompletterande uppgifter där eleverna tvingas tänka till.

### **2.3.3. Utformning av laborationer**

Det är inte bara White (1996) som ger råd om laborationers utformning. Millar, Tiberghien och Marechal (2002) menar att för att elever ska lära sig så mycket som möjligt av en laboration krävs att laborationen är väl genomtänkt och utformas i enlighet med vad det är tänkt att eleverna ska lära sig. Hofstein (2004) skriver att laborationer av undersökande karaktär där eleverna själva får planera experimentet, välja vad som ska undersökas, sätta upp hypoteser, och välja tillvägagångssätt, är de där eleverna lär sig mest. Det är inte en form av laborerande som gör att eleverna får bättre förståelse för just ett visst fenomen, men är ändå viktigt eftersom eleverna utvecklar sin förståelse för naturvetenskap (Millar et al, 2002). Enligt Millar et al. bör laborationerna vara anpassade för olika ändamål, så att de tränar eleverna på olika saker. Ibland kan en laboration behöva vara mycket styrd, där eleverna följer givna instruktioner. I andra fall kan det ges utrymme för mer eget experimenterande. Variationen kan förutom att eleverna kan få lägga upp undersökningarna olika mycket själva bestå av att eleverna ska behandla resultaten på olika sätt. Ibland kan det räcka med en diskussion i klassen, medan det i andra fall kan vara att eleverna skriver en fullständig laborationsrapport. Det viktiga i sammanhanget är enligt Millar et al. att ingen form dominerar för starkt, utan att laborationerna varierar.

En lärare som konstruerar en laboration har ett visst syfte i åtanke. Hur läraren lägger upp laborationen beror då på vilken syn läraren har på naturvetenskap och på lärande (Millar et al., 2002). Vad eleverna sedan gör beror på vilken syn de har på naturvetenskap och på lärande. Det kan göra att det eleverna i slutänden lär sig, är något helt annat än syftet läraren hade när den konstruerade laborationen (Millar et al., 2002; Tytler, 2002). Det är eleverna som avgör vad de vill ta till sig av det läraren försöker förmedla (Tytler, 2002). Vad läraren kan göra är bara att försöka ordna situationer där eleverna kan lära sig något. För att underlätta lärandet är



det bra med kopplingar till världen utanför skolan. Det eleverna lär sig i skolan och det de upplever i det vardagliga livet hänger då ihop, så att eleverna känner att de har nytta av det de lär sig.

#### **2.3.4. Att skriva naturvetenskap**

Rapportskrivning förekommer ofta vid laborationer, och det kan finnas flera syften med att låta eleverna skriva en rapport på vad de gjort. Det kan vara för att träna eleverna i rapportskrivning inför kommande studier, det kan vara för att eleverna ska få insikt i det vetenskapliga arbetssättet, och det kan vara ett sätt för eleverna att få tänka igenom vad de gjort under laborationen. Att en rapport ser ut som den gör, med sin indelning i inledning, metod, resultat och diskussion, började med att det växte fram ett behov av att skilja på vad någon kommit fram till och vad personen trodde (Sutton 1998). Resultat och idéer blandades i redogörelserna, och det var svårt att skilja på vad en person upptäckt och vad som bara var spekulationer. På 1900-talet blev rapporterna ännu striktare eftersom redaktörerna för tidskrifterna ville ha en enhetlig layout.

Sutton (1998) skriver att det strikta mönstret en rapport följer kan få eleverna att tro att det är när det strikta mönstret följs som det blir vetenskap. För att eleverna ska få en riktig bild av vad vetenskap är bör det därför pratas om varför en rapport ser ut som den gör och vad som är meningen med en rapport. För att eleverna ska få en riktig bild av vad vetenskap är bör det också pratas om att alla begrepp, t ex atom och massa, inte var färdiga begrepp att upptäcka. Det var den som upptäckte dem som skapade begreppen och satte namn på dem.

#### **2.3.5. Klassrummets utformning**

Hur klassrummen är utformade har betydelse för att få laborationer att öka elevernas lärande (Arzi, 1998). Att ha särskilda laborationssalar bör undvikas, då det innebär en för stor uppdelning mellan laborationer och annan undervisning. Istället bör all undervisning ske i en sal där det går bra att både ha undervisning där läraren står framme vid tavlan och berättar, att ha gruppdiskussioner, och att laborera. Arzi menar att laborationerna då inte blir något speciellt som måste utföras i särskilda salar, utan integreras i den övriga undervisningen. Kopplingen mellan teori och praktik blir då tydligare.

### **2.4. Problemprecisering**

En laboration där choklad analyseras avseende halterna av koffein och teobromin, och där kaffe analyseras avseende koffeinhalten, har konstruerats. Laborationen har sedan prövats i en gymnasieklass, dock ej delen där koffeinhalten i kaffe bestäms. Att laborationen prövades i en

klass gjordes för att undersöka elevernas ämneskunskaper efter att de gjort laborationen, och deras förmåga att sätta in kunskaperna i ett sammanhang. Dessutom undersöktes vad elevernas lärare, och en utomstående lärare, ansåg om laborationer i undervisningen och vad de trodde att eleverna kan lära sig av laborationen. Frågeställningarna när laborationen prövades i klassen, och när lärarna intervjuades var följande:

- Vilka ämneskunskaper (fakta) har eleverna efter att de gjort laborationen, angående löslighet och kromatografi?
- Vilken förmåga har eleverna, efter att de gjort laborationen, att sätta in sina kunskaper om löslighet, spädningar och analytiskt tillvägagångssätt i ett sammanhang?
- Vad anser elevernas lärare, och en utomstående lärare, om laborationer i kemiundervisningen i allmänhet?
- Vad tror elevernas lärare, och en utomstående lärare, att eleverna lär sig av denna laboration?

Slutligen har även förekomsten av HPLC-utrustning på skolor undersökts, för att se hur användbar laborationen är.

### **3. Metod**

Laborationen konstruerades med utgångspunkt i den metod för bestämning av halterna av koffein och teobromin i choklad som beskrivs av Kreiser och Martin (1978). Metoden förenklades för att vara lämplig som skollaboration. Bland annat minskades antalet fettextraktioner från två till en och extraktionstiden då teobromin och koffein extraheras till en vattenlösning kortades ner. Centrifugeringstiderna justerades för att det skulle gå så snabbt som möjligt, men så att lösningarna ändå skulle bli tillräckligt centrifugerade. Dessutom optimerades själva separationen av teobromin och koffein, avseende mobilfas och flöde, för att det skulle gå så snabbt och enkelt som möjligt att utföra på en skola. Det bestämdes också vilken spädning av provlösningen som var lämplig, och vilka koncentrationer kalibreringslösningarna skulle ha. I de fall flera lösningsmedel skulle kunna användas valdes det lösningsmedel som är minst otrevligt att hantera. En laborationshandledning med tillhörande lärarhandledning skrevs. En riskbedömning av laborationen gjordes också.

Under arbetet med att konstruera laborationen sattes även ett HPLC-system upp, där erfarenheterna senare låg till grund för skrivandet av den del av lärarhandledningen som behandlar handhavandet av utrustningen.

#### **3.1. Genomförande av laborationen i en klass**

Efter att laborationen konstruerats prövades den i en naturvetenskapsklass årskurs två, bestående av 14 elever, på en stor gymnasieskola i södra Sverige. Klassen hade precis börjat läsa kemi B och laborationen ingick där som en del av avsnittet om analytiska metoder, vilket i det här fallet var det första avsnitt som behandlades under kursen. Laborationen upptog två lektioner om vardera 80 minuter, och förutom laborationen hade eleverna även undervisning i kromatografi med sin ordinarie lärare. Under laborationen var eleverna uppdelade i tre grupper om 4-5 elever. De fick både muntlig och skriftlig information om hur de skulle gå tillväga. Laborationshandledningen eleverna fick ut liknade den laborationshandledning som ses i bilaga 1. Författaren till arbetet höll i laborationen.

Första laborationstillfället gjorde eleverna provupparbetningen. De fick då ut redan pulveriserad choklad, från vilken de extraherade över koffein och teobromin till en vattenlösning. Andra laborationstillfället analyserade eleverna extraktionslösningen med HPLC. För mer detaljerad information se laborationshandledningen i bilaga 1. Frågorna att fundera på, i laborationshandledningen, diskuterades i helklass under det andra laborationstillfället.

### 3.2. Enkätfrågor till eleverna

Vid lektionen som följde efter det andra laborationstillfället undersöktes elevernas kunskaper på så sätt att de anonymt fick svara skriftligt på en enkät med fem öppna frågor. Enkäter är fördelaktigt att använda då många personer ingår i en undersökning, eftersom de är lätta att administrera (Bryman, 2002). Det var alltså ett metodval som gjorde det möjligt att undersöka kunskaperna hos alla elever i klassen. För mer information om varför just enkäter valdes, se stycke 5.4.1. Frågorna som ställdes ses i tabell 1 nedan.

**Tabell 1.** Enkätfrågor till eleverna

---

1.	Vad innebär regeln ”lika löser lika”?
2.	Hur går kromatografi till?
3.	Du har en 5 M NaOH-lösning och vill från den bereda en lösning med koncentrationen 1 M. Hur ska du späda den 5 M lösningen för att få koncentrationen 1 M?
4.	Du har ett glas vatten och håller i en tesked olja. a) Hur kommer det att se ut i glaset? b) Varför ser det ut som det gör?
5.	Hur kan man gå tillväga för att ta reda på halten av ett ämne i någonting? Välj till exempel halten C-vitamin i en morot eller halten natriumjoner i dricksvatten.

---

Fråga 1 och 2 är frågor där elevens ämneskunskaper (fakta) efterfrågas. Frågorna 3, 4 och 5 testar elevens förmåga att sätta in sina kunskaper i ett sammanhang. På fråga 5 efterfrågas elevernas förståelse för det analytiska tillvägagångssättet.

En av eleverna svarade inte skriftligt på frågorna, utan intervjuades före och efter laborationen, och fick då liknande frågor som de andra eleverna svarade skriftligt på. Tre av frågorna var identiska med de frågor (fråga 1, 3 och 5 ovan) de andra eleverna svarade på, och två av frågorna liknade de frågor (fråga 2 och 4 ovan) de andra eleverna svarade på. Bandspelare användes vid intervjuerna.

Elevernas svar på frågorna analyserades, och utgångspunkten för analysen var att se vilken uppfattning eleverna hade om det som efterfrågades. Elevsvaren kategoriserades fråga för fråga efter vilka svar som förekom. Vid analysen behandlades resultatet från elevintervjuerna som om det hade varit en enkät. Dock användes då bara svaren på de frågor som var identiska med de frågor de andra eleverna fått (fråga 1, 3 och 5), och bara den intervju som skett efter laborationen. Vid kategoriseringen användes en av handledarna som medbedömare, och det rådde där god överensstämmelse. De kategorier elevernas svar delades in i ses i tabell 2 nedan. På fråga 1 är kategorierna hierarkiska, och det svar som visar på störst förståelse står sist. På de andra frågorna går det inte riktigt att ge svaren en tydlig hierarki. Det går dock i de

flesta fall att ange vilken av kategorierna som visar på störst förståelse och det har markerats med kursiv stil. Vid kategoriseringen kunde elevsvaren på fråga 2 och 5 placeras i mer än en kategori.

**Tabell 2.** Kategorierna som elevernas svar på de olika frågorna delades in i.

Fråga	Svarskategorier
1. Vad innebär regeln "lika löser lika"?	1 A. Liknande föreningar löser varandra.
	1 B. Substanser med samma intermolekylära interaktioner löser varandra.
	1 C. <i>Substanser med samma polaritet löser varandra.</i>
2. Hur går kromatografi till?	2 A. Svar som ej har med kromatografi att göra.
	2 B. Teknisk beskrivning.
	2 C. Beskrivning av vad som sker rent kemiskt
3. Du har en 5 M NaOH-lösning och vill från den bereda en lösning med koncentrationen 1 M. Hur ska du späda den 5 M lösningen för att få koncentrationen 1 M?	3 A. Felaktiga svar.
	3 B. <i>Späda till 5 gånger så stor volym.</i>
	3 C. <i>Blanda 1 del NaOH-lösning med 4 delar vatten.</i>
4. Du har ett glas vatten och häller i en tesked olja.	
a) Hur kommer det då att se ut i glaset?	4a A. Oljan och vattnet delar upp sig i två skikt.
	4a B. <i>Oljan lägger sig ovanpå vattnet.</i>
b) Varför ser det ut som det gör?	4b A. Olja och vatten har olika densitet.
	4b B. Oljan blandar sig ej med vattnet eftersom de har olika kemiska egenskaper.
	4b C. <i>Oljan blandar sig ej med vattnet eftersom de har olika kemiska egenskaper. Att oljan lägger sig överst beror på att olja och vatten har olika densitet.</i>
5. Hur kan man gå tillväga för att ta reda på halten av ett visst ämne i någonting? Välj till exempel halten C-vitamin i en morot eller halten natriumjoner i dricksvatten.	5 A. Möjliga metoder, förutom kromatografi.
	5 B. Använda kromatografi.
	5 C. <i>Först göra provupparbetning, och sedan kromatografi.</i>

### 3.3. Intervjuer av lärare

För att få lärares syn på laborationer intervjuades elevernas lärare, samt en utomstående lärare. Båda lärarna var kvinnliga gymnasielärare i kemi. Intervjuerna dokumenterades med bandspelare och transkriberades. Vid intervjuerna användes öppna frågor och följdfrågor ställdes vid behov. Intervjuerna var semi-strukturerade, se Bryman (2002). Det som efterfrågades vid intervjuerna var vilken roll laborationer spelar i deras undervisning, hur de gör för att hjälpa eleverna att koppla praktik till teori, och vad de tror att eleverna kan lära sig av denna laboration. Vid analysen av lärarnas svar gjordes en sammanställning av hur de svarat på de olika frågorna.

### **3.4. Förekomst av HPLC-utrustning på skolor**

För att få ett mått på laborationens användbarhet, undersöktes det hur vanligt det är med HPLC-utrustning på skolor i södra Sverige. Skolor kontaktades, antingen via telefon eller via e-post, och förfrågades huruvida de hade HPLC-utrustning. I ett fall kontaktades en elev som frågade en av lärarna på skolan om HPLC-utrustning.

### **3.5. Reliabilitet och validitet**

Reliabiliteten är ett mått på tillförlitligheten hos en undersökning (Bryman, 2002). Den anger i vilken utsträckning resultatet skulle ha blivit detsamma om undersökningen utförts vid ett annat tillfälle, och i vilken utsträckning det påverkas av slumpmässiga faktorer. Validiteten är ett mått på huruvida en undersökning mäter det den är tänkt att mäta.

Hade undersökningen utfördes i en annan klass, eller i samma klass, men vid ett annat tillfälle, är det inte säkert att resultatet skulle ha blivit detsamma. Dock handlar det om att undersöka kunskaperna hos just en viss grupp elever, vid ett specifikt tillfälle efter att eleverna gjort laborationen som ingick i deras undervisning i ett visst skede av kemi B. Reliabiliteten kan därför ändå anses vara hög. Att en av handledarna användes som medbedömare bidrar till att öka reliabiliteten vid undersökningen av just dessa elevers kunskaper vid just detta tillfälle. Till frågan om undersökningens reliabilitet hör även ifall eleverna svarade trovärdigt på frågorna eller ej. Författarens bedömning är att eleverna svarade trovärdigt.

Angående undersökningens validitet ställdes frågor på just de områden där elevernas kunskaper efterfrågades, och enkäten genomfördes i nära anslutning till laborationen. Validiteten kan därför anses vara hög.

Även vid lärarintervjuerna kan reliabiliteten och validiteten anses vara hög. Författarens bedömning är att lärarna svarade trovärdigt, och att det fanns tid för dem att tänka igenom sina svar. Frågorna som ställdes var frågor på precis det som intervjuerna var till för att ta undersöka.

### **3.6. Etiska överväganden**

Etiska överväganden har gjorts enligt *informationskravet*, *samtyckekravet*, *konfidentialitetskravet* och *nyttjandekravet* som anges av vetenskapsrådet (2002). Personerna som intervjuades och eleverna som deltog i undersökningen fick skriftlig information om undersökningen. Det framgick att det var frivilligt att delta, och att deltagandet kunde avbrytas utan att någon orsak behövde anges eller att det fick några följder. I informationen

ingick att materialet skulle behandlas konfidentiellt, och personerna hade möjlighet att ställa frågor. Vad det gäller eleverna så var laborationen en del av deras undervisning, och de kunde inte välja att avstå från den. Dock hade de kunnat välja att avstå från att svara på enkäten. Alla namn på elever och lärare är fingerade.

## 4. Resultat

Laborationshandledningen ses i bilaga 1. Till laborationen finns även en lärarhandledning (bilaga 2) och en riskbedömning (bilaga 3).

### 4.1. Genomförande av laborationen

När laborationen prövades i gymnasieklassen gick det bra, även om eleverna arbetade långsammare än förväntat. Eleverna verkade inte ha några problem med att förstå vad de skulle göra, det tog bara lång tid för dem. Det som tog lång tid vara att väga upp chokladpulvret och att få petroleumetern att indunsta. På grund av tidsbrist räknade eleverna inte ut halten teobromin och koffein i chokladen utan de beräknade bara halten av substanserna i den utspädda extraktionslösningen. Alla grupper erhöll kromatogram med en topp för teobromin och en lite mindre topp för koffein. Eleverna verkade intresserade av vad de gjorde.

### 4.2. Elevernas svar på enkätfrågorna

#### 4.2.1. Fråga 1

Elevernas olika sätt att svara på frågan vad regeln ”lika löser lika” innebär ses i tabell 3. Alla elever menar att innebörden av regeln är att liknande föreningar löser varandra medan föreningar som är olika ej löser varandra. Skillnaden mellan kategorierna är hur väl eleverna beskriver likheter mellan olika föreningar. Eleverna vars svar sorterats till kategori 1A nämner inget om vad det är för likhet mellan substanser som gör att de löser sig i varandra. Exempel:

Elev A: Lika ämnen löser varandra.

I kategori 1B säger eleverna att likheten eller olikheten mellan föreningarna består i vilka intermolekylära interaktioner substanserna har. Eleverna i kategorin nämner inte ordet intermolekylära interaktioner, men visar ändå att det är det som avses. Några elever talar om intermolekylära bindningar. Här ges ett exempel:

Elev B: Ämnen med samma intermolekylära bindning löser bra i varandra.

I kategori 1C beskriver eleverna att det är föreningarnas polaritet som avgör om de löser sig i varandra eller ej. Se exemplet nedan:



Elev C: Det betyder att ämnen som är polära löser sig i andra polära ämnen. Och att opolära löser sig i opolära ämnen.

Hälften av svaren tillhör denna kategori.

**Tabell 3.** Kategorisering av svaren på fråga 1. Den svarskategori som visar på störst förståelse är markerad med kursiv stil. 14 elever svarade på frågan.

Fråga	Svarskategorier	Antal
1. Vad innebär regeln ”lika löser lika”?	<b>1 A.</b> Liknande föreningar löser varandra.	2
	<b>1 B.</b> Substanser med samma intermolekylära interaktioner löser varandra.	5
	<i>1 C. Substanser med samma polaritet löser varandra.</i>	7

#### 4.2.2. Fråga 2

På frågan om hur kromatografi går till förekom många olika svar, vilka har delats in i de kategorier som ses i tabell 4. En del av eleverna gav en teknisk beskrivning av hur kromatografi går till. Nedan ses två exempel:

Elev D: Man mäter tiden det tar för ett ämne att passera genom en kolonn.

Elev E: Man för in ett ämne i en maskin där man får ut olika värden och där man kan läsa av skillnader mellan ämnena.

Andra elever gav en beskrivning av vad som sker rent kemiskt. Se följande två exempel:

Elev F: Man undersöker halten av ett ämne.

Elev B: Man delar upp ämnena beroende på dess bindningsegenskaper.

Fem av eleverna gav både en teknisk beskrivning och en beskrivning av vad som sker rent kemiskt. Nedan ses två exempel:

Elev G: HPLC-metod. Det ska ingå en kolonn, detektor, injektor, skrivare m.m. För att ta reda på hur mycket av ämnena som ingår.

Elev H: Du injicerar ämnet du vill analysera, ämnet trycks framåt i systemet av en pump, ämnet trycks genom en kolonn, beroende på hur snabbt ämnet går igenom kolonnen mäts och visas genom en skrivare. Hur snabbt ämnet går igenom kolonnen beror på hur pass attraherande ämnet är till kulorna i kolonnen.

Av de elever som enbart gav en beskrivning av vad som sker rent kemiskt var det ingen som beskrev vad som händer inuti kolonnen. Bland de elever som både gav en teknisk beskrivning och en beskrivning av vad som sker rent kemiskt var det två elever som gav en förklaring till vad som händer i kolonnen. Elev H gör det i exemplet ovan, och även elev I nedan:

Elev I: Ett lösningsmedel blandat med den lösningen som vi vill analysera. I kolonnen så adsorberas ämnena olika mkt vilket också ger dem olika retentionstid. Detektorn registrerar de olika värdena och skickar informationen till en printer.

**Tabell 4.** Kategorisering av svaren på fråga 2. 13 elever svarade på frågan. Ett svar kan tillhöra mer än en kategori.

Fråga	Svarskategorier	Antal
2. Hur går kromatografi till?	2 A. Svar som ej har med kromatografi att göra.	2
	2 B. Teknisk beskrivning.	8
	2 C. Beskrivning av vad som sker rent kemiskt	8

I fråga 1 och 2 efterfrågades elevernas ämneskunskaper. Fråga 3, 4 och 5 testar istället elevens förmåga att sätta in sina kunskaper i ett sammanhang.

#### 4.2.3. Fråga 3

De flesta eleverna kunde förklara hur NaOH-lösningen skulle spädas. Resultatet visas i tabell 5. En elev svarade att den 5 M lösningen skulle spädas till 5 gånger så stor volym, medan de flesta eleverna svarade att en del NaOH-lösning skulle blandas med fyra delar vatten. Båda sätten är korrekta, men visar på skillnader i sätt att resonera. Här följer ett exempel från kategori 3 C:

Elev G: Koncentrationen ska bli 1/5 av vad den var. Alltså behövs en del lösning och 4 delar vatten.

**Tabell 5.** Kategorisering av svaren på fråga 3. De svarskategorier som visar på förståelse är markerade med kursiv stil. 14 elever svarade på frågan.

Fråga	Svarskategorier	Antal
3. Du har en 5 M NaOH-lösning och vill från den bereda en lösning med koncentrationen 1 M. Hur ska du späda den 5 M lösningen för att få koncentrationen 1 M?	3 A. Felaktiga svar.	2
	3 B. <i>Späda till 5 gånger så stor volym.</i>	1
	3 C. <i>Blanda 1 del NaOH-lösning med 4 delar vatten.</i>	11

#### 4.2.4. Fråga 4

Elevernas olika sätt att svara på frågan vad som händer, och varför, då en tesked olja tillsätts till ett glas med vatten ses i tabell 6. Alla elever nämner att oljan och vattnet kommer att skikta sig. De flesta elever säger att oljan lägger sig överst medan några elever har nöjt sig

med att berätta att oljan och vattnet delar upp sig i två skikt utan att berätta vilket som lägger sig överst.

Den stora skillnaden mellan svaren är förklaringen till varför oljan lägger sig överst. Några förklarar det med att olja och vatten har olika densitet.

Elev H: Oljan har lägre densitet än vatten.

Andra säger att oljan och vattnet inte blandar sig för att de har olika kemiska egenskaper.

Elev G: Olika polaritet, löses inte i varandra.

Den sista gruppen elever tar både upp skillnaderna i kemiska och fysikaliska egenskaper så som skillnaden i polaritet och skillnaden i densitet.

Elev I: Vatten är polärt medan olja inte är det + vatten har högre densitet

**Tabell 6.** Kategorisering av svaren på fråga 4. De svarskategorier som visar på störst förståelse är markerade med kursiv stil. 13 elever svarade på frågan.

Fråga	Svarskategorier	Antal
4. Du har ett glas vatten och håller i en tesked olja.		
a) Hur kommer det då att se ut i glaset?	4a A. Oljan och vattnet delar upp sig i två skikt.	3
	4a B. <i>Oljan lägger sig ovanpå vattnet.</i>	10
b) Varför ser det ut som det gör?	4b A. Olja och vatten har olika densitet.	4
	4b B. Oljan blandar sig ej med vattnet eftersom de har olika kemiska egenskaper.	5
	4b C. <i>Oljan blandar sig ej med vattnet eftersom de har olika kemiska egenskaper. Att oljan lägger sig överst beror på att olja och vatten har olika densitet.</i>	4

#### 4.2.5. Fråga 5

På frågan om hur halten av ett visst ämne i någonting kan erhållas har många elever föreslagit att det skulle kunna gå att använda kromatografi. Elevernas olika sätt att svara sammanfattas i tabell 7. *Möjliga metoder, förutom kromatografi* är till exempel att titrera med hydroxidjoner. Ett annat exempel ges nedan:

Elev E: Man låter ämnet reagera så att man får ut det man vill i lösningen och så kan man sedan väga och jämföra med resultatet från innan.

En elev föreslog både titrering och gaskromatografi, och har då placerats i både kategori 5A och kategori 5B.

Många elever visar förståelse för det analytiska tillvägagångssättet då de beskrivit någon form av provupparbetning följt av analys. De använder inte ordet provupparbetning, men det är en sådan de beskriver. Den analysmetod dessa elever föreslår är kromatografi (kategori 5C). Två exempel ges nedan:

Elev G: Man kan bearbeta provet tills man har de ämnen man vill fria i en vätska och kör sedan provet genom en HPLC.

Elev J: För att bestämma halten C-vitamin i en morot får man först krossa moroten och sedan lösa i vatten. Sedan ta ut ett stickprov och sedan köra det i en analys t. ex. HPLC.

**Tabell 7.** Kategorisering av svaren på fråga 5. Den svarskategori som visar på störst förståelse är markerad med kursiv stil. 14 elever svarade på frågan. Ett svar kan tillhöra mer än en kategori.

Fråga	Svarskategorier	Antal
5. Hur kan man gå tillväga för att ta reda på halten av ett visst ämne i någonting? Välj till exempel halten C-vitamin i en morot eller halten natriumjoner i dricksvatten.	5 A. Möjliga metoder, förutom kromatografi.	3
	5 B. Använda kromatografi.	6
	5 C. <i>Först göra provupparbetning, och sedan kromatografi.</i>	6

I bilaga 4 ses alla elevsvar i de olika kategorierna.

### 4.3. Resultat av lärarintervjuerna

För både lärare A och lärare B, vilka båda var kvinnliga gymnasielärare i kemi, var laborationer ett viktigt inslag i undervisningen. Lärare A berättade att laborationerna hon gjorde med sina elever ofta gick ut på att lösa ett problem, till exempel att bestämma en koncentration eller att identifiera en okänd fällning genom att jämföra med kända fällningar. Hon berättade att hon tycker det är viktigt att eleverna få tänka till när de laborerar, till exempel angående vilken materiel de ska använda. En viktig uppgift för lärare A var att träna eleverna till att bli självständiga och kunna ta ansvar för sin laboration.

Det var också viktigt för lärare A att eleverna lär sig att behärska det naturvetenskapliga språket, både i sina rapporter och under laborationerna. Dessutom var det viktigt för lärare A att eleverna lär sig att laborera säkert.

Lärare A: Oftast får de lösa ett problem. Det är sällan att jag kör laborationer vilka, som är efter instruktion, utan det är, de får tänka till. Eh, vad är det för material de ska ha. Vad är det för, ja, bägare till exempel, vilken storlek ska de ha på bägaren, de får, de får tänka väldigt mycket när de ska laborera... Och jag är rätt petig med, jag är väldigt petig med att det är rätt namn på ämnen och så

får jag förklara. Är det inte rätt namn så kan man ju ta fel ämne... Jag, alltså jag upplever det själv som att jag tränar dem till att bli väldigt självständiga. Eh, att kolla på vilken burk de tar ämnena ifrån. Säkerhetsmässigt jobbar jag väldigt hårt också, så, de tänker på att fasta ämnen kan vara väldigt korrosiva fast att de inte är i lösning.

Lärare A berättade att hon utöver vanliga laborationer, även gör en del simuleringslaborationer, som finns på internet. Hon byter inte ut de vanliga laborationerna mot simuleringslaborationer, men ser simuleringslaborationerna som ett bra komplement, till exempel om någon varit borta, eller som repetition inför prov.

Lärare B berättade att hon använder laborationer för att eleverna lättare ska komma ihåg det de läser i läroboken och det som läraren berättar om.

Lärare B: De kommer ju ihåg och fäster upp sådant som står i läroboken eller som jag tar upp mycket bättre på det sättet. Det klart. Hands on liksom.

Hon menade att det går att få in mycket teori i laborationerna, och att laborationerna kan ge möjligheter att diskutera det som behandlats i teorin. För lärare B var ett av syftena att eleverna ska lära sig hantera olika laborativa moment och att de ska känna sig trygga med att laborera. Lärare B betonade även vikten av demonstrationer, som hon berättade att hon försöker göra några varje vecka.

Lärare B: Så att demonstrationer kan jag ju ge en hel del också. Där de inte gör direkt saker själv, utan jag visar... Och det tycker jag är jätteviktigt!

På frågan om lärarna såg några nackdelar med att involvera laborationer i undervisningen tog båda lärarna upp säkerhetsrisken. Lärare B menade att en nackdel är riskerna både för elever och för lärare, med att hantera vissa kemikalier. Lärare A pekade på att det finns en säkerhetsrisk om grupperna är för stora, eller om någon grupp är särskilt stökig. Lärare A berättade att det är många lärare som tar till tavelkemin när klasserna är för stökiga, men att ämnet då förlorar sin karaktär. Den främsta nackdelen, som lärare A såg det, var att schemats utseende ibland kan göra det svårt att ha laborationer. För att det ska gå att utföra en laboration krävs det att lektionen är tillräckligt lång, och att det finns en laborationssal att vara i. Dessutom är det en nackdel om elevgrupperna är för stora, eftersom det, som nämnts ovan, kan innebära en säkerhetsrisk att för många elever laborerar samtidigt. Lärare A berättade att hennes lösning på problemet med för korta lektioner är att korta ner laborationerna och ibland

bara göra delar av en laboration. Även om eleverna inte gör hela laborationen, så får de i alla fall göra en del.

Lärare A: Alltså, den främsta nackdelen det är schemamässigt om man inte har, kan lyckas få någon tillräckligt lång position att. Då tycker jag det är svårt, kan vara svårt att hinna med något experimentellt. Men då brukar jag, för jag tycker experiment är så pass viktiga, så brukar jag köra korta försök.

Dessutom brukar lärare A, om lektionen för laborationen är kort, förbereda eleverna för laborationen lektionen innan så att de är väl förberedda när det väl är laboration. Även lärare B berättade att hon ibland förenklar laborationer, till exempel genom att bara göra en del av en laboration.

När det gäller tillfällena då laborationer inte är något bra undervisningssätt att använda sig av nämner båda lärarna stökiometrin. Där menar båda lärarna att det området behöver behandlas teoretiskt, och att eleverna då behöver sitta och räkna. Dock menar lärare A att även om stökiometrin behöver behandlas teoretiskt, så kan den vara kopplad till en laboration.

Lärare A berättar att det hon ser som sin viktigaste roll under laborationerna är att se till så att det är säkert. Under laborationerna svarar hon på frågor som eleverna har och stöttar eleverna, men håller sig ändå i bakgrunden och låter eleverna lösa uppgiften med hjälp av varandra.

Lärare B försöker också att hålla sig i bakgrunden när eleverna laborerar. Hon pekar på att det är viktigt att eleverna inser att de själv har ett ansvar när de laborerar. Till exempel att läsa laborationshandledningen. Eleverna måste få lära sig av sina misstag. Hon ser det som sin uppgift att informera eleverna om riskerna med en laboration, att få eleverna att koncentrera sig på uppgiften, och se till att de får med sig det viktiga från laborationen. Hon berättar att hon ibland kan sätta upp försöksuppställningen till en grupp, för att visa klassen hur det ska se ut, men att hon då försöker tänka på att gå till olika grupper olika laborationer.

Lärare B: Man vet vad som kan vara riskfyllt och sådant men man låter de göra sina misstag och lära sig utav det, liksom... jag försöker nog vara i bakgrunden. Men att just kan det hända då att jag sätter upp någons [försöksuppställning], så. Visar baksug till exempel eller någonting sådant.

Enligt lärare B är det svårt att få eleverna att koppla praktik till teori, och för att eleverna ska göra kopplingen krävs det att läraren är övertydlig. För att eleverna ska koppla de laborativa

momenten till teorin berättade lärare B att hon brukar ha laborationen samma vecka som de behandlar området teoretiskt, och att hon brukar göra demonstrationer under teorilektionerna. Hon brukar också försöka göra så att eleverna stöter på det de förväntas lära sig flera gånger, så som vid genomgångar, i boken, vid demonstrationer och vid laborationer. Även lärare A berättade att det inte alltid är så lätt för eleverna att koppla praktik till teori. Hon menade att tankar mognar, och att det tar tid. För att hjälpa eleverna att göra kopplingen brukar hon liksom lärare B ha momenten parallellt. Hon berättade att hon väver in det praktiska med det teoretiska i undervisningen. Till exempel berättade hon att när eleverna ska bearbeta formeln  $m=Mn$ , så brukar hon ta med aluminium i olika former, folie, trådar och block, och så får eleverna väga aluminiumbitarna och räkna ut hur många mol aluminium det är. Eleverna får räkna övningsuppgifter också, men genom att börja med det praktiska och blanda det med teori tror lärare A att eleverna får en större förståelse för teorin.

När det gäller denna laboration, bestämning av halterna teobromin och koffein i choklad, tyckte båda lärarna att laborationshandledningen innehåller mycket text. Lärare B trodde att det skulle vara för mycket text för eleverna, och menade att laborationen var upplagd som en universitetslaboration. Hon menade att eleverna skulle behöva mycket stöd vid laborationen. Hon ansåg att laborationen skulle kunna vara ett projektarbete eller en del av en breddningskurs. Dock var hon positiv till att det är choklad som analyseras, och menade att det nog gör eleverna intresserade. Hon trodde att eleverna kan lära sig hur de arbetar på ett laboratorium.

Lärare A berättade att hon inte ger långa skriftliga instruktioner i kemi A, utan det gör hon först i kemi B. Hon menade att det ofta är lättare för elever att följa muntliga instruktioner än skriftliga.

Lärare A: Det är lättare för dem att följa muntliga instruktioner. Och jag tycker de är jätteduktiga att komma ihåg vad jag har sagt. De är så fokuserade på vad de ska göra så de, tar till sig den informationen. Det är sällan man får omfrågor, alltså att de inte förstått vad de ska göra.

Enligt lärare A är det svårt för eleverna att förstå sig på kromatografi om de inte laborerar på det. Hon menade att eleverna då inte ser kopplingen mellan provet som injiceras och kromatogrammet, men att de gör det när de får laborera.

Lärare A: ... det blir ju någon teoretisk obegriplighet för dem... de ser inte kopplingen mellan diagrammet och det som man sprutar in i provet. Och det gör de här, de får en bild av det.

Enligt lärare A har eleverna förstått att topparna de fått är från teobromin och koffein, men hon är inte säker på att de förstått vilken topp som är vilken, eller vad som egentligen händer inne i kolonnen. Hon menade att de förstått att materialet inne i kolonnen stannar upp föreningarna men att alla inte riktigt förstått varför. Eleverna har, enligt lärare A, förstått att lika löser lika, men även om de vet vad vätebindningar är så kan de inte riktigt koppla samman det med vad som händer i kolonnen. I elevernas ögon är teobromin och koffein konstiga strukturer, och vilken polaritet de har kan vara svårt för eleverna att avgöra. Det är svårt att se att de har dipolkaraktär när de inte har några hydroxidgrupper. En del elever kan se dipolkaraktären, men långt ifrån alla.

Lärare A: ... de vet vad vätebindningar är, men de här molekylerna hade ju inga klara OH-grupper... den här hade ju O... dipolkaraktären har den. Och det är ju de som fixar det, men det är ju många som inte gör det.

#### 4.4. HPLC-utrustning på skolor

Av de tio tillfrågade skolorna hade två skolor HPLC-utrustning. En av skolorna använde utrustningen i undervisningen. Den andra skolan hade fått utrustningen så nyligen att den inte hade börjat användas än. Resultatet sammanfattas i tabell 8.

**Tabell 8.** Antal skolor som har, eller inte har HPLC.

Totalt antal skolor	Antal skolor utan HPLC	Antal skolor med HPLC	Antal skolor som använder HPLC
10	8	2	1



## 5. Diskussion

Det kan tyckas märkligt att utgå från en metod från 1978. Det har gått lång tid sedan dess och nya metoder kan ha utvecklats. Dock var det så att den gamla metoden visade sig stå sig väl än idag, åtminstone för en skollaboration. Förbättringar av metoden finns beskrivna (De Carmago et al., 1999; Thomas et al., 2004), men de skiljer sig inte så mycket från den gamla metoden. I de nyare metoderna används acetonitril istället för metanol, men då acetonitril är mindre trevligt att hantera jämfört med metanol, lämpar sig metanol bättre för en skollaboration.

### 5.1. Utformning av laborationen

Under arbetet med att utforma laborationen eftersträvades enkelhet och att momenten inte skulle vara alltför tidskrävande. Att eleverna får göra de olika momenten och se hur det går till att göra en analys med HPLC är viktigare än själva resultatet. Ändå blev det en avancerad laboration för en gymnasieklass.

Centrifugeringstiderna kan inte minskas för då blir inte proverna tillräckligt väl centrifugerade. En möjlighet, för att skynda på provupparbetningen hade kunnat vara att undersöka om extraktionstiden, då teobromin och koffein extraheras från chokladen till en vattenlösning, kan kortas ner ytterligare. Kreiser och Martin (1978) föreslår en extraktionstid på 25 minuter. De hade testat extraktionstider från 15 minuter och upp till en timme, utan att erhålla någon skillnad i uppmätt mängd teobromin och koffein, och föreslog därför en extraktionstid på 25 minuter. Eftersom undersökningen gjord av Kreiser och Martin (1978) inte pekar på någon skillnad i uppmätt mängd teobromin och koffein vid 15 minuters extraktionstid jämfört med 25 minuters extraktionstid, valdes en extraktionstid på 15 minuter för laborationen, för att spara tid vid provupparbetningen. I efterhand hade det varit värt att undersöka om denna tid hade kunnat kortas ner ytterligare.

Det som tog lång tid för eleverna var främst att väga upp chokladpulvret, och att få petroleumern att indunsta. Att få proceduren med att väga upp chokladpulvret att gå snabbare är svårt, då det är mer laborationsvana som krävs för att det ska gå fortare. Att det tog lång tid för att få petroleumern att indunsta berodde antagligen främst på att det var petroleumeter 60°-80° C som användes. Vid utformandet av laborationen användes petroleumeter 40°-60° C. På skolan fanns dock bara petroleumeter 60°-80° C. Vilken petroleumeter som används bör inte spela någon större roll för extraktionen av fett i chokladen. Däremot indunstar petroleumeter 40°-60° C snabbare då den har lägre kokpunkt,

vilket gör den till ett bättre alternativ, då det i skolan är av stor betydelse att momenten inte tar för lång tid.

Vid separationen används isokratisk eluering. Teobromintoppen kommer efter drygt två minuter, och koffeintoppen kommer efter knappt sju minuter. Det hade varit bra om koffeintoppen kommit tidigare. Kanske hade det kunnat åstadkommas genom gradienteluering, där andelen metanol i mobilfasen ökas under separationens gång. För gradienteluering krävs dock en pump som kan blanda mobilfas till en viss sammansättning istället för att mobilfasen blandas manuellt, och som kan ändra mobilfasens sammansättning under separationens gång. Då HPLC-utrustning inte är så vanligt på skolor borde förekomsten av en sådan pump vara ännu lägre. För att laborationen ska vara användbar är därför isokratisk eluering bättre. Dessutom kräver gradienteluering en ekvibreringstid mellan analyserna, och då är tidsvinsten ändå borta. En kortare kolonn med mindre partiklar skulle kunna korta ner analys tiden, men en sådan kolonn fanns inte tillgänglig vid utformningen av laborationen.

## **5.2. Genomförande av laborationen**

På grund av att det inte fanns så många värmeplattor med magnetomrörning arbetade eleverna i stora grupper om 4-5 elever. Möjligen kan det ha gjort att det blev svårt att arbeta effektivt. Dock var det en fördel att det inte var så många grupper då det gjorde att det gick snabbt att analysera elevernas prover med HPLC och mer tid kunde läggas på att visa dem instrumentet och att diskutera laborationen.

När extraktionslösningen späddes före analysen användes mätglas. Egentligen ska mätkolv användas vid kvantitativ analys, men då eleverna inte var vana vid att använda mätkolvar skulle det ha tagit för lång tid. Det var dock något som togs upp med eleverna efter laborationen, genom att jämföra den noggrannhet som stod angiven på en mätkolv och på ett mätglas som tagits med till lektionen.

Att eleverna arbetade långsammare än förväntat var inte så konstigt. De hade precis börjat med kemi B, och hade inte haft möjlighet att få så mycket laborationsvana. Kanske hade laborationen varit mer lämplig i slutet av kursen, när eleverna gjort lite fler mer omfattande laborationer. När jag började utveckla laborationen hade jag bara varit ute på en enda VFU-period, och hade inte så mycket erfarenhet av hur mycket elever som precis har börjat med kemi B kan och hur de arbetar. Kanske bidrog även det till att det blev en avancerad laboration.

### **5.3. Laborationen i framtida undervisning**

Om jag haft den här laborationen i någon av mina egna framtida klasser skulle jag ha lagt fler lektioner på den. Nu när jag lånade en klass ville jag inte uppta mer än två lektioner för laborationer, och jag trodde inte heller att det skulle behövas fler lektioner. För att det skulle gå snabbt hade jag redan malt chokladen så att eleverna fick ut mald choklad.

Eleverna hade kunnat få finfördela chokladen själva, vilket kanske skulle vara ännu bättre ur pedagogiskt syfte, och så hade provupparbetningen kunnat fördelas på två lektioner. Exempelvis hade provupparbetningen kunnat avbrytas när fettet extraherats bort från chokladen och den fettfria chokladen hade kunnat sparas till nästa lektion. HPLC-analysen hade kunnat göras under en lektion, och sedan hade en lektion kunnat läggas på att bearbeta resultaten, och beräkna halterna av teobromin och koffein i chokladen. Laborationen tar då mycket tid i anspråk, men å andra sidan får eleverna göra den i lugn och ro. Det är inte fel att lägga mycket tid på laborationen då den kan kopplas till flera av målen i kursplanen för kemi.

### **5.4. Laborationen och elevernas lärande**

Laborationen är mycket styrd, och det finns inte mycket utrymme för eleverna att ta egna beslut. Ibland kan en laboration behöva vara styrd (Millar et al., 2002), alltså att vad som ska göras är förutbestämt antingen av läraren eller av laborationshandledningen, och det inte finns mycket utrymme för eget experimenterande. Laborationen som konstruerats här är ett sådant exempel. Eleverna kan inte på egen hand komma fram till hur provupparbetningen ska göras. De kan inte heller själva komma fram till vilken mobilfas som ska användas eller hur mycket extraktionslösningen ska spädas. Där behöver man prova sig fram, vilket tar en del tid och kräver en del förkunskaper. Däremot kan eleverna själva få fundera ut hur de ska gå tillväga för att till exempel späda till 1/5 av den ursprungliga koncentrationen. Millar et al. (2002) menar att det viktiga är att laborationer varierar. En del laborationer kan vara fritt utformade medan andra kan vara mer styrda. Detta är en styrd laboration eftersom det behövs i det här fallet, men då kan andra laborationer eleverna gör vara friare.

#### **5.4.1. Enkäter istället för elevintervjuer**

Från början var det tänkt att elevintervjuer skulle göras istället för enkäter, och att förändringen av elevernas kunskaper när de gör laborationen var det som skulle undersökas. Det var tänkt att fem elever skulle intervjuas före och efter laborationen. Vilka elever som skulle intervjuas skulle bestämmas genom lottning bland de elever som kunde tänka sig att intervjuas. Eleverna skulle under intervjuerna få kunskapsfrågor på området, både direkta

faktafrågor och frågor som mer kräver att eleverna använder det de kan, för att undersöka om, och vad de lärde sig under laborationen.

Intervjuer är bra att använda eftersom de är flexibla (Bryman, 2002). Det går att ställa följdfrågor, och om någon inte riktigt förstår frågan kan den omformuleras så att personen förstår vad det frågas efter. Tyvärr var det bara en elev som kunde tänka sig att ställa upp på intervju. Varför eleverna inte ställde upp på intervju är osäkert, men kanske kan det bero på att de inte ville bli inspelade på band. Eftersom bara en elev ställde upp på intervju gjordes enkäter istället. Det var det ingen som opponerade sig emot, och det gjorde det dessutom möjligt att undersöka kunskaperna hos alla elever i klassen, då enkäter är enklare att administrera (Bryman, 2002). Den elev som ställde upp på intervju intervjuades. Tanken var att kanske kunna jämföra resultatet från intervjun med resultatet från enkäterna. I efterhand sågs det dock inte som en bra lösning, och resultatet från intervjun efter laborationen behandlades därför som om det varit en enkät. Resultatet från intervjun före laborationen användes ej.

Att intervjufrågorna och enkätfrågorna skiljde sig åt beror på att enkätfrågorna var förtydligade versioner av intervjufrågorna. När enkäter används är det särskilt viktigt att frågorna som ställs är tydliga eftersom det inte finns någon intervjuare som kan förtydliga dem (Bryman, 2002).

Då elevernas kunskaper enbart undersöktes efter att de gjort laborationen säger resultatet ingenting om vad eleverna lärt sig under laborationen. De kan ha lärt sig det på något annat sätt, till exempel under lektionerna med sin ordinarie lärare. För att kunna undersöka hur elevernas kunskaper förändrades när de gjorde laborationen hade eleverna behövt svara på en enkät före, och en enkät efter laborationen. Det fanns det dock inte möjlighet till. Alternativet hade kunnat vara att låta en annan klass, som inte gjorde laborationen, svara på frågorna. Svårigheten där hade då varit att hitta en klass som haft samma undervisning i kromatografi, men utan laborationen. En sådan klass fanns inte tillgänglig, och det hade också krävt mer tid, vilket inte fanns.

Det är trots allt intressant att se vilka kunskaper eleverna har efter att de gjort laborationen, oavsett var eller hur de tillägnat sig dem. Även om eleverna hade intervjuats som planerat hade resultatet ändå inte kunnat säga något om vad elever generellt lär sig av laborationen. För det ändamålet hade undersökningen behövt göras i fler klasser.

#### 5.4.2. Elevernas ämneskunskaper

Eleverna hade bra ämneskunskaper. Alla visste vad lika löser lika innebär, även om de hade lite olika förklaringar till vad likheten består i. Enligt Sutton (1998) är språket ett sätt att utveckla sina idéer. När elever tar till sig nya begrepp utvecklar de sina föreställningar och sin förståelse. I elevernas svar på fråga 1, som finns sammanställt i tabell 3, ses en sådan utveckling. Några elever förklarar bara regeln *lika löser lika* med att föreningar som liknar varandra löser sig i varandra. Andra elever har kommit lite längre i sin förståelse i och med att de anger de intermolekylära interaktionerna som avgörande för om två föreningar kan lösas i varandra eller ej. En del av eleverna i den gruppen har tagit till sig begreppet intermolekylär bindning. Hälften av eleverna har kommit ännu längre i att ta till sig de nya begreppen och utveckla sin förståelse, då de anger polariteten som det avgörande för om substanserna är lösliga i varandra eller ej.

De flesta elever hade också någon förklaring till hur kromatografi går till (se tabell 4). En del gav en teknisk beskrivning, medan andra gav en beskrivning av vad som sker rent kemiskt. Ytterligare en grupp elever gav både en teknisk förklaring och en beskrivning av vad som sker rent kemiskt. Att svaren skiljer sig åt beror dels på att det var öppna frågor som ställdes, men också på att kromatografi är ett brett område där eleverna kan välja att ta till sig olika delar. Antingen det tekniska, det kemiska, vad det används till, eller en blandning. Att både se den tekniska sidan av kromatografi, och vad det är som görs rent kemiskt, tyder på en helhetsbild. Visserligen skulle eleverna kunna lära sig ännu mer, men det är ändå en bra början.

Det var bara två elever som nämnde något om vad som egentligen sker inuti kolonnen, och de elever som gjorde det visade inte någon djup förståelse. Att helt förstå vad som händer i kolonnen är inte något som kan krävas av eleverna. Dock anger kursplanen för kemi B att eleverna ska (Skolverket, 2000b) ”kunna förklara och tillämpa några vanliga analysmetoder”. Alltså kan de ändå förväntas ta till sig en enkel bild av vad som händer i kolonnen efter att avsnittet om kromatografi behandlats. En sådan enkel bild skulle kunna vara att molekyler separeras när de passerar genom kolonnen eftersom de attraheras olika starkt till den stationära respektive mobila fasen. Att endast två elever skriver något om vad som händer inuti kolonnen kan vara ett exempel på att elever inte automatiskt kopplar praktik till teori, som Sjøberg (2005) och White (1996) skriver. För att få eleverna att förstå vad som händer krävs därför att läraren tar upp det till diskussion och uppmuntrar eleverna att tänka till. När laborationen genomfördes i klassen fanns det inte tid för någon mer omfattande sådan diskussion, men däremot var ju laborationen bara en del av elevernas undervisning. Kanske

hade fler elever tagit till sig vad som händer i kolonnen efter att hela kromatografiavsnittet behandlats och det pratats mer om det här.

#### **5.4.3. Elevernas förmåga att sätta in sina kunskaper i ett sammanhang**

Eleverna hade också en bra förmåga att sätta in sina kunskaper i ett sammanhang. Spädningen var inget problem, de allra flesta kunde förklara hur natriumhydroxidlösningen skulle spädas. Här hade det varit intressant att jämföra med vad eleverna kunde innan laborationen. Under laborationen betonades just att för att späda till 1/5 av den ursprungliga koncentrationen blandas 1 del lösning med 4 delar vatten. Detta var också vad de flesta eleverna svarade, men om de lärde sig det under laborationen eller om de kunde det sedan innan går det inte att säga något om.

Frågan om olja i vatten testade elevernas förmåga att sätta in kunskaper om löslighet i ett sammanhang. Att oljan lägger sig ovanpå vattnet beror både på att oljan har lägre densitet än vatten, och på att oljan och vattnet inte blandar sig eftersom olja är opolärt medan vatten är polärt. De elever som bara förklarar att oljan flyter ovanpå vattnet med att oljan har lägre densitet, förklarar situationen utan att använda sina kunskaper om löslighet. Det är för dem inte självklart att koppla samman det de kan om löslighet med vad som sker när olja tillsätts till ett glas med vatten. Att det inte är självklart för eleverna att använda det de kan om löslighet för att förklara situationen, även fast de nyligen gjort en laboration där löslighet har en central roll, kan även det vara ett exempel på att kopplingen mellan teori och praktik precis som Sjøberg (2005) och White (1996) skriver, inte alltid är självklar för eleverna. De flesta elever använder dock det de kan om löslighet för att förklara situationen.

Den sista frågan, hur halten av ett visst ämne i någonting kan bestämmas, kräver inte att eleverna nämner någonting som har med kromatografi att göra. Det den frågan är till för är att se vilken förståelse eleverna har för det analytiska tillvägagångssättet. Resultatet visar ändå att många bland eleverna som deltog i undersökningen svarar att det går att använda kromatografi. Många beskriver en provupparbetning följt av analys med kromatografi, vilket var vad som gjordes under laborationen, och som visar på en förståelse för det analytiska tillvägagångssättet. Eleverna visar här en god förmåga att tillämpa sina kunskaper. De har nyligen gjort en laboration med det förfarandet, och föreslår nu det som en lösning på problemet de ställs inför. Många elever säger att de lär sig bättre när de själva får experimentera (Eskilsson & Helldén, 2005). Kanske har experimenterandet här gjort att eleverna tagit till sig exempel på hur en analys kan utföras.

När eleverna tar till sig begrepp utvecklar de sina idéer (Sutton, 1998). Elev G och Elev J som citeras i resultatdelen använder inte begreppet provupparbetning, men det är ändå det de beskriver. De använder begrepp som *bearbeta* och *lösa*, och också begreppen *kromatografi* och *HPLC*. Elev E som citeras i resultatdelen beskriver också någon sorts provupparbetning, men att väga kan inte riktigt ses som en analysmetod. Den analysmetod som nämns förutom kromatografi är titrering, men då beskrivs ingen provupparbetning. Att inga andra analysmetoder ges som förslag beror troligen på att eleverna inte har hört talas om så många olika analysmetoder, och att kromatografi ligger nära till hands när de precis gjort en laboration på det. Dessutom är kromatografi ett bra förslag. Det är en vanlig analysmetod, som lämpar sig väl i många sammanhang.

### **5.5. Lärarintervjuer**

De två lärarna intervjuades angående deras syn på laborationer i undervisningen. Det gjordes eftersom det kan vara intressant att få lärarperspektivet på laborationer, och inte bara det perspektiv forskningen om laborationer i undervisningen ger. Dessutom var det intressant att intervjua lärarna, då det de berättade innehöll mycket att ta med sig till ett framtida läraruppdrag. Lärarnas syn på laborationer stämde överens med den bild forskningen om laborationer ger. De båda perspektiven kompletterar varandra.

Både Sjøberg (2005) och White (1996) säger att det inte är självklart för eleverna att koppla praktik till teori, vilket även lärarna sade när de tillfrågades om hur lätt eller svårt det är för eleverna att göra den kopplingen. Lärarna berättade att de försöker hjälpa eleverna att göra kopplingen genom att låta eleverna se samma sak på olika sätt. Lärare B menade att eleverna lättare kommer ihåg sådant de läst i läroboken eller som hon berättat om de får laborera på det. Det stöds av Eskilsson och Helldén (2005) som skriver att laborationerna kan vara ett viktigt komplement till teorin då eleverna får närma sig lärostoffet från en annan synvinkel. Lärare A berättade att hon försöker integrera det praktiska med det teoretiska, vilket föreslås av Arzi (1998) som ett sätt att göra kopplingen mellan praktik och teori tydligare.

Lärare A berättade också att hon ibland använder sig av simuleringslaborationer. När hon gör det bidrar det till att variera laborationerna vilket förespråkas av Millar et al. (2002). Lärare B varierar också laborationerna, genom att utöver vanliga laborationer även använda sig av demonstrationer. Att förenkla laborationer som både lärare A och lärare B berättade att de gör, är också ett sätt att variera laborationerna och anpassa dem efter ett visst syfte.

Hofstein (2004) förordar undersökande laborationer där eleverna själva planerar experimentet. När lärare A berättade att hennes laborationer ofta går ut på att låta eleverna lösa ett problem, är det ett sätt att ge laborationerna en undersökande karaktär. Båda lärarna berättade att de försöker hålla sig i bakgrunden när eleverna laborerar. Lärare B sade att det är viktigt att eleverna inser att de själva har ett ansvar när de laborerar. När eleverna får möjlighet att arbeta självständigt, även då de följer en laborationshandledning, bidrar även det till att laborationerna blir friare och får mer av en undersökande karaktär, vilket förordas av Hofstein.

Att lärarna försöker hålla sig i bakgrunden när eleverna laborerar samtidigt som det är viktigt att läraren hjälper eleverna att se kopplingen mellan praktik och teori är inget som motsäger varandra. Även om det är viktigt att läraren hjälper eleverna att koppla praktik till teori kan läraren exempelvis hålla sig i bakgrunden under själva laborationen för att sedan som avslutning diskutera laborationen med eleverna och uppmuntra dem till att tänka ett steg längre.

Lärare A betonade även vikten av att eleverna lär sig behärska det naturvetenskapliga språket. Det är viktigt eftersom eleverna utvecklar sin förståelse när de tar till sig nya begrepp och termer (Sutton, 1998). Att det naturvetenskapliga språket är viktigt anges också av kursplanen för kemi, under rubriken (Skolverket, 2000a) ”Ämnets karaktär och uppbyggnad” där det står att eleverna ska kunna använda (Skolverket, 2000a) ”...korrekt språk och terminologi”.

### **5.5.1. Vad eleverna kan lära sig av denna laboration**

Båda de intervjuade lärarna sade att laborationshandledningen innehåller mycket text, och en av lärarna menade att den är upplagd som en universitetslaboration. Det är mycket text i laborationshandledningen för att den ska innehålla all bakgrundsinformation eleverna behöver för laborationen. Det är dock upp till den undervisande läraren att välja vilka delar av laborationshandledningen han eller hon vill använda sig av. Själva beskrivningen av hur eleverna ska gå tillväga under laborationen är inte särskilt omfattande. När laborationen genomfördes i gymnasieklassen fick eleverna utöver laborationshandledningen även muntlig information om hur de skulle gå tillväga.

Laborationshandledningen är omfattande för att det inte ska saknas något. Läraren kan sedan välja hur han eller hon vill använda den. Läraren kan till exempel använda enbart metoddelen om det redan talats mycket om hur kromatografi går till. Är det så att det läromedel som används inte tar upp så mycket om just kromatografi, kan teoridelen i



laborationshandledningen vara lämplig som en fördjupning inom området. Eventuellt kan eleverna då jämföra den schematiska beskrivningen av apparatuppställningen, i figur 5, med ett riktigt instrument. Finns inte så mycket tid till förfogande, för att hinna med hela provupparbetningen, kan enbart den del där kaffe analyseras användas. Analys av kaffe kräver knappt någon provupparbetning alls. Det som behöver göras är att koka kaffet, späda det och filtrera det.

Lärare B menade att eleverna skulle behöva mycket stöd vid laborationen och att den kanske skulle vara lämplig för en breddningskurs eller ett projektarbete. Laborationen är tänkt att ingå i kemi B, men då den är rätt avancerad skulle det kunna vara en bra idé. I så fall skulle eleverna kunna göra mer själva, till exempel bereda kalibreringslösningar och blanda mobilfas. Även om laborationen är tänkt för kemi B kan den vara användbar i andra sammanhang.

Lärare B trodde också att laborationen kan ge eleverna insikt i hur arbetet sker på ett laboratorium. Laborationen blir då ett sätt att ge kemin i skolan en verklighetsförankring. Kanske kan det bidra till att engagera eleverna som White (1996) förordar.

Enligt lärare A kan laborationen hjälpa eleverna att förstå sig på kromatografi, att se kopplingen mellan provet som injiceras och kromatogrammet. Dock menade lärare A, liksom Sjöberg (2005) och White (1996) att det inte är självklart att eleverna automatiskt tillgodogör sig en förståelse på ett område bara för att de gör en laboration på området. I det här fallet gör eleverna en laboration i kromatografi, men bara därför är det inte säkert att eleverna får en förståelse för hur kromatografi går till. Det är svåra saker för eleverna, men de flesta har i alla fall enligt enkätundersökningen som gjorts någon uppfattning om hur kromatografi går till.

## **5.6. Tillgång till HPLC-utrustning**

HPLC-utrustning är inte något som är vanligt att skolorna har. Antalet undersökta skolor är dock för litet för att kunna dra några generella slutsatser. De båda skolor som hade HPLC-utrustning låg båda i Lund, vilket kan bero på att Lund är en universitetsstad. En av de skolor som inte hade någon HPLC-utrustning, hade tidigare haft, men den användes inte och fanns därför inte längre kvar. Några av de skolor som saknade HPLC-utrustning uttryckte ändå ett intresse för det, om det inte hade varit för att det är så dyr utrustning. En av skolorna hade en gaskromatograf istället, och då kan de ju ändå göra liknande typer av laborationer. Det ser inte ut som att laborationen kommer att vara så användbar, då HPLC-utrustning är ovanligt på

skolorna. Kanske kan HPLC-utrustning bli vanligare framöver. När företag skaffar ny utrustning, händer det att de donerar sin gamla utrustning till en skola om de vet någon som är intresserad. För en skola som får möjlighet att överta ett gammalt instrument kan den konstruerade laborationen med tillhörande lärarhandledning göra det lättare för lärarna på skolan att börja använda HPLC i kemiundervisningen.

### **5.7. Styrkor hos laborationen**

Under laborationen får eleverna pröva på en vanlig analysmetod, och tillämpa sina kunskaper om löslighet. De får också träning i laborativt arbete. Dessutom får eleverna, i och med att de gör en laboration på området, möjlighet att diskutera kromatografi och analytiskt tillvägagångssätt med varandra. Att eleverna har möjlighet att prata med varandra om vad de gör under en laboration kan bidra till att öka deras förståelse (Eskilsson & Helldén, 2005). Laborationen kopplar dessutom kemien till det vardagliga livet då det är choklad som analyseras, något som oftast hör hemma utanför skolan. Eleverna får se att kemien inte bara är ett ämne i skolan utan att det som behandlas där har ett användningsområde, vilket kan hjälpa dem i deras lärande i och med att det som lärs bli mer relevant (Tytler, 2002; White 1996). Den analytiska kemien kan kopplas till en stor del av målen i kursplanen för kemi, och är därför ett viktigt område att behandla i undervisningen.

Eleverna får se exempel på hur strukturen hos en förening styr vilka egenskaper den har. De får träning i laborativt arbete, och att hantera laboratorieutrustning. Att eleverna får se exempel på hur kemien kan tillämpas bidrar till att eleverna (Skolverket, 2000a) ”utvecklar sin förmåga att analysera och värdera kemins roll i samhället”. Allt detta är sådant undervisningen i kemi ska sträva mot (Skolverket, 2000a).

Laborationen bidrar även till att hjälpa eleverna uppnå ett flertal av de mål som ska ha uppnåtts efter avslutad kurs enligt kursplanen för kemi B (Skolverket, 2000b). Förutom träning i laborativt arbete får eleverna se exempel på en vanlig analysmetod, något som är viktigt då kursplanen för kemi B anger att eleverna ska (Skolverket, 2000b) ”kunna förklara och tillämpa några vanliga analysmetoder samt kunna beskriva deras användningsområde...”. Eleverna får dessutom träning i att (Skolverket, 2000b) ”... utföra kemiska beräkningar”. Slutligen får eleverna även möjlighet att fördjupa sig inom ett av kemins tillämpningsområden.

## **5.8. Slutsats**

Laborationen lämpar sig bra som en del av avsnittet om analytiska metoder, vilket är en viktig del av kemi B. Den skulle även kunna vara en del av en breddningskurs. Eleverna ska enligt kursplanen för kemi B efter avslutade kurs (Skolverket, 2000b) ”ha fördjupat sina kunskaper inom några av kemins aktuella tillämpningsområden”. Att involvera laborationen i undervisningen är ett bra sätt att uppnå det målet. För att korta analystiderna skulle en kortare kolonn med mindre partiklar kunna användas.

Får jag i framtiden anställning på en skola där det finns en HPLC kommer laborationen att vara en viktig del i min undervisning om analytiska metoder.

## 6. Referenser

- Acros Organics. (2008). *Acros Organics, text search*. Hämtad 2008-10-09 från [http://www.acros.com/portal/alias\\_Rainbow/lang\\_en-US/tabID\\_34/DesktopDefault.aspx](http://www.acros.com/portal/alias_Rainbow/lang_en-US/tabID_34/DesktopDefault.aspx)
- ALS Scandiavia AB. (2009). *Livsmedelsanalyser*. Hämtad 2009-06-08 från [http://www.alsglobal.se/hem2005/sv/livsmedel/livs\\_ovriga.asp#](http://www.alsglobal.se/hem2005/sv/livsmedel/livs_ovriga.asp#)
- Alsberg, T., Areskoug, H., Brodin, Y., Brorström-Lundén, E. & Hansson, K. (2005). *Organiska miljögifter i luft –halter och deposition Version 1:2: 2005-12-12*. Stockholm: Naturvårdsverket. Hämtad 2009-06-08 från [http://www.naturvardsverket.se/upload/02\\_tillstandet\\_i\\_miljon/Miljoovervakning/undersokn\\_typ/luft/pop\\_luft.pdf](http://www.naturvardsverket.se/upload/02_tillstandet_i_miljon/Miljoovervakning/undersokn_typ/luft/pop_luft.pdf)
- Andersson, B. (2001). *Elevers tänkande och skolans naturvetenskap*. Stockholm: Skolverket.
- Arzi, H. J. (1998). Enhancing Science Education Through Laboratory Environments: More Than Walls, Benches and Widgets. I B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education I* (pp. 595-608). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Bryman, A. (2002). *Samhällsvetenskapliga metoder*. Malmö: Liber.
- Dalton, D. R. (1991). Alkaloids. I J. I. Kroschwitz & M. Howe-Grant (Eds.), *Encyclopedia of Chemical Technology Vol. 1* (pp. 1039-1087). New York: John Wiley & Sons.
- De Carmago, M. C. R. & Toledo, M. C. F. (1999). HPLC determination of caffeine in tea, chocolate products and carbonated beverages. *J Sci Food Agric*, 79, 1861-1864.
- Djursjukhuset Malmö. (2009). *Akut sjukvård för din hund!*. Hämtad 2009-06-10 från [www.djursjukhus.info/pages/Akutsjukvard-115.html](http://www.djursjukhus.info/pages/Akutsjukvard-115.html).
- Ege, S. N. (1999). *Organic Chemistry Structure and Reactivity*. Boston: Houghton Mifflin Company.
- Eskilsson, O. (2008). The Quality of Lower Secondary Students' Discussions During Labwork in Chemistry. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 4(3), 247-254.
- Eskilsson, O. & Helldén, G. (2005). NO-laborationer – Kommunikation och lärande. I *Utbildningsvetenskap 2005-Resultatdialog och framåtblick* (ss. 194). Stockholm: Vetenskapsrådet. Hämtad 2008-09-03 från [http://www.forskning.se/download/18.3038c74f116e7ac80e78000574/vr2005\\_13.pdf](http://www.forskning.se/download/18.3038c74f116e7ac80e78000574/vr2005_13.pdf)
- Fukumoto, K., Honda, T., Ihara, M. & Kametani, T. (1985). Alkaloids. I W. Gerhartz, Y. s. Yamamoto, F. T. Campbell, R. Pfefferkorn & J. F. Rounsaville (Eds.), *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry Vol. A1* (pp. 353-407). Weinheim: VCH Verlagsgesellschaft.

Gangolli, S. (Ed.). (1997). *The dictionary of Substances an their Effect* (2nd ed.). Cambridge: The Royal Society of Chemistry.

Giftinformationscentralen. (2008). *Choklad-husdjur*. Hämtad 2008-09-18 från <http://www.giftinformation.se/article.asp?CategoryID=6840>

Grace Davison Discovery Sciences. (2007). *Chromatogram database*. Hämtad 2009-06-11 från <http://www.discoverysciences.com/chromdb/default.aspx>

Harris, D. C. (2003). *Quantitative Chemical Analysis* (6th ed.). New York: W. H. Freeman and Company.

Harris, D. C. (2007). *Quantitative Chemical Analysis* (7th ed.). New York: W. H. Freeman and Company.

Hofstein, A. (2004). The Laboratory in Chemistry Education: Thirty years of Experience with Developments, Implementation, and Research. *Chemistry Education: Research and Practice*, 5(3), 247-264.

Kemikalieinspektionen. (2005). *Kemikalieinspektionens författningssamling, KIFS 2005:5*. Hämtad 2008-10-09 från [http://www.kemi.se/upload/Forfattningar/KIFS/K05\\_5\\_bkmrks.pdf](http://www.kemi.se/upload/Forfattningar/KIFS/K05_5_bkmrks.pdf)

Kreiser, W. R. & Martin, R. A. (1978). High Pressure Liquid Chromatographic Determination of Theobromine and Caffeine in Cocoa and Chocolate Products. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 61(6), 1424-1427.

Malina, E., Nakleh, M. B. & Polles, J. (2003). *Leaning Chemistry in a Laboratory Environment*. I J. K. Gilbert, O. De Jong, R. Justi, D. F. Treagust & J. H. Van Driel (Eds.), *Chemical Education: Towards Research-based Practice* (pp. 69-94). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Merck & Co. Inc. (2008). *The Merck Veterinary Manual*. Hämtad 2009-06-10 från <http://www.merckvetmanual.com/mvm/index.jsp?cfile=htm/bc/211104.htm>

McMurru, J. (2003). *Fundamentals of Organic Chemistry fifth edition*. Pacific Grove: Thomson Learning.

Millar, R., Tiberghien, A. & Marechal, J.-F.1. (2002). Varieties of labwork: A Way of Profiling Labwork Tasks. In D. Psillos & H. Niedder (Eds.), *Teaching and learning in the science laboratory* (pp. 9-20). Dordrecht: Kluwe Academic Publishers.

Sjøberg, S. (2005). *Naturvetenskap som allmänbildning – en kritisk ämnesdidaktik*. Lund: Studentlitteratur.

Skolverket. (2000a). Kemi. Hämtad 2008-09-10 från <http://www3.skolverket.se/ki03/front.aspx?sprak=SV&ar=0607&infotyp=8&skolform=21&id=KE&extraId=>

Skolverket. (2000b). KE1202 - Kemi B. Hämtad 2008-09-10 från <http://www3.skolverket.se/ki03/front.aspx?sprak=SV&ar=0607&infotyp=5&skolform=21&id=3127&extraId=>

Skolverket. (2008). *Programsmål för Naturvetenskapsprogrammet*. Hämtad 2009-06-03 från <http://www.skolverket.se/sb/d/606/a/7756>

Sutton, C. (1998). New Perspectives on Language in Science. I B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education I*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Thomas, J. B., Yen, J. H., Schantz, M. M., Porter, B. J. & Sharpless, K. E. (2004). Determination of Caffeine, Theobromine, and Theophylline in Standard Referens Material 2384, Baking Chocolate, Using Reversed-Phase Liquid Chromatography. *J. Agric. Food Chem.*, 52, 3259-3263.

Tytler, R. (2002). Teaching for understanding in science: Student conceptions research, & changing views of learning. *Australian Science Teachers Journal*, 48(3), 14-22.

Vetenskapsrådet. (2002). *Forskningsetiska principer inom humanistisk-samhällsvetenskaplig forskning*. Hämtad 2009-06-03 från <http://www.vr.se/download/18.668745410b37070528800029/HS%5B1%5D.pdf>

White, R. T. (1996). The link between the laboratory and learning. *International Journal of Science Education*, 18(7), 761-774.

Bilderna i lärarhandledningen, figur 7, 8 och 9, är tagna av Björn Gunnarsson, 2009.

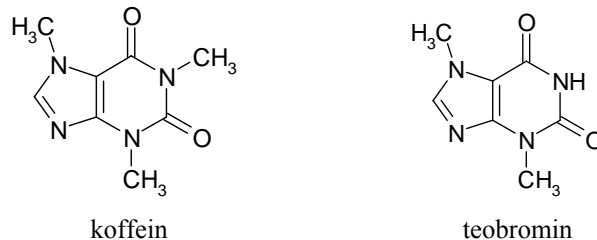
## Bestämning av halterna teobromin och koffein i choklad

### Lärandemål

- Pröva på att utföra en analys med hjälp av vätskekromatografi
- Få insikt i hur en fullständig analys går till
- Kunna tillämpa kunskaper om löslighet och polaritet
- Få träning i att utföra kemiska beräkningar
- Få träning i att utföra spädningar

### Bakgrund

Alkaloider är en stor grupp av föreningar som främst förekommer i växter, och ofta har en stark påverkan på kroppen. De har därför länge använts som läkemedel, och som droger. Många av alkaloiderna innehåller ringsystem med kväveatomer, och är svagt basiska. Exempel på alkaloider är morfin, nikotin, och efedrin (som vidgar luftvägarna). Två andra alkaloider, vilka är de som behandlas i den här laborationen, är koffein och teobromin (fig. 2).



**Figur 2.** Strukturformler för koffein och teobromin

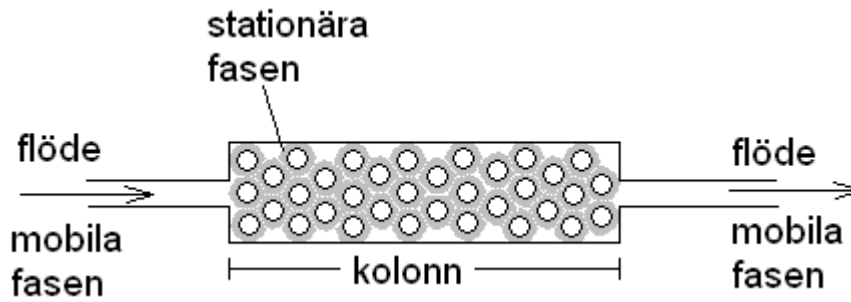
Koffein är uppiggande eftersom det stimulerar det centrala nervsystemet, hjärtverksamheten och andningen. Det förekommer i kaffebönor, teblad, kakaobönor och kolanötter. Teobromin har också effekt på det centrala nervsystemet och på hjärtverksamheten, men har även en avslappnande effekt på den glatta muskulaturen i kroppen. Teobromin finns i kakaobönor, te och kolanötter.

Att hundar inte bör äta choklad beror på att de är känsliga för teobrominet i chokladen, och om de äter för mycket choklad riskerar förgiftning. Mörk choklad bör man vara extra försiktig med eftersom det innehåller mer kakao, och alltså mer teobromin, än ljus choklad. Att teobromin är giftigt för hundar, men ej för människor, beror på att teobrominet stannar kvar längre tid i kroppen hos en hund jämfört med en människa.

Den här laborationen går ut på att med hjälp av vätskekromatografi, undersöka hur mycket teobromin och koffein det finns i choklad.

### Vätskekromatografi

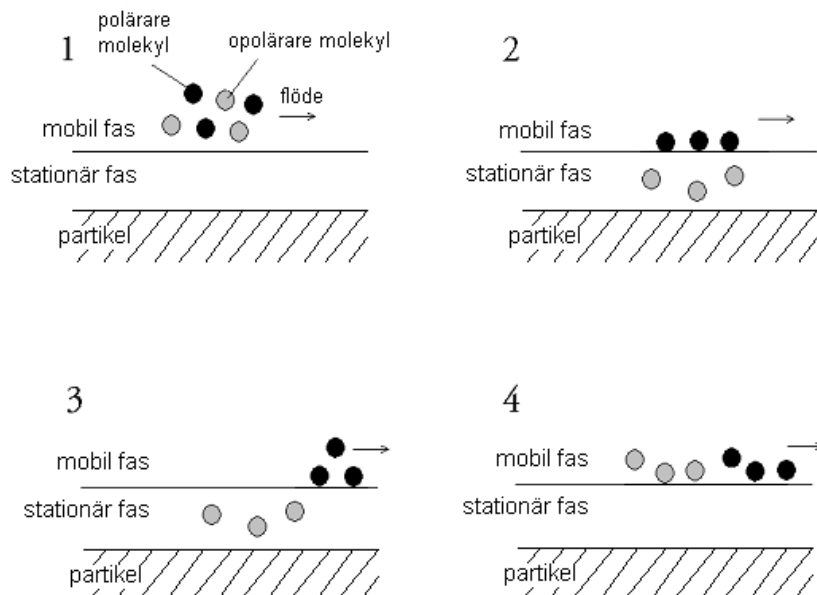
*Vätskekromatografi* är en vanlig metod för att separera och analysera substanser lösta i en vätska. Vid vätskekromatografi används en *kolonn* packad med partiklar belagda med en tunn opolär film bestående av långa kolgedjor, den *stationära fasen* (se fig. 3). Kolgedjorna är kovalent bundna till partiklarna. Genom kolonnen pumpas den *mobila fasen*, som ofta är en blandning av minst två olika lösningsmedel, och är polär. Vid HPLC (High Performance Liquid Chromatography) bildas ett högt tryck när mobilfasen pumpas genom kolonnen som är tätpackad med små partiklar.



**Figur 3.** Kolonnen är packad med små partiklar belagda med en tunn opolär film, den stationära fasen. Genom kolonnen pumpas den mobila fasen.

När en substans transporteras genom kolonnen fördelar sig molekylerna mellan den stationära och den mobila fasen. En molekyl som befinner sig i den mobila fasen transporteras framåt genom kolonnen, medan en molekyl som befinner sig i den stationära fasen hålls kvar.

En blandning av föreningar som transporteras genom kolonnen separeras efter polaritet. Mer opolära molekyler löser sig i större utsträckning i den stationära fasen, medan mer polära molekyler i större utsträckning stannar kvar i den mobila fasen och transporteras framåt genom kolonnen. När de mer opolära molekylerna övergår till den mobila fasen har de mer polära molekylerna redan transporterats en bit framåt genom kolonnen och de mer opolära molekylerna har kommit en bit efter. På så sätt har föreningarna separerats från varandra (fig. 4).



**Figur 4.** Opolärare molekyler löser sig mer i den stationära fasen än polärare molekyler, som oftare än opolärare molekyler befinner sig i den mobila fasen och transporteras genom kolonnen. På så sätt separeras *analyterna* från varandra när de passerar kolonnen.



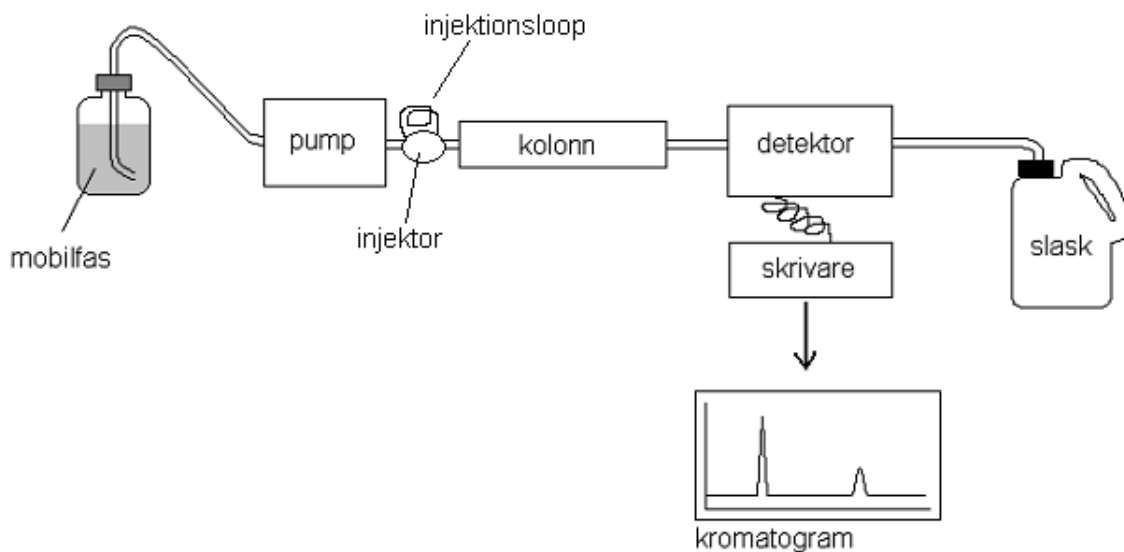
Även om en opolär molekyl löser sig mer i den stationära fasen kommer den dock ibland att befinna sig i den mobila fasen, och en polär molekyl kommer likaså ibland att befinna sig i den stationära fasen. Molekylerna som separeras har både polära och opolära egenskaper, och begreppen polär respektive opolär beskriver i det här fallet bara molekylernas egenskaper i förhållande till varandra.

Även en opolär molekyl kommer därför så småningom att komma ut ur kolonnen, och inte fastna där för alltid, och en polär molekyl befinner sig även den faktiskt oftare i den stationära än i den mobila fasen. Att volymen mobilfas alltid är större än volymen stationärfas bidrar även det till att också mer opolära molekyler ändå så småningom kommer ut ur kolonnen. Dock gör de små skillnaderna i polaritet hos molekylerna som passerar genom kolonnen, att en mer opolär molekyl tar längre tid på sig än en mer polär molekyl, eftersom den mer opolära molekylen hålls kvar starkare av den stationära fasen.

I fallet med teobromin och koffein är teobromin mer polär än koffein och kommer därför ut ur kolonnen först. En stund senare kommer koffein.

Provet som ska analyseras kommer in i systemet via injektorn som sitter före kolonnen (fig. 5). Efter kolonnen sitter en detektor som ger utslag när en förening kommer ut ur kolonnen. Koffein och teobromin som separeras i den här laborationen absorberar UV-ljus, och därför används en UV-detektor. UV-detektorn mäter hela tiden absorbansen för lösningen som passerar genom den, och är kopplad till en skrivare där absorbansen avsätts som funktion av tiden. Diagrammet som erhålls kallas *kromatogram*. När till exempel teobromin kommer ut ur kolonnen och in i detektorn ökar ljusabsorptionen och detektorn ger utslag i form av en topp i kromatogrammet.

Ofta används vätskekromatografi för att ta reda på koncentrationen av en viss förening i ett prov. Höjden på en topp i kromatogrammet är proportionell mot koncentrationen av föreningen i provet. Genom att analysera *kalibreringslösningar*, lösningar med kända koncentrationer av föreningen man är intresserad av, och sedan avsätta topphöjden som funktion av koncentrationen fås en *kalibreringskurva*. Ur kalibreringskurvan kan koncentrationen av föreningen i provet läsas av.



**Figur 5.** Schematisk bild över apparatuppställningen som används vid HPLC.

## **Materiel**

Skärbräda, kniv, mortel, centrifugrör med lock av inert material, mätglas 10 och 50 ml, pasteurpipetter, E-kolv 100 ml, sprutfilter 0,2  $\mu\text{m}$ , plastsprutor, små provbehållare med lock, frys, värmeplatta med magnetomrörning, centrifug, HPLC.

## **Kemikalier**

Petroleumeter kokpunkt 40-60°C, metanol för HPLC, milliporevatten, (koffein och teobromin).

### **Del 1. Provupparbetning**

Hacka 2 g choklad fint och för över till en mortel. Placera morteln i frysen en stund, och finfördela därefter chokladen ytterligare. Väg ett centrifugrör, och för över 1,50 g av den finfördelade chokladen till röret. Undvik de stora bitarna. Tillsätt 10 ml petroleumeter, sätt på korken, och skaka röret så att innehållet blandas om ordentligt. Centrifugera 5 min vid 2000 rpm. Avlägsna försiktigt supernatanten (lösningen ovanför det fasta materialet) med hjälp av en pasteurpipett. Placera röret, utan kork, i ett varmt vattenbad för att indunsta det sista av lösningsmedlet, och väg därefter centrifugröret med innehåll. Överför innehållet till en vägd 100ml E-kolv med magnetloppa. Det är viktigt att allt innehållet i centrifugröret överförs till E-kolven. Börja med att knacka ur så mycket som går. Mät sedan upp 30 ml vatten i ett mätglas och skölj ur centrifugröret med lite av det vattnet. Häll vattnet du sköljt ur med, och resten av vattnet du mätte upp, i E-kolven med chokladen. Värm E-kolven i kokande vattenbad 15 min och låt sedan svalna. Spola lite kallt vatten på kolven så svalnar den snabbare. Kompensera för det vatten som avdunstat under kokningen, genom att ställa E-kolven på en våg, och tillsätta så mycket vatten att den väger vad kolven, magnetloppan och innehållet från centrifugröret väger, plus 30 g. Blanda om och överför en del av blandningen till ett centrifugrör. Centrifugera 10 min vid 2000 rpm. Överför med hjälp av en pasteurpipett, försiktigt utan att få med några partiklar, en del av supernatanten till en bägare. Tag sedan lite av denna lösning, och späda till 1/5 av den ursprungliga koncentrationen om du analyserar mörk choklad, eller till 1/2 av den ursprungliga koncentrationen om du analyserar mjölkchoklad.

### **Del 2. Analys**

Filtrera lite av den spädda lösningen från del 1 genom 0,2  $\mu\text{m}$  sprutfilter ner i en liten provbehållare och sätt på ett lock. Det behövs bara någon ml. Analysera filtratet med vätskekromatografi enligt instruktioner du får av läraren. Mobilfasen som används är en blandning av 20 % metanol och 80 % vatten.

Av läraren får du också värden på topphöjden vid olika koncentrationer av teobromin och koffein. Avsätt topphöjd som funktion av koncentrationen teobromin respektive koffein. Avläs i diagrammen vilka koncentrationer provet du analyserade hade. Beräkna halterna teobromin och koffein i chokladen.

### **Del 3. Bestämning av koncentrationen koffein i kaffe**

Späda kaffe till 1/40 av den ursprungliga koncentrationen. Filtrera genom 0,2  $\mu\text{m}$  sprutfilter ner i en liten provbehållare och sätt på locket. Analysera provet med vätskekromatografi på samma sätt som i del 2. Beräkna sedan koncentrationen koffein i kaffet med hjälp av kalibreringskurvan du också konstruerade i del 2.

**Frågor att fundera på**

1. Är petroleumeter ett polärt eller opolärt lösningsmedel?
2. Vad händer när petroleumetern tillsätts till chokladen?
3. Varför måste chokladen finfördelas?
4. Varför placeras kolven med choklad och vatten i ett varmt vattenbad?
5. Varför kommer teobromin ut ur kolonnen före koffein (titta på strukturformlerna i figur 1)?
6. Om ni inte hade vetat vilken av substanserna som kommer ut ur kolonnen först, hur hade ni då kunnat göra för att ta reda på det?
7. Har alla grupper fått samma resultat, eller skiljer det sig åt?
8. Hur säkra kan ni vara på resultatet? Vilka brister kan metoden ha?

## Lärarhandledning till Bestämning av halterna teobromin och koffein i choklad

Under laborationen bestäms halterna av teobromin och koffein i choklad med hjälp av vätskekromatografi. Det finns dessutom en del där koncentrationen av koffein i kaffe bestäms. Det går bra att använda både mörk choklad, och mjölkchoklad. Vid utvecklandet av laborationen användes Marabou premium 86 % kakao, och Marabou mjölkchoklad. Används annan choklad, kan spädningen av extraktionslösningen behöva justeras för att de erhållna värdena på topphöjden fortfarande ska befinna sig inom kalibreringskurvan. För övrigt bör det dock inte vara några problem att använda någon annan choklad, så länge det är en choklad som är homogen.

### Lärandemål

Se laborationshandledningen, bilaga 1.

### Grunder i vätskekromatografi

Vid kromatografi separeras komponenter i en blandning på grund av deras olika interaktioner med en stationär respektive mobil fas. Vätskekromatografi är en sorts kromatografi där den mobila fasen utgörs av en vätska, vars uppgift både är att transportera analyterna genom systemet, och interagera med analyterna. Vid HPLC (High Performance Liquid Chromatography) bildas ett högt tryck när mobilfasen pumpas genom kolonnen som är tätpackad med små partiklar.

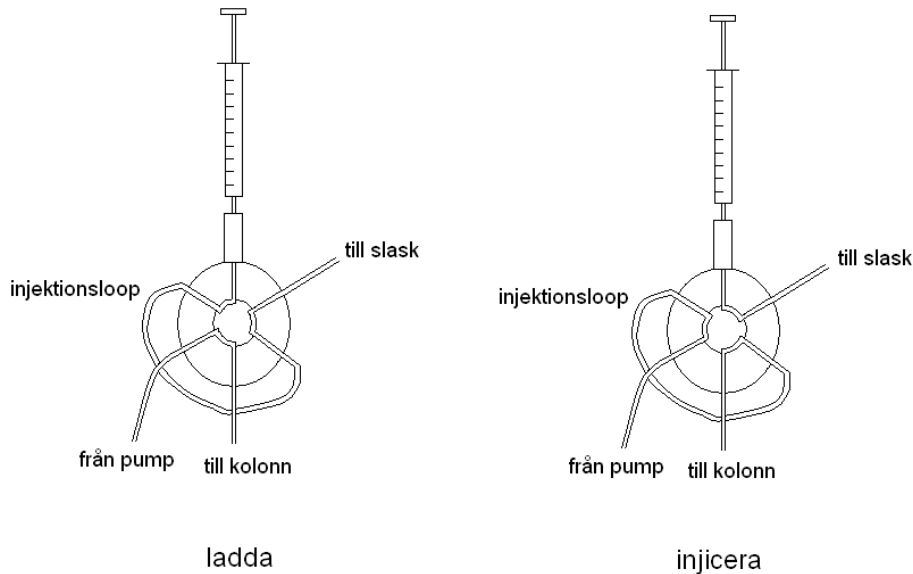
Det finns olika typer av vätskekromatografi, till exempel normal- och omvänd-fas-kromatografi där substanser separeras med avseende på skillnader i polaritet, och jonkromatografi där substanser separeras med avseende på skillnader i laddning. I den här laborationen utnyttjas omvänd-fas-separation, där den stationära fasen utgörs av en opolär yta och den mobila fasen av en relativt polär vätskeblandning. Retentionsmekanismen utgörs då av distributionsjämvikter när analytmolekylerna distribueras mellan den stationära och den mobila fasen. Opolärare analytmolekyler hålls kvar längre i kolonnen än polärare sådana.

### HPLC-systemet

Apparaturuppställningen för HPLC beskrivs av figur 5 i elevhandledningen. I systemet ingår en pump som pumpar mobilfasen genom systemet. Det finns olika typer av pumpar, vissa kan blanda olika lösningsmedel till just den mobilfas som önskas, medan andra kräver att mobilfasen blandas i förväg. Viktigt hos pumpen är att den upprätthåller ett så konstant tryck som möjligt för att undvika ett pulserande flöde. För att åstadkomma det kan pumpen vara uppbyggd av två enheter (pistonger) som arbetar förskjutet i förhållande till varandra. Medan den ena enheten trycker mobilfas genom systemet suger den andra in mobilfas i pumpen, och tvärt om. De flesta pumpar ger ändå upphov till en viss variation i tryck, men så länge trycket bara varierar några bar upp eller ner är det fullt tillräckligt. En viktig komponent på pumpen är purge-ventilen (se fig. 9) som när den är öppen tillåter mobilfas att gå genom pumpen, men sedan direkt ut i slask istället för vidare genom systemet (se vidare nedan). Det är viktigt att låta trycket gå ner innan purgeventilen öppnas, för att undvika skador på kolonnen. Se vidare nedan.

Efter pumpen sitter injektorn med injektionsloopen. Injektionsloopen rymmer en bestämd mängd vätska, vilket normalt ligger mellan 10 och 30  $\mu\text{l}$ , och avgör därmed vilken provvolym som injiceras. Det går bra att göra en egen injektionsloop av en bit slang (av PEEK, se nedan) med känd innerdiameter, eftersom längden på slangen enkelt kan beräknas när innerdiametern är känd. Injektorn har två lägen, ladda och injicera. Beroende på vilket läge den står i förbinds

olika delar av systemet med varandra (fig. 6). När injektorn står i laddningsläge går mobilfasen från pumpen direkt genom injektorn till kolonnen, och injektionsloopen kan fyllas med provlösning med hjälp av en spruta (som ska ha trubbig spets för att inte skada rotorn). När injektorn sedan ställs i injiceringsläge går lösningen från pumpen genom injektionsloopen och vidare mot kolonnen, så att provlösningen i injektionsloopen kommer in i systemet.



**Figur 6.** När injektorn står i laddningsläge går mobilfasen från pumpen genom injektorn, och direkt till kolonnen. När injektorn sedan ställs i injiceringsläge går mobilfasen från pumpen istället in i injektorn, genom injektionsloopen, och sedan vidare mot kolonnen. Mittendelen (rotorn) på injektorn är vridbar med tre skårer som förbinder de olika delarna av systemet. När rotorn vrids förflyttas skårorna så att andra delar förbinds.

Efter injektorn sitter kolonnen som är packad med porösa kiselpartiklar belagda med kovalent bundna kolkedjor. Ofta används en  $C_{18}$ -kolonn, vilket betyder att varje kolkedja har 18 kolatomer. När kolkedjorna väts med mobilfas bildas en tunn vätskefilm som är mer hydrofob än mobilfasen. Viktigt att tänka på är att kolonnen inte får utsättas för hastiga tryckförändringar (till exempel om purgeventilen öppnas innan trycket gått ner), eftersom det kan göra att partiklarna inuti kolonnen förflyttas så att dödvolymer inuti packningen uppkommer. I uppkomna dödvolymer av mobilfas späds provlösningen ut, vilket resulterar i breda och/eller kluvna toppar. För att undvika hastiga tryckförändringar bör flödet ändras i små steg, och trycket ska låtas gå ner innan någon anslutning mellan delarna i systemet bryts eller purge-ventilen öppnas. När kolonnen inte ska användas på ett tag bör den lagras i en blandning av 90 % acetonitril och 10 % vatten.

Efter kolonnen sitter en detektor som ger utslag när sammansättningen hos lösningen som passerar genom den förändras. Oftast används en UV-detektor som mäter absorptionen av UV-ljus hos lösningen. Detektorn kopplas till en skrivare (plotter) som registrerar detektorns utslag vid en förändring av mobilfasens sammansättning. Skrivaren ställs in så att maximalt skrivarutslag motsvarar 10 mV. Lämplig skrivarhastighet är 1 cm/min. Känsligheten hos detektorn avgör hur stora topparna blir, och den måste också ställas in så att topparna blir lagom stora. Dessutom finns ett filter hos detektorn som reglerar hur ihållande en signal ska vara för att skickas till skrivaren, vilket också måste justeras.

Eftersom HPLC-systemet är ett känsligt system måste lösningsmedlen som används vara särskilt rena. Att ett lösningsmedel är lämpligt för HPLC anges genom att det är av HPLC-grad.

Det är viktigt att inga partiklar kommer in i systemet, eftersom systemet då riskerar att sättas igen. Provlösningar behöver därför filtreras genom sprutfilter (0,45 µm porer) före analys. Sprutfilterna är tyvärr ganska dyra. Ett billigare alternativ är att centrifugera provlösningarna, och sedan använda sig av supernatanten. Det fungerar dock inte i denna laboration, eftersom det är för mycket partiklar i provlösningen. Kalibreringslösningar beredda med milliporevatten, vilket är det vatten som bör användas, behöver ej filtreras. Milliporevatten finns att köpa, till exempel från VWR International. Även mobilfasen behöver filtreras innan den sugas in i systemet, och därför placeras ett partikelfilter i änden på slangen från mobilfasen.

Luft bör ej heller komma in i systemet, då det leder till ett ostabilt tryck. För att undvika luft i systemet bör lösningsmedlen som används avluftas. Det kan göras genom att placera flaskan med mobilfas i ett ultraljudsbad 15 min, eller genom att bubbla kvävgas eller helium genom lösningen. Det enklaste sättet är dock att koppla in en avluftare mellan flaskan med lösningsmedel och pumpen. När HPLC-systemet inte används är det lämpligt att fylla slangarna med ett organiskt lösningsmedel, till exempel metanol eller acetonitril, för att undvika bakterietillväxt.

### **Sammankoppling av enheterna i systemet**

Systemet kopplas ihop genom att slangar monteras mellan de olika komponenterna. För att ansluta en slang används en koppling (fig. 7), bestående av en skruv och en kona, som träs på slangen och sedan skruvas fast där slangen ska sitta. Kopplingarna som används kan vara av plast eller metall. Bland plastkopplingarna finns det även kopplingar där skruv och kona sitter ihop. Plastkopplingarna är enklast att använda då de passar överallt, oavsett vilket fabrikat det är på komponenten de skruvas fast i, men en nackdel med dem är att de inte klarar ett tryck högre än 200 bar. Verktyg ska ej användas för att skruva fast plastkopplingar, eftersom kopplingen då kan gå sönder så att bitar fastnar inuti enheten. Metallkopplingar å andra sidan klarar ett tryck på upp till 400 bar, men är istället lite svårare att använda, då de inte passar överallt. Två vanliga fabrikat är Valco och Rheodyne, och kopplingar av ett fabrikat passar inte på samma ställe som kopplingar av det andra fabrikatet. Om olika fabrikat blandas är risken stor att det är svårt att få systemet tätt, och att gängorna i till exempel injektor och kolonn förstörs.

Mellan pumpen och injektorn, mellan injektorn och kolonnen, samt mellan kolonnen och detektorn används en slang av PEEK, *polyetereterketon* (figur 8), eller av rostfritt stål, med mycket liten innerdiameter. 0,25 mm innerdiameter är standard. Mellan de andra enheterna används bredare slang av teflon. Innerdiameteren har där inte så stor betydelse, utan det viktiga är att slangen passar där den ska skruvas fast och att den tål högt tryck. Slangarna mellan injektor och kolonn, och kolonn och detektor bör vara så korta det bara är möjligt, då långa slangar leder till breda toppar och sämre upplösning. Det är också viktigt att ändarna på slangarna har en slät snittyta vinkelrät mot slangen, så att inte dödvolym uppstår vilket även det leder till sämre upplösning.



**Figur 7.** Kopplingar. Från vänster plastkoppling, Valcokoppling och Rheodynekoppling. Foto: Björn Gunnarsson.



**Figur 8.** PEEK-slang. 0,25 mm innerdiameter  r standard. Foto: Björn Gunnarsson.

När enheterna i systemet kopplats samman fylls slangarna med mobilfas. Börja med att fylla pumpen, och därefter resten av systemet. Vid avstängt pumpflöde och omgivningstryck fylls pumpen genom att purge-ventilen öppnas och luften inuti pumpen sugs ut med hjälp av en plastspruta (fig. 9). Det blir då undertryck inuti pumpen, och mobilfasen sugs in. Stäng purge-ventilen och starta pumpen så att resten av systemet fylls med mobilfas. Se till så att det inte läcker någonstans.

Det  r lättast att vänta med att montera kolonnen tills resten av systemet fungerar. Där kolonnen ska sitta monteras istället bara en anslutning mellan slangarna. Sedan när det andra  r färdigt  r det bara att skruva i kolonnen. Notera dock att det på kolonnen anges en flödesriktning. Det kan vara bra att låta mobilfasen långsamt flöda genom systemet när kolonnen sätts i, för att hindra luft från att komma in.



**Figur 9.** Utsugning av mobilfas genom purge-ventilen. Foto: Björn Gunnarsson.

### Vanliga problem

Vanliga problem som kan uppstå är ett ostabilt tryck, eller att trycket plötsligt är mycket lägre än det brukar vara. Om trycket är mycket lägre än det brukar, fast att samma mobilfas används, beror det troligen på läckage i systemet.

Ett ostabilt tryck beror oftast på luft i systemet, antingen i slangarna före pumpen eller inuti pumpen. Det avhjälps oftast genom att skölja genom slangar och pump med mobilfas. Ju högre viskositet mobilfasen har, desto lättare trycks luftbubblorna ut. Purge-ventilen öppnas, och lösningsmedel sugas ut genom ventilen med hjälp av en plastspruta på samma sätt som ovan. När ventilen öppnas går trycket snabbt ner. Minska därför flödet *innan* ventilen öppnas, så att kolonnen inte riskerar att ta skada.

Hjälper det inte att skölja genom slangar och pump med mobilfas kan skruvarna på pumpen behöva lossas för att få ut luften. Stäng då av flödet och placera behållaren med mobilfas högt för att erhålla självtryck. Lossa försiktigt skruvarna på pumpen en i taget, med början på den lägst placerade skruven. Om luft kommer ut ses det som bubblor i mobilfasen som läcker ut.

Ovan beskrivna metoder förutsätter att instrumentet i övrigt fungerar som det ska.

### HPLC-parametrar för denna laboration

Till laborationen används en C<sub>18</sub>-kolonn som är 15 cm lång, med innerdiametern 4,6 mm och partikelstorleken 5 µm. Absorbansen mäts vid 280 nm. Mobilfasen består av 20 % metanol och 80 % vatten, och flödet är 1,5 ml/min. 30 µl är lämplig injektionsvolym.

Vid separationen kommer teobromin först ut ur kolonnen, och lite senare kommer koffein. Separationen tar 7 minuter. Analystiden skulle kunna kortas genom att använda en kortare kolonn, 3-5 cm, och mindre partikelstorlek, till exempel 3 µm.

### Upptagning av kalibreringskurva

För att spara tid är det tänkt att läraren i förväg analyserar kalibreringslösningar, och sedan förser eleverna med erhållna data så att de kan konstruera en kalibreringskurva. Blanda stamlösningar med koncentrationen 250 mg/l av teobromin och koffein. Till 100 ml lösning behövs 0,025 g teobromin respektive koffein. Bered sedan kalibreringslösningar med volymen 25 ml från dessa enligt schemat i tabell 9. Varje kalibreringslösning innehåller både teobromin och koffein, för att minska tidsåtgången vid upptagningen av kalibreringskurvan. Börja med att analysera lösningen med lägst koncentration, och fortsätt sedan med ökande koncentrationer.

**Tabell 9.** Schema för beredning av kalibreringslösningar. Späd upp till 25 ml.

Koncentration hos kalibreringslösning (mg/l)		Volym teobrominstamlösning (ml)	Volym koffeinstamlösning (ml)
Teobromin	Koffein		
100	20	10	2
75	15	7,5	1,5
50	10	5	1
25	5	2,5	0,5
10	2	1	0,2



## Riskbedömning av laborationen

### Bestämning av halterna teobromin och koffein i choklad

#### Vem genomför aktiviteten?

Elever, 14 st.

#### Hanterade kemikalier

Kemikalier som hanteras under laborationen ses i tabell 10 nedan.

**Tabell 10.** Kemikalier som används under laborationen.

Kemikalie	Mängd	Farobeteckning*	Förklaring**
Metanol	< 0,5 l	F	Mycket brandfarligt
		T	Giftigt
		R11	Mycket brandfarligt
		R23/24/25	Giftigt vid inandning, hudkontakt och förtäring
		R39/23/24/25	Giftigt: risk för mycket allvarliga bestående hälsoskador vid inandning, hudkontakt och förtäring
Petroleumeter	< 0,1 l	F	Mycket brandfarligt
		Xn	Hälsoskadlig
		N	Miljöfarlig
		R11	Mycket brandfarligt
		R38	Irriterar huden
		R51/53	Giftigt för vattenlevande organismer, kan orsaka skadliga långtidseffekter i vattenmiljön
		R65	Farligt: kan ge lungskador vid förtäring
R67	Ångor kan göra att man blir dåsig och omtöcknad		
Teobromin	250 ppm och lägre	Xn	Hälsoskadlig
		R22	Farligt vid förtäring
Koffein	1000 ppm och lägre	Xn	Hälsoskadlig
		R22	Farligt vid förtäring

\* Acros Organics (2008).

\*\* Kemikalieinspektionen (2005).

#### Risker vid hanteringen

Både metanol och petroleumeter är brandfarligt och får därför inte komma i närheten av någon antändningskälla. De är också farliga vid inandning, hudkontakt och förtäring, vilket kan utgöra en risk vid hanteringen. Det kan finnas risker vid överföring av kemikalier mellan olika kärl, omblandning, och risk för stänk. De organiska lösningsmedlen är dessutom skadliga för miljön.

#### Riskbedömning

Metanolen bör eleverna inte komma i kontakt med under laborationen, eftersom den enbart förekommer inuti vätskekromatografen. Enda gången någon kan komma i kontakt med metanolen skulle vara ifall någon av slangarna lossnar, vilket är mycket ovanligt. Petroleumetern bör inte heller utgöra någon större fara då det endast är små mängder som hanteras, och arbetet utförs i dragskåp.

#### Riskreducerande åtgärder

Utför arbete med petroleumeter i dragskåp, och använd skyddsrock och skyddsglasögon. Slaskbehållaren som används vid vätskekromatografen placeras på ventilerad plats, antingen i

dragskåp eller vid punktutsug. Undvik att få kemikalier på händerna. Samla upp använt lösningsmedel.

### **Första hjälpen-åtgärder**

Använd ögondusch vid stänk i ögonen. Kontakta läkare.

Om kemikalier fås på händerna, tvätta med tvål och vatten.

### **Referenser**

Acros Organics. (2008). *Acros Organics, text search*. Hämtad 2008-10-09 från [http://www.acros.com/portal/alias\\_\\_Rainbow/lang\\_\\_en-US/tabID\\_\\_34/DesktopDefault.aspx](http://www.acros.com/portal/alias__Rainbow/lang__en-US/tabID__34/DesktopDefault.aspx)

Kemikalieinspektionen. (2005). *Kemikalieinspektionens författningssamling, KIFS 2005:5*. Hämtad 2008-10-09 från [http://www.kemi.se/upload/Forfattningar/KIFS/K05\\_5\\_bkmrks.pdf](http://www.kemi.se/upload/Forfattningar/KIFS/K05_5_bkmrks.pdf)

## Kategorisering av elevsvar

### Fråga 1

#### **Kategori 1 A Liknande föreningar löser varandra**

Lika ämnen löser varandra

Att ämnen som liknar varandra kemiskt löser sig med varandra

#### **Kategori 1 B Substanser med samma intermolekylära bindning löser varandra.**

Lösningar med likadana bindningar kan lösas varandra

Ämnen med samma intermolekylära bindning löser bra i varandra

Att ett ämne lätt blandar sig med ett annat ämne med samma bindning.

Att ett ämne som har en viss sorts intermolekylär interaktion lätt blandar sig med ett annat ämne med samma bindning

Att ämnen med samma/likadana bindningar löses i varandra. Ex. Jod och heptan har båda van der Waalsbindning och löses därför i varandra.

#### **Kategori 1C Substanser med samma polaritet löser varandra.**

Det betyder att ämnen som är polära löser sig i andra polära ämnen. Och att opolära löser sig i opolära ämnen

Att polära ämnen löser sig i polär lösning. Opolära ämnen löser sig i opolära lösningar.

ämnen med samma sorts bindningar löses i varandra. Samma polaritet.

t. ex. polära ämnen löser polära lösningar

Att liknande ämnen löser sig och blir en homogen blandning. T. ex. i det här fallet. Två opolära ämnen som löste sig i varandra.

Polära ämnen löser andra polära ämnen  
Opolära ämnen löser andra opolära ämnen  
Opolära kan inte lösa polära och tvärtom

Eh, ja alltså ämnen som är laddade på samma sätt. Om två ämnen är polära eller om två ämnen är opolära så löser de varandra.

### Fråga 2

#### **Kategori 2A Svar som ej har med kromatografi att göra**

Man bestämmer ämnen med hjälp av färgen  $n=c \cdot v$

Vet ej

### **Kategori 2 B Teknisk beskrivning**

Man för in ett ämne i en maskin där man får ut olika värden och där man kan läsa av skillnader mellan ämnena.

Kromatografi är en separationsmetod och man kan använda sig av en kolonn för att skilja ämnena el. HPLC

Man mäter tiden det tar för ett ämne att passera genom en kolonn.

### **Kategori 2C Beskrivning av vad som sker rent kemiskt**

Man delar upp ämnena beroende på dess bindningsegenskaper

Genom att tillsätta en mobilfas delar man upp ämnena beroende på deras polaritet

Man undersöker halten av ett ämne.

### **Svar som tillhör både kategori 2 B och kategori 2 C**

HPLC-metod. Det ska ingå en kolonn, detektor, injektor, skrivare m.m. För att ta reda på hur mycket av ett ämne som ingår.

Du injicerar ämnet du vill analysera, ämnet trycks framåt i systemet av en pump, ämnet trycks genom en kolonn, beroende på hur snabbt ämnet går igenom kolonnen mäts och visas genom en skrivare. Hur snabbt ämnet går igenom kolonnen beror på hur pass attraherande ämnet är till kulorna i kolonnen.

Ett lösningsmedel blandat med den lösningen som du vill analysera. I kolonnen så adsorberas ämnena olika mkt vilket också ger dem olika retentionstid. Detektorn registrerar de olika värdena och skickar informationen till en printer.

Det går till så att man försöker urskilja två okända ämnen och ange deras koncentration genom att jämföra med ett känt prov. Det okända provet injiceras i ett lösningsmedel, t. ex. etanol och vatten, sedan passerar ämnet genom systemet och vi får ut ett diagram.

Man för in ett ämne, som är i vätska, i en HPLC. Denna analyserar sedan och genom att ämnena är olika polära så kommer de ut olika fort. Man kan då se mängden genom toppar på ett papper.

### **Fråga 3**

#### **Kategori 3A Felaktiga svar**

Späda den med  $4 \text{ dm}^3$  vatten (kanske tänker eleven åt rätt håll här, men hur mycket vatten man ska ta beror ju på hur mycket NaOH-lösning man tar, och det skriver eleven inget om)

Genom att tillsätta  $5 \text{ M H}_2\text{O}$

#### **Kategori 3B Späda till 5 gånger så stor volym**

$C_1 \cdot V_1 = 0,2 \text{ C} \cdot 5 \text{ V}$

Svar: Med 5 ggr så stor volym

#### **Kategori 3C Blanda 1 del NaOH-lösning med 4 delar vatten**

Man tillsätter 4 gånger så mycket vatten

Tillsätta 4 ggr så mycket vatten

Koncentrationen ska bli  $1/5$  av vad den var. Alltså behövs en del lösning och 4 delar vatten.

$1 + 4$

Du tar en del av lösningen NaOH och späder den med 4 delar vatten

4 delar vatten

Lägga till 4 delar vatten. (lika stora delar som NaOH-lösningen)

Tillsätta 4 delar vatten

Tillsätta den summan vatten 4 ggr. För du har redan  $1/5$  och får då  $1 + 4 = 5$

Du behöver alltså  $1/5$  av lösningen så man späder då med  $4/5$  vatten.

Ett plus fyra kan man ju späda den.

### **Fråga 4a**

#### **Kategori 4a A Oljan och vattnet delar upp sig i två skikt**

Oljan och vattnet kommer att dela upp sig i två skikt

Skikta sig

Det blir ett skikt

#### **Kategori 4a B Oljan lägger sig ovanpå vattnet**

Oljan där uppe och vatten där nere

Oljan lägger sig i bubblor ovanpå vattnet

Oljan ligger över vattnet i ett eget skikt

Oljan lägger sig som ett lager ovanpå vattnet

Oljan lägger sig ovanpå vattnet

Oljan flyter på vattnet

Oljan lägger sig ovanpå vattnet. Det bildas två skikt.

Oljan kommer lägga sig på ytan

Oljan kommer lägga sig över vattnet som ett skikt

Oljan ligger på i ringar/droppar

**Kategori 4b A Olja och vatten har olika densitet.**

Olja har lägre densitet än vatten

Olika densitet

För att densiteten i oljan är mindre än vattnets densitet

Oljan har lägre densitet än vatten

**Kategori 4b B Oljan blandar sig ej med vattnet eftersom de har olika kemiska egenskaper**

För de liknar inte varandra kemiskt

Eftersom vattnet är ett polärt ämne och oljan ett opolärt så blandas det inte.

Oljan har van der Waalsbindning medan vatten har vätebindning

Olika polaritet, löses inte i varandra

Det beror på att vatten är ett polärt ämne och olja är opolärt

**Kategori 4b C Oljan blandar sig ej med vattnet eftersom de har olika kemiska egenskaper. Att oljan lägger sig överst beror på att olja och vatten har olika densitet.**

För att de har olika densitet och olika bindningar.  $H_2O$  har vätebindning och löses därför inte med oljan.

De kan inte lösa sig med varandra. ("lika löser lika"). De har olika densitet.

Vatten är polärt medan olja inte är det + vatten har högre densitet

För oljan har van der Waalsbindningar och vattnet dipol-dipol-(/väte)bindningar och de kan därför inte blandas. Oljan har lägre densitet och hamnar därför överst.

**Fråga 5**

**Kategori 5A Svar som ej har med kromatografi att göra**

Titring med  $OH^-$  joner

Man låter ämnet reagera så att man får ut det man vill ha i lösningen och så kan man sedan väga och jämföra med resultatet från innan.

**Kategori 5B Använda kromatografi**

Använda sig av HPLC, kromatografi

Kromatografi

Man kan använda sig av kromatografi

Genom att använda sig av HPLC

Man kan använda sig av kromatografi. Genom att först ta ett prov med en känd halt C-vitamin och jämföra med värdet man får med sitt eget prov.

**Kategori 5C Först göra provupparbetning, och sedan kromatografi**

Man kan bearbeta provet tills man har de ämnena man vill, fria i en vätska och kör sedan provet genom en HPLC.

På samma sätt som vi gjorde med chokladen. Men jag var tyvärr sjuk då och har inte hunnit läsa in det jag missat.

Dricksvattnet kan man låta avdunsta och sedan utifrån saltet (NaCl) som finns kvar urskilja halten av natriumjoner. Detta kanske kan göras med kromatografi då det rör sig om mycket små mängder.

HPLC. Först dela så man får fram C-vitamin sen bestämma halten

För att bestämma halten C-vitamin i en morot får man först krossa moroten och sedan lösa i vatten. Sedan ta ut ett litet stickprov och sedan köra det i en analys tex kromatografi-analys

Som vi gjorde med chokladen så delade man ju först sönder och så behandlade på lite olika sätt. Tillsatte olika saker, kanske värmdet det lite och så. För att liksom få fram det ämnet vi ville ha på något sätt, eller vad man ska säga. Äh, och så tar man ju det i en spruta, som man då sätter in i en HPLC, eller är det?

**Svar som tillhör både kategori 5A och kategori 5B**

Man kan titrera med hjälp av okända ämnen eller använda sig av gaskromatografi