

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Laboratórna analýza vybraných rastlinných potravinárskych komodít





Obsah

Zavedenie	2
Zavedenie laboratórneho vybavenia.....	3
Chromatografia, TLC, HPLC, GC.....	5
Spektrofotometria.....	15
Viskozita	19
Texturálne vlastnosti potravín a zariadení používaných na meranie textúrnych vlastností potravín ..	20
Polarimetria	23
Obsah soli v potravinárskych komoditách.....	24
Stanovenie obsahu cukru	27
Referencie:	31

Zavedenie

Laboratórna analýza rastlinných potravinárskych komodít predstavuje zložitú problematiku z hľadiska prípravy vzoriek, interakcií medzi zložkami v komplexnej potravinovej matrici, správnej detekcie a výpočtu a výberu správnych techník prípravy vzorky aj analýzy vzorky.

V písomných textoch boli zdôraznené tieto otázky:

- Hlavné techniky používané v chemickom laboratóriu
Študenti sa musia oboznámiť s laboratóriom, naučiť sa hlavné laboratórne sklá používané v chemickom laboratóriu, nastaviť titračné zariadenie a vykonávať titračnú techniku. Výpočet potrebný na kvantifikáciu analyzovaných zložení je tiež súčasťou pokynov, kde je vysvetlený výpočet kalibračnej krivky a uvedený ako príklad.
- Chromatografické techniky
Opisujú sa hlavné chromatografické techniky vrátane: tenkovrstvovej chromatografie, vysokotlakovej kvapalinovej chromatografie a plynovej chromatografie. Popisujú sa princípy rôznych chromatografických techník (stacionárne a mobilné fázy, popísané sú aj hlavné detektory používané v kvapalinovej a plynovej chromatografii). Hlavné pojmy používané v chromatografii sú tiež vysvetlené. Uvádzajú sa aj praktické príklady tenkovrstvovej chromatografie (stanovenie syntetických farbív) a vysokotlakovej kvapalinovej chromatografie (stanovenie malondialdehydu).
- Spektrofotometrická analýza
Sú opísané hlavné princípy spektrofotometrickej analýzy, rovnako ako hlavné typy spektrofotometrov, ktoré možno použiť pri analýze potravinárskych komodít.



Prakticky sa experimentálne podáva postup spektrofotometrického stanovenia kyseliny L-askorbovej.

- Viskozita, polarimetria a texturálne vlastnosti potravinárskych komodít
Časť je zameraná na vysvetlenie viskozitných a texturálnych vlastností potravinárskych komodít dôležitosť pri hodnotení kvality potravín alebo sledovanie kvality potravinárskych komodít počas doby zrenia alebo skladovania za rôznych podmienok. Časť obsahuje aj experimentálne príklady stanovenia textúry jedlých/biologicky odbúrateľných obalov.
- Stanovenie soli a cukru v potravinárskych komoditách
Táto časť je doplnená teoretickými (obsah soli v potravinárskych komoditách a problematika určovania obsahu cukru) a praktickými časťami vysvetľujúcimi niektoré hlavné možnosti stanovenia cukru a soli v rôznych potravinárskych komoditách.

Zavedenie laboratórneho vybavenia

Cieľom prvej kapitoly je stretnúť študentov s bežnou prácou v laboratóriu zostavením titračného prístroja, nácvikom titrácie, výpočtom jednoduchých rovníc, vytváraním kalibračných kriviek a pochopením možnosti kvantifikácie detekcie zlúčenín kalibračnou krivkou. Študenti sú oboznámení s laboratórnym vybavením, bezpečnostnými opatreniami a správnou laboratórnou praxou.

Praktická práca:

1. Titrachný prístroj sa zostaví. Mali by sa vykonať tieto kroky:
 - Byreta sa naplní 0,1 M roztokom NaOH.
 - Napipetujte 10 ml pripraveného roztoku HCl do titračnej banky a pridajte 3 kvapky fenolftaleínu.Titruje sa na ekvivalenčný bod
 - Vypočíta sa koncentrácia roztoku HCl.
 - Vykonajte štandardizáciu NaOH (Prečo sa to robí?)
Tuhý NaOH je vysoko hygroskopický (ľahko absorbuje vodu z prostredia), čo znamená, že NaOH sa nedá presne odvážiť (postup sa nazýva štandardizácia roztoku NaOH). Po vykonaní štandardizácie slúži riešenie NaOH ako štandard pre ďalšiu prácu.
 - Vzorec reakcie je nasledujúci:
$$\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$$



Výpočet by sa mal vykonať podľa nasledujúceho vzorca:

$$(n_A =) \frac{a}{b} \cdot n_B$$

Kde:

n_A = množstvo látky zlúčeniny A

a = stechiometrický koeficient

b = stechiometrický koeficient

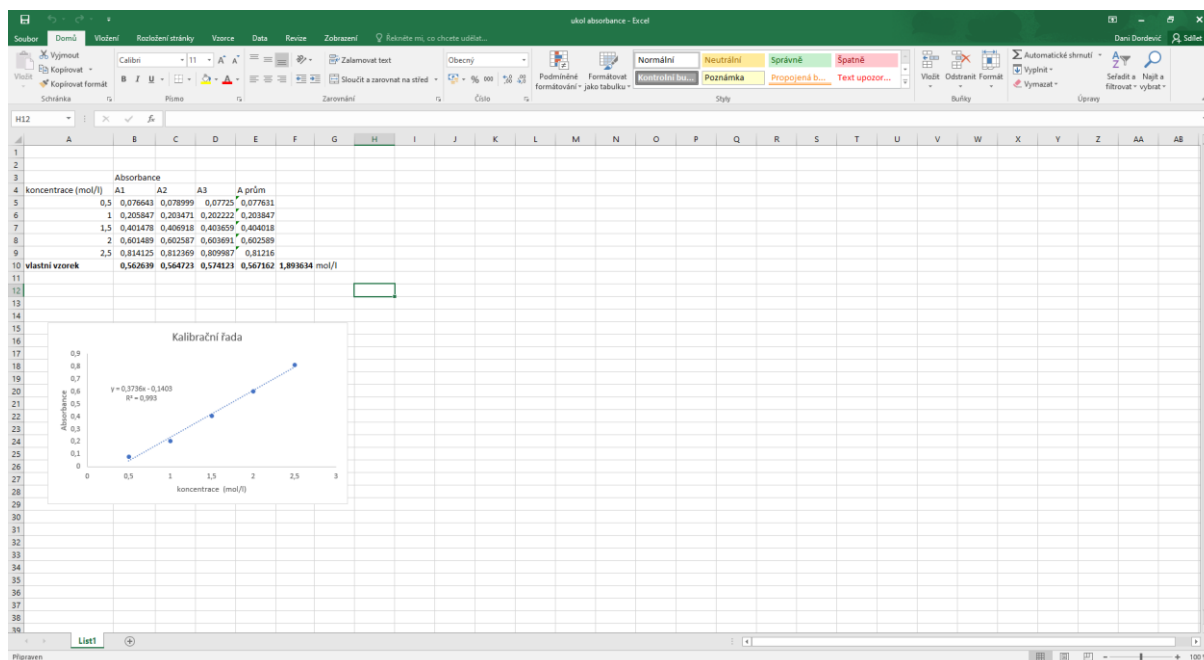
n_B = množstvá látky zlúčeniny B

2. Výpočet kalibračnej krivky

Teoretický problém. Z hodnôt absorpcie štandardu sa zostrojí kalibračná krivka a vypočíta sa koncentrácia samotnej vzorky podľa regresnej rovnice.

Študenti musia pracovať s dokumentom programu Excel a vykonávať nasledujúce operácie:

- výpočet priemeru/priemeru,
- výpočet smerodajných odchýlok,
- vytvorenie regresnej priamky,
- Vytvorenie regresnej rovnice
- Stanovenie koeficientu určenia R2



Obrázok 1. Príklad výpočtu kalibračnej krivky v dokumente programu Excel



3. Úloha

Pripraví sa kalibračná séria koncentrácií chloridu sodného

Tabuľka 1. Koncentrácie chloridu sodného v prípravkoch

Koncentrácie chloridu sodného				
0,05 mol/l	0,1 mol/l	0,15 mol/l	0,2 mol/l	0,25 mol/l

Výpočty sa musia vykonať podľa týchto informácií:

Mr. (NaCl) = 58,44 g/mol

Musí sa použiť nasledujúci vzorec:

$(c = n/V; n = m/Mr)$

Chromatografia, TLC, HPLC, GC

Táto časť opisuje základné chromatografické techniky, vrátane tenkovrstvovej chromatografie (TLC), vysokotlakovej kvapalinovej chromatografie (HPLC) a plynovej chromatografie (GC). Sú opísané hlavné princípy, hlavné detektory a dôležitá terminológia používaná v chromatografických technikách.

TLC – tenkovrstvová chromatografia

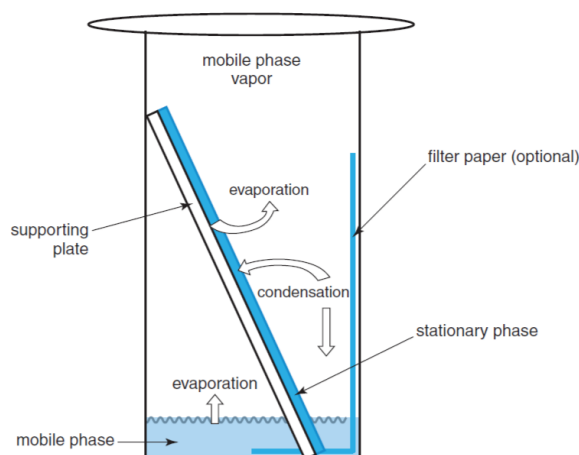
Aplikácia rozdeľovacej chromatografie začala papierovou chromatografiou, teda tenkovrstvovou chromatografiou. Začalo to v roku 1940. Tenkovrstvová chromatografia (TLC) začala byť najpoužívanejšou chromatografickou technikou. V porovnaní s kolónovou chromatografiou možno TLC definovať ako:

- Rýchly
- Citlivý
- Lacná technika
- Vyžaduje len malé množstvo vzorky (zvyčajne niekoľko gramov)

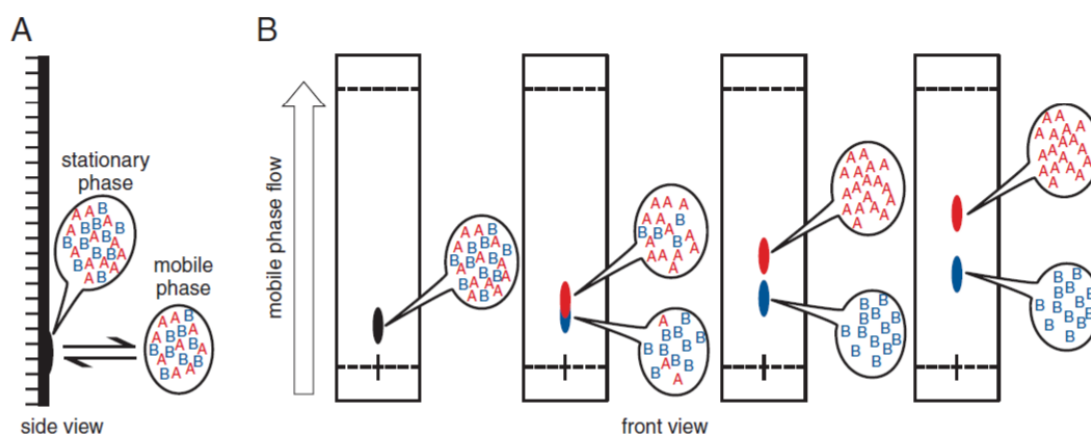
TLC sa zvyčajne používa na:

- Zistenie počtu zložení v zmesi
- Overenie identity a čistoty zložení v zmesi
- Monitorovanie priebehu reakcie
- Stanovenie zloženia rozpúšťadla pre preparatívne separácie
- Analýza frakcií získaná kolónovou chromatografiou.

Rovnako ako v iných chromatografických technikách, TLC tiež pozostáva z mobilnej fázy a stacionárnej fázy (rovnováha molekúl, definovaná ako dynamická a rýchla, medzi dvoma fázami). Hlavným rozdielom medzi TLC a inými chromatografickými technikami je existencia plynnej fázy. Nazýva sa nasýtenie komory medzi mobilnou fázou a jej parou. Počas vývoja analýzy TLC sa molekuly nepretržite pohybujú tam a späť (voľné a adsorbované stavy). Intermolekulové sily určujú rovnovážnu polohu a schopnosť rozpúšťadla pohybovať rozpustenou látkou cez platňu. Obrázky 1 a 2 schematicky znázorňujú vývojovú komoru pre konvenčnú TLC a príklad separácie.



Obrázok 1. Schematický prehľad vývojovej komory pre konvenčnú TLC (Cai, 2014)



Obrázok 2. Príklad separácie pre konvenčnú TLC (Cai, 2014)

Problémy by sa mali vyriešiť pred vykonaním analýzy TLC:

- TLC typ dosky, povlakový materiál
- Najlepšiu separáciu a rozlíšenie možno dosiahnuť, pomocou ktorého rozpúšťadla
- Ako sa bude zaobchádzať s TLC doskou a ako sa bude vyvíjať



- Vizualizácia zlúčenín vo vzorke
- Predpoveď možných problémov počas experimentov TLC
- Tipy a špeciálne techniky pre úspešnú TLC (Cai, 2014).

Riešenie a riešenie týchto uvedených problémov podporuje úspech analýzy TLC, rovnako ako celkový čas potrebný na úspešné vykonanie analýzy TLC (Cai, 2004).

Predbežne potiahnuté TLC platne

TLC dosky môžu byť vopred potiahnuté sklom, hliníkom a plastom. Sklenené TLC dosky možno definovať ako veľmi robustné, pretože sú pevné, priehľadné, majú vysokú chemickú odolnosť a sú tepelne stabilné. Pokročilá strana sklenených dosiek je tiež to, že je ekonomická, pretože sklenené dosky sú opakovane použiteľné. Nevýhodou sklenených dosiek je, že sú relatívne ťažké a hrubé, tiež sklenené dosky nie je ľahké rezať na požadovanú veľkosť. Potenciálny bezpečnostný problém sa môže týkať sklenených dosiek, pretože sklenené platne sú krehké a môžu sa ľahko rozbiť (Cai, 2014).

TLC dosky potiahnuté hliníkovou fóliou sa v porovnaní so sklenenými TLC doskami ľahko manipulujú, sú tenké a ľahké. Na rozdiel od sklenených TLC dosiek je možné TLC dosky potiahnuté hliníkovou fóliou ľahko rezať (zvyčajne nožnicami) na požadovanú veľkosť. Pretože hliníkové dosky majú silnú príľnavosť adsorbnej vrstvy, je dobré ich používať s eluentmi, ktoré obsahujú vysokú koncentráciu vody. V opačnom prípade hliníkové platne nie sú tak dobre chemicky odolné ako sklenené platne, najmä voči činidlám obsahujúcim silné kyseliny, jód alebo koncentrovaný amoniak (Cai, 2014).

Plastové (PET: polyetyléntereftalátový film) platne na analýzu TLC sa v poslednej dobe používajú menej často. Výhodné strany plastových dosiek sú rovnaké ako u hliníkových dosiek, pretože plastové dosky sú tiež ľahké, tenké, ľahko rezateľné a ľahko sa s nimi manipuluje. Nevýhodou strán plastových TLC dosiek je ich pružnosť (môžu ľahko prasknúť) a nie sú tepelne stabilné (Cai, 2014).

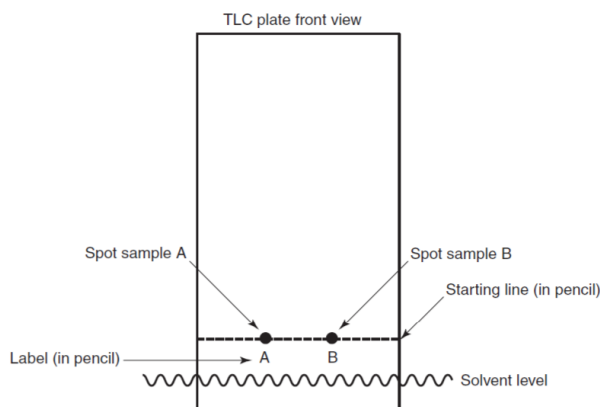
Najčastejšie používanou TLC doskou je kremičitý povlak, ale pre látky, ktoré sú veľmi citlivé, sa uprednostňuje oxid hlinitý kvôli prevencii rozkladu vzoriek. Na začiatku aplikácie TLC boli použité aj celulóza, polyamid a kremičitan horečnatý (Cai, 2014).

Mobilná fáza (systém rozpúšťadiel)

Vhodná mobilná fáza je najťažšou časťou vykonávania experimentov TLC, pretože systém rozpúšťadiel ovplyvňuje väčšinu výsledkov TLC. Mobilná fáza alebo rozpúšťadlový systém sa veľmi zriedkavo skladá iba z jednej zložky, pre mobilnú fázu sa v zmesi používa až päť zložiek. Najdôležitejšie je, že bez ohľadu na to, koľko komponentov je zahrnutých v mobilnej fáze, mobilná fáza musí byť homogénnym systémom bez zakalenia. Existujú tri hlavné kritériá pre systém rozpúšťadiel:



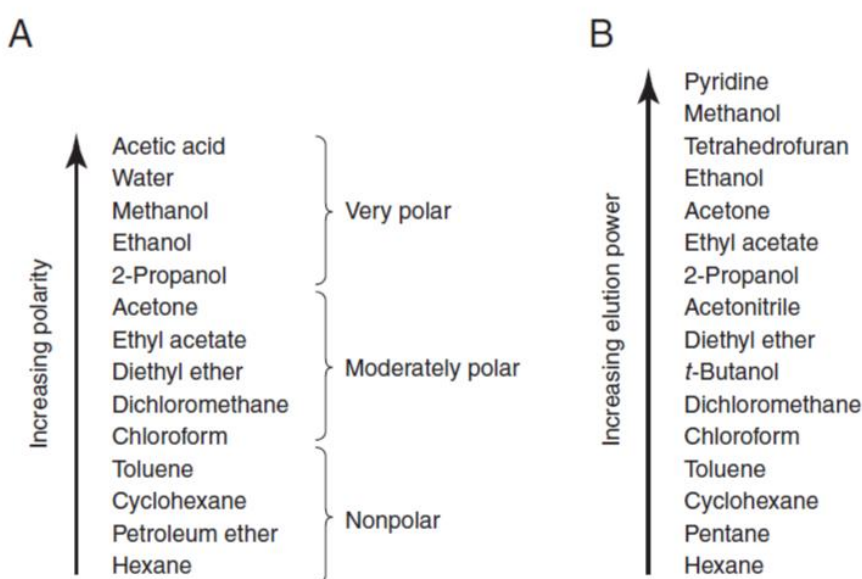
- Rozpustnosť (najväčšia rozpustnosť musí byť zabezpečená pri dosiahnutí separácie).
- Afinita (najdôležitejší faktor rozlíšenia – afinita medzi rozpúšťadlom, stacionárnou fázou)
- Rozlíšenie (priamo v korelácii s afinitou a rozpustnosťou) (Cai, 2014).



Obrázok 3. Príklad TLC škvŕnitosti dosiek (Cai, 2014)

Príklad, ako by sa malo vykonať špinenie/označenie TLC platne, je znázornený na obrázku 3.

Najbežnejšie rozpúšťadlá používané v analýze TLC, ich polarita a elučná schopnosť sú znázornené na obrázku 4 (Hahn-Deinstrop, 2006).





Obrázok 4. Bežné rozpúšťadlá mobilnej fázy uvedené podľa polarity

Bezpečnostné hľadiská pri výkone TLC

Toto sú bezpečnostné aspekty, ktoré by sa mali brať do úvahy:

- Rezanie sklenených TLC dosiek môže mať za následok ostré hrany, ktoré môžu spôsobiť porezanie rúk.
- Silikagél (najmä prachová forma) je nebezpečný na vdychovanie, pretože môže spôsobiť vážne podráždenie pľúc (dlhodobá expozícia môže spôsobiť ochorenie pľúc silikózu). Odporúča sa používať bezpečnostnú masku.
- Organické rozpúšťadlá používané pri analýze TLC sú často horľavé a horľavé. Treba sa tiež vyhnúť inhalácii. Niektoré organické rozpúšťadlá sú tiež karcinogénne (napríklad benzén, chloroform a dichlórmétán).
- Reagencie používané pri analýze TLC sú často toxické a manipulácia sa musí vykonávať opatrne. Mala by sa používať nasledujúca ochrana: rukavice na likvidáciu, masky a ochranné okuliare) (Cai, 2014).

Retenčný faktor (R_f)

Ako všetky chromatografické techniky, TLC sa môže použiť na kvalitatívne a kvantitatívne stanovenia. Kvalitatívne stanovenia v analýze TLC sa vykonávajú jednoduchou lokalizáciou látok. Lokalizácia látok na TLC platni sa uskutočňuje s použitím paralelných kolov s referenčnými látkami (zlúčenina s podobnou štruktúrou s analyzovanou zlúčeninou vo vzorke). Retenčný faktor alebo R_f hodnota je dôležitým faktorom kvalitatívnej analýzy. Princíp je vysvetlený nasledovne: ak dve škvrny majú rovnakú R_f hodnotu (dve škvrny prechádzajú rovnakú vzdialenosť), potom dve zložky sú pravdepodobne rovnakou molekulou. Samozrejme, že identické R_f hodnoty neznamenajú identické molekuly. Reprodukovateľnosť R_f hodnôt je zabezpečená nasledujúcimi podmienkami: TLC platne sa prevádzkujú za rovnakých podmienok, čo znamená rovnakú saturáciu komory, zloženie rozpúšťadiel, teplotu atď. (Cai, 2014).

Praktická práca

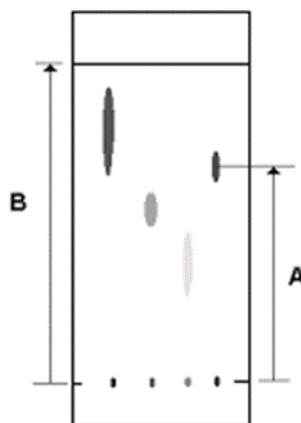
S TLC platňou manipulujte tak, aby nepoškodila vrstvu silikagélu a aby nebola postriekaná neznámymi roztokmi!

Opatrne nakreslite štartovaciu čiaru na chromatografickú platňu asi 15 mm od spodného okraja, aby ste neporušili vrstvu silikagélu. Potom aplikujeme niekoľko metanolových a chloroformových štandardných roztokov na štartovaciu čiaru pomocou kapilár, aby sme nepoškodili vrstvu silikagélu a škvrna bola čo najmenšia. Najvzdialenejšie škvrny by mali byť asi 1 cm od okraja platne. Medzery medzi jednotlivými vzorkami a štandardnými normami by mali byť medzi 5 až 10 mm. Ak máme na tanieri dostatok miesta, medzery môžu byť ešte väčšie. Vzorky a štandardné roztoky by sa mali aplikovať v dostatočnej koncentrácii, t. j. vzorky a štandardné roztoky sa môžu na seba vrstviť nanosením ďalšej vrstvy po vysušení

prvej vrstvy pomocou kapiláry. Treba mať na pamäti, že pre každú vzorku / štandard sa musí použiť čistá kapilára.

Po zaschnutí vzoriek a štandardného roztoku sa TLC platňa opatrne umiestni do vyvíjacej komory, ktorá obsahuje zmes propanolu a vody (80:20). TLC platňu vložíme do vyvíjacej komory štartovacou čiarou nadol. Množstvo mobilnej fázy vo vyvíjacej komore by malo byť také, aby sa jej hladina nedotýkala aplikovaných vzoriek, mohlo by dôjsť k premytiu. Vývojovú komoru zatvorte vekom. Po 1-2 hodinách, keď mobilná fáza dosiahne asi 1 cm od okraja fólie, odstráňte fóliu z komory a okamžite označte prednú časť rozpúšťadla (tj miesto, kde stúpa mobilná fáza) ceruzkou alebo špachtľou a nechajte chromatogram vyschnúť.

Odporúčanie: Ak sa chcete orientovať, nakreslite schému TLC platne na podkladový papier a označte poradie, v ktorom aplikujete vzorky. Hodnotenie:



A: začiatok vzdialenosti – stredná časť bodky

B: začiatok vzdialenosti – hlava rozpúšťadla

Obrázok 5. Vyhodnotenie tenkovrstvovej chromatografie

Poloha škvrny, t. j. pomer jej vzdialenosti od začiatku (A) k vzdialenosti čela od začiatku delenia (B) (grafické vysvetlenie je uvedené na obrázku 5), je konštantná pre dané rozpúšťadlo a danú delenú zložku za konštantných podmienok a nazýva sa R_f (retardačný faktor):

$$R_f = A/B$$

Záver:

Identifikujte zloženie neznámej vzorky. Diskutujte o príčinách porúch.

Vysokotlaková kvapalinová chromatografia (HPLC)



Súčasná laboratórna analýza potravín sa vykonáva spôsobom, že je potrebná väčšia vizualizácia a charakterizácia, pretože stále rastie počet zlúčenín, ktoré je potrebné identifikovať. Celkovým princípom technológie vysokotlakovej kvapalinovej chromatografie (HPLC) je ponúknuť množstvo metód a analytických schopností (Ahuja, 2006).

Typy vysokotlakovej kvapalinovej chromatografie (HPLC)

Kvapalinovú chromatografiu možno klasifikovať mnohými spôsobmi.

Po prvé, možno identifikovať tri režimy podľa povahy stacionárnej fázy a procesu separácie:

- Adsorpčná chromatografia (adsorbent je stacionárna fáza, ako je silikagél alebo iné obaly na báze kremíka). Separácia sa vykonáva opakovanými adsorpčno-desorpčnými krokmi.
- Ionexová chromatografia (stacionárne lôžko a vzorka majú opačný iónový náboj). Tento typ chromatografie sa používa hlavne s iónovými alebo ionizovateľnými vzorkami.
- Chromatografia na vylúčenie veľkosti (presne kontrolované veľkosti pórov predstavujú materiál na plnenie kolóny). Celý princíp je založený na skutočnosti, že väčšie molekuly sa premyjú (eluujú) rýchlejšie cez kolónu, zatiaľ čo menšie molekuly eluujú neskôr. Rozumne sa táto technika nazýva gélová filtrácia alebo gélová permeačná chromatografia (v súčasnosti je stacionárna fáza vyrobená aj z iných materiálov, nielen z gélu) (Ahuja, 2006).

Adsorpčná chromatografia a ionexová chromatografia sa môžu rozdeliť podľa relatívnej polarizácie dvoch fáz (mobilnej a stacionárnej fázy):

- Chromatografia normálnej fázy (stacionárna fáza/lôžko je polárnej povahy, ako je oxid kremičitý a gél; mobilná fáza v nepolárnej: n-hexán alebo tetrahydrofurán). Princípom je, že polárne vzorky eluujú dlhšie ako menej polárne materiály.
- Chromatografia s reverznou fázou (opačný princíp ako chromatografia normálnej fázy). Stacionárna fáza je nepolárna (hydrofóbna), mobilná fáza je polárna (zvyčajne zmes vody, acetonitrilu a metanolu). Pri chromatografii s reverznou fázou sa nepolárne vzorky eluujú dlhšie.

Eluentná polarita v najdôležitejšom faktore analýzy HPLC. Existujú dva typy elúcie:

- Izokratická elúcia (konštantné elučné zloženie sa preteká/čerpá cez systém/kolónu počas analýzy).
- Elúcia gradientu (eluentné zloženie sa mení počas analýzy alebo aj pri chromatografii nazývanej beh) (Ahuja, 2006).

Mobilné fázy vo vysokotlakovej kvapalinovej chromatografii



Typ mobilnej fázy je jednou z veľmi dôležitých premenných, ktoré významne ovplyvňujú chromatografickú separáciu. Samozrejme, každá analýza vykonaná HPLC získava svoje vlastné požiadavky, ale prijateľné vlastnosti mobilnej fázy sú (Ahuja, 2006):

- Čistota
- Kompatibilita s detektorom
- Rozpustnosť vzorky
- Nízka viskozita (znamená nižší tlak v chromatografickom systéme)
- Chemická inertnosť
- Cenová dostupnosť, primeraná cena (Ahuja, 2006)

Stacionárna fáza (adsorbenty)

Separácie v stacionárnych fázach HPLC sa vykonávajú podľa povrchových interakcií, čo znamená, že separácie závisia od typov adsorpčných miest (Ahuja, 2006). Tento princíp možno definovať termínom povrchová chémia. Okrem hlavných charakteristík moderných HPLC adsorbentov obsahujúcich malé tuhé pórovité častice s vysokou povrchovou plochou sú hlavnými vlastnosťami adsorbentu/kolóny:

- Veľkosť častíc: 3 až 10 μm
- Distribúcia veľkosti častíc (čo najužšia)
- Veľkosť pórov by mala byť od 70 Å do 300 Å
- Povrchová plocha by mala byť od 50 m^2/g do 250 m^2/g
- Hustota fázy väzby: 1 až 5 na 1 nm^2
- Povrchová chémia adsorbentu / kolóny, závisí od typu ligandu pripojeného k povrchu: normálna fáza (OH, NH_2) a reverzná fáza (C8, C18, fenyl)

Detektory používané pri vysokotlakovej kvapalinovej chromatografii

Existuje mnoho rôznych typov detektorov, ktoré sa používajú na širokú alebo špecifickú analýzu HPLC. Detektor v systéme HPLC (rovnaké detektory v iných chromatografických technikách) má za úlohu zmeniť fyzikálny alebo chemický atribút na merateľný signál, signál zodpovedajúci koncentrácii alebo identite (kvalitatívna alebo kvantitatívna metóda). Na začiatku chromatografického použitia bola detekcia vykonaná spôsobom, že frakcie boli zhromaždené a potom boli analyzované v línii. Prvé HPLC detektory boli objavené a predstavené v rokoch 1940 a 1950. Zavedenie detektorov HPLC určite viedlo k citlivejšej a rýchlejšej analýze (Swartz, 2010).

Významným prelomom vo vývoji modernej kvapalinovej chromatografie je vynález prietokovej bunky (prvýkrát sa uskutočnil v roku 1940 vo Švédsku). Moderné detektory používané v kvapalinovej chromatografii vykonávajú na tom istom prístroji analytické aj prípravné stupnice. Jednou z najväčších výhod moderných detektorov je ich vysoká citlivosť (sú schopné detekovať zlúčeniny v nanogramoch), aj keď je spoľahlivá na vlastnosti zariadenia ako celého systému. Flexibilita detektorov je tiež dobrou vlastnosťou detektora,



pretože umožňuje rýchlu konverziu mobilnej fázy a režimu na inú. Moderné detektory sú takmer všetky on-stream alebo on-line monitory (detekcia je monitorovaná počas analýzy). Určite najcitlivejším detektorom je hmotnostný spektrometer (MS) a je to tiež on-line HPLC detektor. Detektor MS používaný pri vysokotlakovej kvapalinovej chromatografii je definovaný ako najcitlivejší, najselektívnejší a zároveň najuniverzálnejší detektor (na druhej strane je detektor MS najdrahší detektor používaný pri vysokotlakovej kvapalinovej chromatografii).

Najbežnejšie detektory indexu lomu sú:

- UV/VIS detektor
Toto je najbežnejší HPLC detektor, ktorý sa dnes používa, pretože mnohé zlúčeniny absorbujú vo viditeľnej oblasti od 190 nm do 600 nm (Shwartz, 2010).
- Pevná vlnová dĺžka
- 2013-
- Diódové pole
- Fluorescencia
Fluorescenčné detektory môžu byť veľmi citlivé na látky s natívnou fluorescenciou alebo fluorescencia, ktorá sa vykonáva derivatizáciou. Fluorescenčný detektor môže byť až 100-krát citlivejší ako detektory, ako je UV žiarenie, čo znamená, že fluorescenčný detektor je užitočný pre stopové analýzy, obmedzené vzorky alebo v prípade situácií s nízkymi koncentraciami vzoriek. Samozrejme, citlivosť fluorescenčného detektora môže byť ovplyvnená mobilnou fázou, tmivými roztokmi a rozpúšťadlami, ktoré nie sú správne odplynené (Shwartz, 2010).
- Detekcia indexu lomu
Detektor indexu lomu sa považuje za najstarší detektor kvapalinovej chromatografie; Má univerzálnu hromadnú vlastnosť. Detektor indexu lomu meria rozdiel v optickom indexe lomu medzi fázou vzorky a mobilnou fázou. Vzhľadom na tieto vlastnosti detektora indexu lomu sa detektor zvyčajne používa na analýzu suagarov, organických kyselín a triglyceridov (Shwartz, 2010).

Menej bežné detektory používané pri vysokotlakovej kvapalinovej chromatografii sú:

- Vodivosť
Je to detektor hromadných vlastností, ktorý meria vodivosť mobilnej fázy. V prípade, že analyt nemá UV chromofor, detektor vodivosti je tou správnou voľbou (Swartz, 2010). Nenasýtená skupina, ktorá absorbuje a odráža svetlo pod špecifickým uhlom, čo dáva odtieň. Nazýva sa chromofor (Chakraborty, 2015). Stanovenie organických kyselín sa často vykonáva pomocou vodivého detektora (Swartz, 2010).
- Hmotnostná spektrometria
- Odparte rozptyl svetla



Detektor odparovacieho rozptylu svetla (ELSD) pracuje na princípe mobilného fázového odparovania (rozprašovanie), meria svetlo rozptýlené výslednými časticami (Swartz, 2010).

Dôležité pojmy používané v chromatografii:

Eluent, eluát a odpadová voda?

Eluent (v niektorých literatúrach sa píše ako eluant): je synonymom pre mobilnú fázu. Jednoducho eluent je rozpúšťadlo alebo zmes rozpúšťadiel v elučnej chromatografii (Majors a Hinsaw, 2013).

Eluát: zmes rozpustenej látky a rozpúšťadla opúšťajúca kolónu. Iba počas separácie existuje eluát (Majors a Hinsaw, 2013).

Odpadová voda: prúd vytekajúci z kolóny. V skutočnosti je odpadová voda synonymom eluátu (Majors a Hinsaw, 2013).

Eluit: je to presnejší termín pre chromatografickú analyzovanú látku alebo rozpustenú látku. Eluit sa vzťahuje na eluovanú zložku vzorky. Termín eluit možno považovať za zriedkavý termín (Majors a Hinshaw, 2013).

Mŕtvy objem: je to nezametáný objem, ktorý je vystavený toku mobilnej fázy. Ďalšie rozšírenie vrcholu je spôsobené nadmerným mŕtvym objemom. Možno to vysvetliť ako extra objem spôsobený rozpustenými látkami prechádzajúcimi systémom alebo chromatografickým systémom (Cai, 2014).

Retenčný čas: čas, v ktorom sa na chromatograme získa pík. Retenčný čas je rozhodujúcim prvkom pre vykazovanie zlúčenín (Poole a Poole, 2009).

Plocha píku: je to plocha pod špecifickým píkom získaným v špecifickom retenčnom čase. Výpočet plochy píku je rozhodujúcim prvkom kvantifikácie zlúčenín (Papai a Pap, 2002).

Teoretická časť sa týka nasledovných otázok:

- Chromatografia - čo to je, aký je jej účel a aké sú jej výhody.
- Princíp tenkovrstvovej chromatografie, vysokotlakovej kvapalinovej chromatografie, plynovej chromatografie a opis hlavných detektorov použitých v uvedených typoch chromatografických systémov.
- Vysvetlenie pojmov mobilná fáza a stacionárna fáza
- Typy chromatografických systémov podľa rôznych dôležitých faktorov súvisiacich s mobilnými a stacionárnymi fázami, veľkosťami častíc, detekčnými limitmi atď.
- Vysvetlenie pojmov: mŕtvy objem, retenčný čas, eluent, eluát atď.
- Tenkovrstvová chromatografia (TLC): princípy, hodnotenie, typy mobilných a stacionárnych fáz.

Praktická časť:

Identifikácia syntetických potravinárskych farbív metódou TLC



Materiál:
Normy potravinárskych farbív
TLC platne
Kapiláry
Vývojová komora
Mobilná fáza: propanol: voda = 80:20

Stanovenie malondialdehydu metódou HPLC

Príprava extraktu:

Napipetujte 3 ml vzorky oleja do centrifugačných skúmaviek. Potom pridajte 6 ml 20% TCA. Potom inkubujte vzorky vo vodnom kúpeli pri teplote 95 °C počas 20 minút. Vzorky musia byť chránené pred svetlom. Vzorky sa potom ochladia vo vodnom kúpeli na teplotu približne 5 °C a potom sa odstreďujú 15 minút. Vzorky s veľmi blízkou hmotnosťou je potrebné umiestniť do odstredivky oproti sebe. Potom odoberte 2 ml supernatantu do 10 ml skúmaviek a pridajte 1 ml roztoku TBA. Vzorky sa potom inkubujú vo vodnom kúpeli pri teplote 95 °C počas 60 minút. Vzorky musia byť chránené pred svetlom. Vzorky sa potom ochladia vo vodnom kúpeli na teplotu približne 5 °C a potom sa odstreďujú 15 minút. Spodná vrstva (ružová) - 850 µl sa prefiltruje cez mikrofilter do injekčných liekoviek a opatrne sa uzavrie.

Hodnotenie:

Na základe kalibračných sérií malondialdehydu každý študent určuje obsah analytu vo vzorke. Študent priloží údaje a chromatogramy ako súčasť protokolu.

Záver:

Diskutujte o obsahu a príčinách malondialdehydu v oleji.

Spektrofotometria

Spektrofotometrické techniky a interpretácie údajov získaných spektrofotometrickou analýzou sú súčasťou dôležitých analytických laboratórií vrátane laboratórií na analýzu potravín. Spektrofotometrický analyzátor, tento pojem sa vzťahuje na rôzne spektrofotometrické senzory, prístroje, zariadenia, testery a sondy využívajúce spektrofotometrické techniky na analýzu rôznych vzoriek vrátane potravín a nápojov.

Srdcom každého takéhoto spektrofotometrického analyzátora je spektrofotometrický prevodník. Spektrofotometrický prevodník konvertuje optický signál na prvotné sekvenčné údaje. Najčastejšie používané vlnové dĺžky sú tieto:

- 200 - 300 nm stredné ultrafialové žiarenie
- 300 - 380 nm v blízkosti ultrafialového žiarenia



- 380 – 750 nm viditeľné žiarenie
- 750 – 2500 nm v blízkosti infračerveného žiarenia
- 2,5 – 10 μm stredné infračervené žiarenie

Zo spomínaných spektrofotometrických techník možno najužitočnejšiu techniku analýzy potravín označiť za blízku infračervenú spektrometriu (NIR), pretože vyhodnocuje prekrývajúce sa absorpčné píky, ktoré zodpovedajú chemickým väzbám C-H, O-H a N-H. Jednoduchosť a rýchlosť sú hlavnou výhodou NIR spektrometrie, pretože zvyčajne nie je potrebná príprava vzorky a čas potrebný na analýzu je zvyčajne kratší ako 1 minúta. Ďalšou výhodou NIR spektrometrie je, že umožňuje niekoľko identifikácií zložiek súčasne. NIR spektrometria je tiež dobrou voľbou pre analýzu potravinárskych výrobkov s vysokou vlhkosťou (Morawski, 2008)

Praktická práca:

Princíp absorpcie svetla, UV-VIS spektrofotometria

Materiál a zariadenia:

- Roztok uhličitanu sodného $c = 0,005 \text{ M}$
- Konžský štandardný (zásobný) roztok červený (10 mg v 100 ml), neznáma vzorka
- 10 ml odmerné banky
- Automatická pipeta 100-1000 μl
- Automatické pipetové špičky
- Misy
- UV-VIS spektrofotometer
- Pasteurove pipety, buničitá vata, odpadová kadička, injekčná striekačka s destilovanou vodou a etanolom

Cieľom praktickej práce je:

Pochopenie princípu UV-VIS spektrofotometrie, stanovenie absorpčného maxima štandardnej vzorky (λ_{max}), vytvorenie kalibračnej krivky pri špecifikovanom absorpčnom maxime, stanovenie koncentrácie určitej zlúčeniny v neznámej vzorke, výpočty koncentrácie.

Procedúra:

Stanovenie absorpčného maxima:

Najprv zapnite spektrofotometer UV-VIS, aby ste sa zahriali. Zvyčajne je bežné zapnúť spektrofotometer najmenej 30 minút pred meraním kvôli zahrievaniu lámp. Pripravené kyvety dôkladne opláchnite destilovanou vodou a malým množstvom roztoku uhličitanu sodného. Potom ich naplňte roztokom uhličitanu sodného na objem 3/4 a vonkajší povrch opatrne očistite destilovanou vodou (etanolom) a celulózovou vatou. Dbáme na to, aby sme sa nedotýkali oblasti, cez ktorú bude lúč prechádzať. Zanechanie stopy po končekoch prstov na kyvete sa môže prepletať a ovplyvniť výsledky. Čisté a suché kyvety sa správne umiestnia do spektrofotometra. Prvá kyveta sa umiestni do referenčnej polohy (to znamená slepá



vzorka) a druhá do pracovnej polohy. Spektrofotometer resetujeme na vlnové dĺžky 450-550 nm. Po resetovaní vyberte pracovnú kyvetu a nalejte jej obsah do odpadovej kadičky. Pracovnú kyvetu opláchnite destilovanou vodou.

Potom sa pipetou preniesie 1 ml štandardného roztoku Konga do 10 ml odmernej banky a doplní sa roztokom uhličitanov po značku. Pracovnú kyvetu opláchnite malým množstvom pripraveného roztoku, aby ste zabránili riedeniu. Potom naplňte kyvetu týmto roztokom na objem 3/4 a opatrne očistite vonkajší povrch destilovanou vodou (etanol) a celulózovou vatou. Vložte pracovnú kyvetu do spektrofotometra a začnite meranie. Na vyhodnotenie absorpčného maxima zaznamenávame absorbciu od 450 nm do 550 nm s intervalom 5 nm. Meranie opakujte 3-krát. Potom z nameranej absorpcie vyberieme vlnovú dĺžku absorpčného maxima. Pri tejto vlnovej dĺžke meriame zvyšok vzoriek.

Kalkulácia:

Namerané absorpcie a vlnové dĺžky vyjadrite v tabuľkovej forme. Urobí sa stredná a smerodajná odchýlka zaznamenaných absorpcií. Znázorní sa priemerné absorpcie (os y) a ich vlnové dĺžky (os x) do grafu (čiarový typ grafu). Stanovte, pri ktorej vlnovej dĺžke bola absorpcia najvyššia (absorpčné maximum λ_{max}).

Kalibračná krivka a stanovenie koncentrácie neznámej vzorky:

Napipetujte zo štandardného (zásaditého) roztoku do 10 ml odmerných baniek v objeme 0,5 ml; 1,0 ml; 1,5 ml; 2,0 ml a 2,5 ml a doplní sa roztokom uhličitanu sodného po značku. Potom zmeriame absorpciu každého roztoku kalibračných sérií. Nakoniec zmeriame absorpciu neznámeho roztoku. Každý roztok meriame 3 krát. Kalibračné série meriame od najnižšej koncentrácie po najvyššiu. Všimnite si zmeny farieb.

Kalkulácia:

Najprv vypočítajte koncentrácie štandardných kalibračných sérií v g/ml. Predpokladaná koncentrácia štandardného zásobného roztoku a objem pipetovaný do 10 ml odmerných baniek. Nameranú absorpciu a pre ne vypočítané koncentrácie vyjadrite vo forme tabuľky. Vypočíta sa stredná hodnota a smerodajná odchýlka od nameranej absorpcie kalibračných sérií. Priemerná absorpcia kalibračných sérií sa znesie do bodového grafu, kde os y je absorpcia a os x je koncentrácia v g/ml. Vytvorte regresnú rovnicu a faktor spoľahlivosti. Vypočítajte koncentráciu neznámej vzorky z regresnej rovnice. Pre každú absorpciu neznámej vzorky vypočítajte koncentráciu a vypočítajte strednú a smerodajnú odchýlku od vypočítaných koncentrácií.

Praktická práca:

Stanovenie spektrofotometricky kyseliny L-askorbovej

Hlavný:



Po extrakcii kyseliny askorbovej zo skúšobnej vzorky roztokom kyseliny metafosforečnej a kyseliny octovej sa kyselina askorbová redukuje farbivom 2,6-dichlórfenoldofenol. Následne sa nadbytočná farebná zlúčenina extrahuje xylénom a jej prebytok sa stanoví spektrofotometricky, merajúc pri vlnovej dĺžke 500 nm.

Chemikálie:

- Extrakčný roztok: roztok kyseliny metafosforečnej a kyseliny octovej v koncentrácii 30 g/l
- Roztok 2,6-dichlórfenolindofenolu s koncentráciou 250 mg/l
- Tlmivý roztok: octan sodný/kyselina octová s pH 4,0
- Xylén
- Na kalibráciu: štandardný roztok kyseliny askorbovej v koncentrácii 1 g/l

Postup (vlastná vzorka):

- Napipetujte 5 ml vlastnej vzorky do 50 ml odmernej banky a doplňte extrakčným roztokom po značku.
- Napipetujte 0,25 ml zriedenej vzorky do plastovej skúmavky.
- Potom sa pridá 0,25 ml tlmivého roztoku, 1,5 ml 2,6-dichlórfenolindofenolu a 5 ml xylénu.
- Po pridaní xylénu sa skúmavky intenzívne pretrepávajú 10 sekúnd a potom sa odstreďujú (3 minúty, 3500 ot / min).
- Potom sa meria absorbanca hornej xylénovej vrstvy pri 500 nm voči xylénu.

Postup (kalibračné série):

- Pripravte zásobný roztok kyseliny L-askorbovej (1 g/l).
- Okrem toho sa pripravuje množstvo štandardov so zložením v rozmedzí 0,1-0,6 mg / ml.
- Napipetujte 0,25 ml štandardu, 0,25 ml tlmivého roztoku, 1,5 ml 2,6-dichlórfenolindofenolu a 5 ml xylénu do plastových skúmaviek.
- Po pridaní xylénu sa skúmavky intenzívne pretrepávajú 10 sekúnd a potom sa odstreďujú (3 minúty, 3500 ot / min).
- Potom sa meria absorbanca hornej xylénovej vrstvy pri 500 nm voči xylénu.

Kalkulácia:

Koncentrácia kyseliny L-askorbovej sa vypočíta z regresnej rovnice kalibračnej krivky. Výsledok sa potom vynásobí zriedovacím faktorom (x10). Zloženie kalibračných sérií je uvedené v tabuľke 2.

Chemické prípravky:

Roztok kyseliny metafosforečnej a kyseliny octovej v koncentrácii 30 g/l:

15 g kyseliny metafosforečnej sa rozpustí v 200 ml vody a 40 ml ľadovej kyseliny octovej a doplní sa destilovanou vodou v 500 ml odmernej banke po značku. Roztok sa uchováva v chladničke.

Roztok 2,6-dichlórfenolindofenolu v koncentrácii 250 mg/l



V 100 ml odmernej banke sa rozpustí 25 mg sodnej soli 2,6-dichlórfenolíndofenolu v 75 ml teplej destilovanej vody obsahujúcej 21 mg hydroxidu sodného. Potom sa doplní vodou po značku. Roztok sa uchováva v chladničke a pravidelne sa pripravuje čerstvý.

Tlmivý roztok octanu sodného/kyseliny octovej s pH 4,0

30 g bezvodého octanu sodného sa rozpustí v 70 ml destilovanej vody a 100 ml ľadovej kyseliny octovej.

Zásobný roztok kyseliny L-askorbovej s koncentráciou 1 g/l

Pripraví sa rozpustením 100 mg kyseliny askorbovej v 100 ml odmernej banke doplnenej extrakčným roztokom.

Tabuľka 2. Zloženie kalibračných sérií (v 10 ml odmerných bankách)

Koncentrácia (mg/ml)	Zásobný roztok (1 g/l) v ml	Extrakčný roztok v ml
0,1	1,0	9,0
0,2	2,0	8,0
0,3	3,0	7,0
0,4	4,0	6,0
0,5	5,0	5,0
0,6	6,0	4,0

Viskozita

Viskozita je dôležitou vlastnosťou potravinárskej komodity, pretože môže byť spojená aj s príjmom potravy. Podľa údajov z literatúry zvýšená viskozita potravy znižuje príjem potravy a potláča chuť do jedla. Tento faktor sa vysvetľuje s možnosťou, že zvýšenie viskozity potravín oneskoruje rýchlosť vyprázdňovania žalúdka. V dôsledku toho sa pocit sýtosti (pocit plnosti) predlžuje s oneskoreným vyprázdňovaním žalúdka. Keďže zvýšenie viskozity potravín ovplyvňuje pocit plnosti, ovplyvňuje alebo moduluje aj postprandiálnu glykemickú a inzulínovú odpoveď (Zhu et al., 2013).

So študentmi je potrebné prediskutovať tieto otázky:

- Čo je viskozita? Viskozita a potravinárska veda.
- Aká vzťahová rovnica) vyjadruje správanie viskózne kvapaliny?
- Aké typy viskozít máme?
- Čo je newtonovská a nenevtonovská tekutina, rozdiely?
- Ako rozdelíme nenevtonovské látky?
- Aké typy viskozimetrov máme?

Možnosť výroby jedlých obalov. Matrice, ktoré možno použiť na výrobu jedlých obalov.
Aký je princíp polarimetrie?



Praktická časť:

Meranie viskozity - newtonovská a nenevtonovská tekutina

Koncentrovaná destilovaná voda s cirokovou múkou - odmerajte 3 g sypkej suroviny do 100 ml destilovanej vody a privedte do varu. Varte 1 minútu, potom vyberte zmes a nechajte vychladnúť na izbovú teplotu.

Meranie na rotačnom viskozimetri:

Po uvedení rotačného viskozimetra do prevádzky zaznamenajte dynamickú viskozitu od najnižších otáčok po najvyššie otáčky. Zaznamená sa rýchlosť a zodpovedajúce dynamické viskozity (mPa.s). Každá kvapalina sa musí merať dvakrát. Musí sa merať aj teplota kvapaliny.

Výsledky musia byť spracované nasledujúcim spôsobom:

Z nameraných viskozít pre zodpovedajúcu rýchlosť sa vypočíta priemerná a štandardná odchýlka. Pre každú kvapalinu sa vytvorí graf, v ktorom sú vynesené priemerné hodnoty meraní (y = dynamická viskozita, x = rýchlosť) a odchýlky. Z priebehu funkcie sa určuje, či je meraná kvapalina newtonovská alebo nenevtonovská tekutina. Ak ide o newtonovskú tekutinu, stanoví sa jej stredná hodnota dynamickej viskozity. Ak ide o nenevtonovskú tekutinu, z priebehu funkcie sa určí, či ide o pseudoplastickú alebo dilatačnú tekutinu.

Z tejto rovnice určíme hodnotu n

$$\eta = mD^{n-1}$$

Kde η je zdanlivá viskozita (mPa), m je konštanta a D je deformačná rýchlosť (rpm).

Pre $n < 1$ je látka pseudoplastická, v prípade $n > 1$ je to dilatačná kvapalina.

Texturálne vlastnosti potravín a zariadení používaných na meranie textúrnych vlastností potravín

Kvalita a najmä prijateľnosť potravinárskych komodít, čerstvých aj spracovaných komodít, často súvisí s texturálnymi vlastnosťami. Texturálne vlastnosti často predstavujú kľúčové atribúty kvality. Atribúty textúry sa používajú na nasledujúci odhad a monitorovanie:

- Hodnota potravín
- Kvalita kontroly
- Pripravenosť na zber
- Vplyv manipulácie po zbere úrody
- Vplyv spracovateľskej operácie
- Trvanlivosť
- Preferencie a prijateľnosť spotrebiteľov (Chen a Opara, 2013).



Bola vyvinutá široká škála inštrumentálnych testov na hodnotenie rôznych potravinárskych komodít, ktoré slúžia ako výskumné nástroje alebo na posúdenie štruktúry potravín počas priemyselného spracovania potravín. Výber nástroja určite závisí od jeho nákladov a dostupnosti osôb, ktoré ho môžu prevádzkovať (Chen a Opara, 2013). Textúru potravín možno definovať s reologickými a štrukturálnymi atribútmi, vrátane geometrických a povrchových, vnímaných mechanickými, hmatovými, vizuálnymi a sluchovými receptormi (Lawless a Heymann, 1998).

Inštrumentálne meranie textúry potravín sa vyvíja aj vďaka prekonaniu obmedzení sensorickej analýzy. Dôvod možno nájsť aj v tom, že textúra potravín vnímaná spotrebiteľom závisí od mechanického správania potravín v ústach. Inštrumentálne meranie textúry použité v experimentoch možno rozdeliť takto:

- Základné skúšky
Vyvíjajú ich vedci a inžinieri, ktorí chcú merať stavebné materiály. Tieto testy zvyčajne nie sú užitočné na meranie zmyslov potravy v ústach.
- Empirické a imitatívne inštrumentálne testy
Tieto testy sú vyvinuté a používané pri kvantifikácii vlastností textúry potravín (Chen a Opara, 2013).

Minimálny počet vzoriek, ktoré sa musia analyzovať, aby sa poskytla čo najobjektívnejšia analýza, je najmenej päť opakovaní. Medzi inštrumentálnou texturálnou analýzou potravín existuje skupina metód patriacich k deštruktívnym metódam:

- Trojbodová skúška ohybom
Metóda sa aplikuje tak, že sila je sústredená na stred vzorky, až kým nedôjde k zlomenine. Metóda sa používa na vzorky, ako sú sušienky, zemiakové lupienky a kukuričné lupienky (Chanier at al., 2007; Rojo a Vincent, 2009; James a kol., 2011).
- Skúška jednohranným vrúbkovaným ohybom (SENB)
Celý test je založený na vzorke medzi dvoma podporovanými kovadlinami. Zárez sa vytvorí v strede vzorky treťou kovadlinou, až kým nedôjde k zlomenine. Príkladom potravinárskych komodít, na ktoré možno test použiť, sú sušienky a jablká (Chen a Opara, 2013).
- Skúška kompresiou a prepichnutím
Toto je najbežnejšia použitá inštrumentálna analýza textúry potravín, pretože vzorky potravín môžu byť tuhé alebo polotuhé. Analyzovanými vzorkami môžu byť gély, jablkové krúžky, kukuričné lupienky, syr, strúhanka, mrkva, kivi, zemiakové plátky, obilniny atď. Test textúry sa môže vykonať na celých



plodoch alebo častiach ovocia v závislosti od typu experimentu alebo množstva vzoriek (Rolle et al., 2012). Sondy majú pre oba testy zvyčajne valcovitý tvar. Rozdiel je v priemeroch hláv, pri testoch vpichu je priemer hlavy zvyčajne pod 11 mm, dokonca 1 mm malý (niečo ako ihla). Tieto metódy sú zvyčajne štandardnými metódami na hodnotenie pevnosti ovocnej dužiny.

- Test stresovej relaxácie

Tento test sa zvyčajne vykonáva na účely analýzy viskoelastických atribútov polotuhých potravín. Príkladmi sú ryby, syry, klobása a cesto z múky. Princípom metódy je, že vzorka je stlačená (kompresia trvá do určitého očakávaného napätia) pri určitej rýchlosti, zatiaľ čo sila sa zaznamenáva počas relaxácie (čas sa zvyčajne pohybuje od 1 minúty do 10 minút).

- Skúška šmykovou silou spoločnosti Warner-Bratzler (WBSFT)

WBSFT je najčastejšie používaný inštrumentálny texturálny test na hodnotenie jemnosti mäsa. Metóda bola vynájdená v roku 1930 a stále sa široko používa na rôznych texturálnych zariadeniach (TAXT, Instron atď.) (Chen a Opara, 2013). Princípom testu je, že vzorka mäsa je strihaná kolmo v orientácii svalových vlákien (Destefanis et al., 2008). Maximálna šmyková sila je najvažovanejším parametrom v teste šmykovej sily spoločnosti Warner-Bratzler (Chen a Opara, 2013).

- Kombinácia skúšok mechanických a akustických metód

Tieto testy sa používajú hlavne pre tvrdé, chrumkavé a chrumkavé potravinárske komodity, kde sa meria ich krehké lomové správanie a ostrý zvuk. Tieto atribúty potravinárskych komodít úzko súvisia s ich texturálnymi vlastnosťami. Vyššie opísané skúšky (kompresné, prienikové a trojbodové skúšky ohybom) sú kombinované so stanovením akustického signálu. Kombinácia mechanických a akustických skúšok bola úspešne použitá aj na meranie chrumkavosti jablák. Tieto testy sa vykonávajú aj sondou vloženou do vzorky potravín a merajúcou vibrácie (Taniwaki a kol., 2006). Touto metódou sa hodnotia tieto potravinárske komodity: hranolky, hruška, listy kapusty, hroznová dužina a tomel (Chen a Opara, 2013).

- Imitačné metódy

Imitačné metódy tiež patria k deštruktívnym metódam, pretože napodobňujú proces hryzenia počas jedenia. Tieto metódy sa často nazývajú "zubné metódy" (Jiang et al., 2008). Na vykonávanie týchto metód sa často používajú zubné sondy, pretože cieľom je získať výsledky korelujúce s ľudským vnímaním v ústach. Na vykonávanie týchto metód sa niekedy používajú aj umelé sliny. Hodnotenú vzorky potravín sú často potravinárske komodity na báze škrobu.

- Iné deštruktívne metódy

Môžu sa použiť tieto metódy: metóda separácie ťahom sondy (meranie lepidivosti tekutých potravín), šmykový test rezania (meracie bunky držané v



stupni a rezná sila potravín, zvyčajne čerstvých potravín), trakčná skúška (meranie základných mechanických vlastností potravinárskych komodít počas určitého času) (Chen a Opara, 2013).

Nedeštruktívne metódy testovania čerstvých a spracovaných potravinárskych komodít sú veľmi dôležité pre monitorovanie a kontrolu kvality výrobkov. Tieto metódy zahŕňajú mechanické techniky, ktoré merajú kvázistatickú deformáciu sily a reakciu na náraz (Chen a Opara, 2013).

Publikované experimenty naznačujú, že existujú dva hlavné nástroje používané na meranie texturálnych vlastností rôznych potravinárskych komodít (vrátane tuhých a polotuhých druhov potravín):

- Analyzátor textúr (TA) (Stable Micro Systems Ltd.). Používajú sa tieto modely: TA-XT2i, TA-XT2 a TA. XT plus. ĎAKUJEM. XT plus sú podľa literatúry údaje najobľúbenejšie v experimentoch s textúrami potravín.
- Testovací stroj Instron (Instron Ltd.)

ĎAKUJEM. Prístroj XT plus je v porovnaní s prístrojom Instron viac zameraný na analýzu textúry potravín a používa sa v akademickej aj priemyselnej oblasti. Prístroj Instron možno definovať ako všeobecnejší a profesionálnejší prístroj na meranie mechanických vlastností rôznych materiálov (Chen a Opara, 2013).

Praktická časť:

Testovanie obalového materiálu:

Odstráňte jedlý obal z Petriho misky pomocou rúk a špachtle. Snažte sa obal nerozbiť. Potom z obalu vystrihnite 3 prúžky s rozmermi 1x5 cm. Pri rezaní dávajte pozor, aby ste obal nedeformovali alebo nenatiahli. Pásky položte na filtračný papier. Tento postup opakujte s inými obalovými materiálmi. Potom použite texturometer na meranie textúry každého prúžku.

Polarimetria

Princípom polarimetrie je merať rozsah, v akom určitá látka interaguje s rovinným polarizovaným svetlom. Rovinné polarizované svetlo je definované ako svetlo pozostávajúce z vibrujúcich vln iba v jednej rovine. Kvantifikácia rôznych cukrov, sacharidov sa často meria pomocou polarimetrie (Caprita et al., 2014).



Praktická práca:

Polarimetrické stanovenie škrobu podľa Ewersa

Metóda:

2,5 g múky sa umiestni do 100 ml odmernej banky a pridá sa 20 ml 1,124% kyseliny chlorovodíkovej. Obsah banky sa dôkladne premieša a steny sa opláchnu ďalšími 25 ml zriedenej kyseliny chlorovodíkovej. Banka sa potom umiestni do vriaceho vodného kúpeľa presne na 15 minút a obsah banky sa mieša každé 3 minúty. Po 15 minútach sa banka vyberie z vodného kúpeľa, pridá sa ďalších 20 ml kyseliny chlorovodíkovej a ochladí sa. Obsah banky sa vyčíri 3 ml Carrezovho činidla I a 3 ml Carrezovho činidla II. Po vyčírení doplňte vodou po značku, dôkladne premiešajte a prefiltrujte.

Meranie na polarizátore:

- Polarimeter uveďte do prevádzky najmenej 5 minút pred meraním.
- Kyvetu opláchnite najskôr vodou a potom malým množstvom vzorky. Potom ju naplňte vzorkou až po okraj (na konečné doplnenie používame Pasteurovu pipetu). Kyvetu prikryte sklíčkom a podložné sklíčko upevnite závitom tak, aby neunikla žiadna tekutina. Kyvetu vyčistite, posuňte a výslednú vzduchovú bublinu preneste do sférickej časti kyvety.
- Pred meraním na polarimetri nastavte číselníkom 0 °. Potom opatrne vložte kyvetu do polarimetra. Pomaly otáčajte nastavovacím voličom a sledujte kruhové pole v okulári. Všetky 3 časti zorného poľa majú rovnaké oranžové svetlo. Potom odčítajte rotáciu na váhach na oboch stranách polarimetra. Stupne čítané na oboch stranách by sa mali zhodovať.
- Počas ďalšieho merania rozmažte polarimeter a znova vyhľadajte polohu, v ktorej sú všetky časti zorného poľa rovnako osvetlené oranžovou farbou. Meranie by sa malo vykonať aspoň v 3 opakovaníach kvôli presnosti a štatistickej analýze.

Obsah soli v potravinárskych komoditách

Objav použitia soli pri konzervácii potravín bol podľa údajov z literatúry vynálezom (pred 5000 rokmi) Číňanov. Existuje tiež odhad, že ľudia konzumovali menej ako 0,25 g soli denne niekoľko miliónov rokov. Po zistení, že soľ sa dá účinne využiť na konzerváciu potravín, sa príjem soli neustále zvyšuje. Podľa literárnych údajov bola maximálna úroveň príjmu sodíka dosiahnutá v roku 1870. Vynález chladničiek mierne znížil príjem soli, ale spracované potraviny (zvyčajne vysoký zdroj sodíka) sú pre spotrebiteľov vysoko prijateľné, čo opäť viedlo k zvýšeniu príjmu soli. Samozrejme, v strave západných a ázijských krajín existujú rôzne zdroje soli. Hlavný zdroj sodíka v západných krajinách pochádza zo spracovaných potravín a reštaurácií, v ázijských krajinách pochádza hlavný zdroj sodíka zo soli pridanej počas prípravy kulinárskych jedál doma. Celkový denný príjem soli sa odhaduje na 9 g až 12



g (Brown a kol., 2009; On a Macgregor, 2010; Leong a kol., 2016; Rodrigues a kol., 2016; Dordevic et al., 2018).

Stanovenie obsahu sodíka

Nasledujúca analýza sa zvyčajne používa na stanovenie obsahu sodíka:

- Ion-y
- Postup Mohrovej titrácie
- Postup Volhardovej titrácie
- Indikátory testovacích prúžkov
- Atómová absorpčná spektroskopia
- Optická emisná spektroskopia s indukčne viazanou plazmou

Tieto metódy sú oficiálnymi metódami pre rôzne komodity. Indikátory iónovo selektívnej elektródy, Mohrovej titrácie, Volhardovej titrácie a testovacích prúžkov sú určite rýchlejšie a lacnejšie analýzy, aj keď nie sú také presné, keď sa na priamy odhad obsahu sodíka použije atómová absorpčná spektroskopia a optická emisná spektroskopia s indukčne viazanou plazmou (Nielsen, 2017).

Princípom Mohrovej metódy alebo Mohrovej titrácie je kvantifikácia chloridových iónov, nad ktorými sa vypočítavajú ióny sodíka. Dusičnan strieborný sa používa na titráciu vzorky obsahujúcej chloridy. Striebro z dusičnanu strieborného vytvára komplex s dostupným chloridom a potom striebro reaguje s chrómanom (ktorý sa pridáva do vzorky) za vzniku oranžovo sfarbeného chrómanu strieborného. Objem dusičnanu strieborného používaný do vytvorenia oranžovo sfarbeného chrómanu strieborného sa používa na výpočet obsahu sodíka vo vzorke (Nielsen, 2017).

Počas Mohrovej titrácie je potrebné vziať do úvahy nasledujúce opatrenia:

- Používanie rukavíc a ochranných okuliarov
- Chróman draselný môže byť nebezpečný pre citlivú pokožku
- Kryštalický AgNO_3 a jeho roztoky vytvárajú tmavohnedé škvrny v dôsledku fotorozkladu soli na kovové striebro. Zmena farby ničí laboratórny nábytok a životné prostredie. Rozliatie roztoku by sa malo okamžite špongiou a potom by sa špongia mala dôkladne opláchnuť pri umývadle. Plocha by mala byť potom opláchnutá a vymopovaná najmenej 3-4 krát čistou špongiou. Všetky pipety, byrety, banky, kadičky atď. by sa mali po pokusoch opláchnuť, aby sa zabezpečilo odstránenie všetkého zvyškového AgNO_3 .

Volhardova metóda sa používa na stanovenie aniónov chloridov v rôznych potravinách. Princípom metódy je pridanie nadbytku roztoku dusičnanu strieborného do analyzovanej vzorky. V dôsledku toho sa chlorid strieborný kvantitatívne vyzráža. Na stanovenie



koncentrácií chloridov sa používa spätná titrácia nadbytku iónov striebra. Spätná titrácia sa vykonáva roztokom tiokyanátu, zatiaľ čo kamenec železitý sa používa ako indikátor (Haouet a kol., 2006).

Praktická práca:

1. Princíp stanovenia soli podľa Mohra
2. Princíp určovania soli podľa Volharda

Volhardova metóda je metóda nepriamej alebo spätnej titrácie, pri ktorej sa nadbytok štandardného roztoku dusičnanu strieborného pridá do roztoku vzorky obsahujúceho chloridy. Nadbytok striebra sa potom spätne titruje štandardizovaným roztokom tiokyanátu draselného alebo amónneho s indikátorom železitým iónom.

Stanovenie soli podľa Mohra

Metóda

Vzorky: korenie korenie s vysokým a nízkym obsahom soli

Navážte 1 g vzorky výrobku do kadičky a kvantitatívne preneste do 200 ml kadičky so 100 ml horúcej destilovanej vody. Produkt sa premieša v banke a nechá sa extrahovať 30 minút. Potom pridajte 5 ml Carrezovho činidla I a II a po vyčírení doplňte vodou po značku a prefiltrujte cez skladaný filter. Napipetujte 25 ml filtrátu do titračnej banky a pridajte 50 ml destilovanej vody. Potom pridajte niekoľko kvapiek fenoltaleínu do banky a neutralizujte 0,25 M NaOH na pH približne 7. Skontrolujte pH lakmusovým papierikom. Potom pridajte do vzorky 1 ml 5 % chrómanu draselného a titrujte 0,05 M štandardným roztokom dusičnanu strieborného do trvalej červenkastej farby. Titrujte v troch replikátoch.

Kalkulácia

Obsah chloridov sa vypočíta ako chlorid sodný v % podľa vzorca:

$$x (\%) = \frac{v \cdot M \cdot c}{m} \cdot \frac{V_1}{V_2} \cdot 0.1$$

kde **V** je objem štandardného roztoku dusičnanu strieborného v ml; **c** je koncentrácia štandardného roztoku dusičnanu strieborného v mol / l; **M** je molárna hmotnosť NaCl (58, 45 g / mol); **V1** je objem vodného extraktu vzorky v ml; **V2** je objem filtrátu použitého na analýzu v ml; **m** je hmotnosť vzorky v g. Výsledok a SD sa zaokrúhľia na dve miesta za nulou.

Stanovenie kyslosti horčice

Metóda

Plnotučná a kremžská horčica

Pomocou injekčnej striekačky navážte 20 g vzorky do skla, pridajte 100 ml destilovanej vody a homogenizujte, potom preneste s ďalšími 100 ml do 200 ml odmerných baniek a doplňte



destilovanou vodou po značku. Potom prefiltrujte obsah banky, odstráňte prvú časť filtrátu a pokračujte vo filtrácii. Po filtrácii sa odmeria 100 ml filtrátu do kadičky a titruje sa štandardným roztokom 0,1 M NaOH s použitím pH metra na pH 8,1. Zanedbávajú štandardizáciu meracieho roztoku. Stanovenie sa vykoná v dvoch replikátoch.

Kalkulácia

Percento kyseliny octovej v horčici sa vypočíta pomocou vzťahu:

$$x (\%) = \alpha \cdot 0,06005$$

kde α je spotreba štandardného roztoku hydroxidu sodného. Zaokrúhlite výsledok a SD na dve miesta za nulou.

Hodnotenie

Uvedte kyslosť horčice a porovnajete experimentálne výsledky s legislatívou.

Stanovenie obsahu cukru

Obsah cukru v potravinárskych komoditách možno určiť použitím rôznych techník. Zvyčajne sa používajú tieto neselektívne metódy:

- Titračné metódy (používané na stanovenie redukovaných cukrov, neselektívna metóda)
- Refraktometrické metódy (použitie na odhad celkového množstva cukru, neselektívna metóda)

Zo selektívnych metód používaných na stanovenie rôznych cukrov sa najčastejšie používajú tieto metódy:

- Infračervená spektroskopia (Ramasami et al., 2004)
- Kvapalinová chromatografia s detektorom indexu lomu (Kamal a Klein, 2011) a hmotnostná spektrometria (Kubica et al., 2012)
- Plynová chromatografia s plameňovo-ionizačným detektorom (Adams et al., 1999) a hmotnostná spektrometria (Medeiros a Simoneit, 2007).

Samozrejme, výber techník závisí od mnohých faktorov, vrátane laboratórneho vybavenia a vzdelania zamestnancov.



Praktická práca:

Stanovenie redukujúcich cukrov podľa Bertranda

Chemikálie:

Fehlingovo riešenie I,

Fehlingovo riešenie II,

manganistan draselný ($c = 0,02 \text{ mol/l}$),

kyselina sírová ($c = 3 \text{ mol/l}$),

kryštál kyseliny šťaveľovej. p.a. dihydrát, roztok síranu železitého.

Metóda:

Najprv sa vypočíta hmotnosť dihydrátu kyseliny šťaveľovej potrebná na prípravu 100 ml roztoku s koncentráciou 0,05 mol/l. Navážte vypočítané množstvo na štyri desatinné miesta, kvantitatívne preneste do 100 ml odmernej banky, rozpustite a doplňte vodou po značku. Napipetujte 10 ml tohto štandardného roztoku do titračnej banky, okyslite 5 ml roztoku kyseliny sírovej a pridajte približne 1 ml štandardného roztoku manganistanu z byrety. Titrčná banka sa zahreje na teplotu približne $60 \text{ }^\circ\text{C}$ a po odfarbení roztoku pokračuje titrácia až do prvej svetloružovej farby, ktorá je stabilná najmenej 30 sekúnd. Titrácia sa vykoná trikrát.

Pomocou hodnôt stechiometrických reakčných koeficientov vyjadrite pomer hmotnostných množstiev oboch reaktantov, $n(\text{KMnO}_4) / n((\text{COOH})_2)$ v bode ekvivalencie a vypočítajte presnú koncentráciu manganistanu draselného. Stanovte strednú a smerodajnú odchýlku od vypočítaných koncentrácií.

Príprava extraktov

Ukážky: Ľanové koláče

Metóda:

Dostatočné množstvo vzorky sa homogenizuje v tretej miske a 5 g homogenizovanej vzorky sa odváži na 2 až 3 desatinné miesta v 250 ml kadičke. Dávka sa potom zmieša so 100 ml destilovanej vody a vzorka sa pomelie pomocou miešača. Zmes sa potom prefiltruje cez niekoľkokrát zloženú gázu.

Napipetujte 20 ml Fehlingovho roztoku I a 20 ml Fehlingovho roztoku II do 100 ml Erlenmayerovej banky, zmes sa zahreje na približne $60 \text{ }^\circ\text{C}$, pridá sa 10 ml filtrátu a magnetického miešadla a zmes sa zahreje ďalej do varu. Var by mal byť mierny a udržiavaný presne 2 minúty. Po 2 minútach varu ochladte banku prúdom studenej vody. Obsah banky sa kvantitatívne prefiltruje pod zníženým tlakom cez Buchnerov lievik s filtračným papierom so širším priemerom ako Buchnerov lievik tak, aby zrazenina priľnula len k filtračnému papieru. Oxid meďnatý by nemal byť vystavený vzduchu, aby sa zabránilo oxidácii. Nakoniec sa zrazenina dôkladne premyje horúcou vodou. Zrazeninový filter sa vyberie z Bucherovho



lievika a vloží sa do Erlenmayerovej banky (300 ml) obsahujúcej 40 ml roztoku síranu železitého. Erlenmayerova banka sa potom zahrieva na horúcej platni až do zrazeniny Rozpúšťa. Obsah banky sa potom okamžite titruje štandardným roztokom manganistanu draselného. Vykonajte svoje vlastné určenie 2 krát.

Kalkulácia:

Spotreba 1 ml roztoku manganistanu draselného s koncentráciou 0,020 mol/l zodpovedá 3,315 mg redukujúcich cukrov. Stanovte percento redukujúcich cukrov vo výrobku a smerodajnú odchýlku. Určite percento redukujúcich cukrov v produkte.

Praktická práca:

Stanovenie diastatickej sily

Vzorky: pšeničná múka a ražná múka

Metóda:

Extrakcia amylázy: Navážte 10,00 g vzorky múky, zmiešajte ju s 250 ml destilovanej vody pri 37 °C a miešajte pri tretej rýchlosti tri minúty. Výsledná suspenzia sa prefiltrovala a filtrát sa použil na ďalšie stanovenie.

Nasýtenie roztoku škrobu: Napipetujte 50 ml roztoku škrobu do 100 ml odmernej banky. Pridajte 5 ml tlmivého roztoku a zahrievajte 10 minút pri teplote 37 °C. Potom sa do banky pridá 2,5 ml filtrátu a umiestni sa do vodného kúpeľa ohriateho na 37 °C. na 1 hodinu. Po uplynutí tejto doby sa enzymatická aktivita zastaví pridaním 2 ml roztoku hydroxidu sodného, banka sa doplní destilovanou vodou po značku a obsah banky sa dobre premieša.

Redukcia jódu výslednými cukrami: Napipetujte 50 ml roztoku zo 100 ml banky do 300 ml Erlenmayerovej banky a pridajte 25 ml odmerného roztoku jódu a 3 ml roztoku hydroxidu sodného. Banku uzavrite a nechajte stáť 15 minút. Reakcia sa potom ochladí pridaním 4,5 ml roztoku kyseliny sírovej.

Titračia nepoužitého jódu: Nepoužitý jód sa okamžite titruje štandardným roztokom tiosíranu sodného, až kým sa farba roztoku nezmení z modrastého tónu na krémovo žltú farbu, ktorá zostane nezmenená aspoň jednu minútu.

Slepý pokus: Napipetujte 50 ml roztoku škrobu do 100 ml odmernej banky a zahrievajte v termostate 10 minút pri teplote 37 °C. Potom pridajte 2,5 ml filtrátu a 0,3 ml roztoku hydroxidu sodného do banky a doplňte destilovanou vodou po značku.

Kalkulácia:

Diastatická sila de sa vypočíta podľa vzťahu:

$$DM = (a - b) \cdot 34,2 \cdot \frac{100}{100 - w}$$



kde a je spotreba volumetrického roztoku tiosíranu v slepom pokuse v ml, b je spotreba odmerného roztoku tiosíranu pri samostanovení v ml, w je obsah vlhkosti v percentách. Výsledok je vyjadrený ako celé číslo.

Praktická práca:

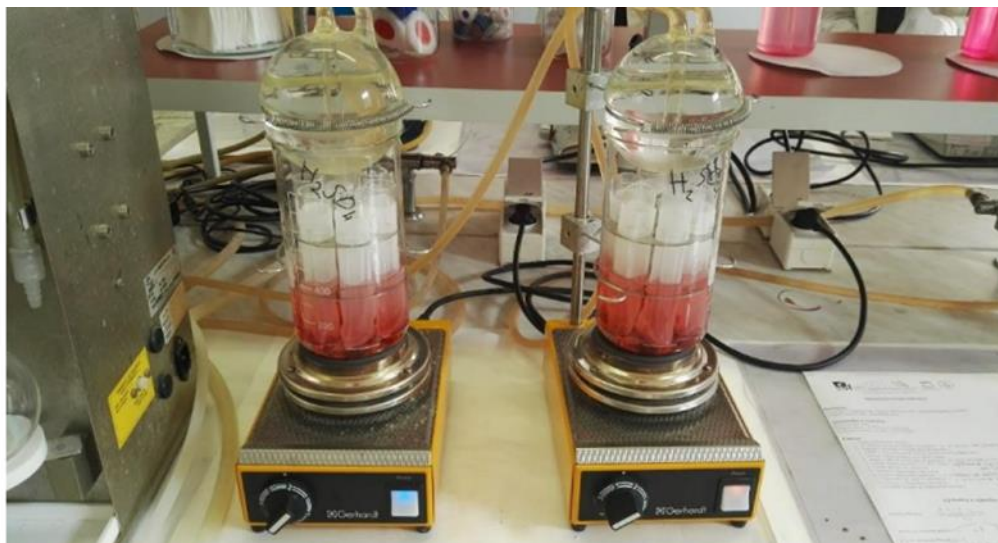
Stanovenie vlákniny

Vzorky: Tmavý/svetlý toastový chlieb, celozrnná múka je súčasťou výroby.

Metóda:

Metóda sa vykonáva v nasledujúcich krokoch:

- Najprv je potrebné zvážiť hmotnosť filtračných vakov (FiberBags). Potom navážte vzorku s hmotnosťou 1 g do vrečka na vlákno s presnosťou na 0,0001 g.
- Vzorky FibreBag vložte do karuselu s dištančnými vložkami. Potom umiestnite kolotoč do 1-litrovej kadičky bez výtoku s 360 ml 0,13 M kyseliny sírovej.
- Pred zahriatím zapnite kondenzátor, ktorý ochladí kadičku so vzorkou. Zahrievajte ho 30 minút. Tento krok je znázornený na obrázku 2.
- Po uplynutí tejto doby (30 minút) sa zvyšková kyselina sírová zo vzoriek trikrát premyje vriacou vodou.
- Potom sa kolotoč umiestni do 1-litrovej kadičky s 360 ml 0,23 M hydroxidu draselného.
- Vzorky sa znovu zahrievajú 30 minút.
- Po uplynutí 30 minút sa zvyškový hydroxid draselný zo vzoriek trikrát premyje vriacou vodou.
- Potom vložte karuselový pás bez dištančných vložiek do sušiarne a cez noc sušte pri teplote 105 °C.
- Po vysušení vrečka FibreBag sa vzorky umiestnia na 30 minút do exsikátora.
- Weigh FibreBag.
- Vložte vrečka FiberBags do keramických pohárov a spaľujte pri teplote 600 ° C celkovo 4 hodiny.
- Potom vložte vzorky zo sušiarne do exsikátora a nechajte vychladnúť na izbovú teplotu.
- Vzorky sa odvážia. Stanovte tiež slepé vzorky s prázdnyim vrečkom FiberBag.



Obrázok 2. Zahrievací FibreBag so vzorkami kyseliny sírovej (0,13 M kyselina sírová)

Kalkulácia:

Množstvo vlákny sa stanoví na základe tohto vzorca:

$$\text{Raw fiber} = \frac{((\chi - \alpha) - (\delta - \zeta)) * 100}{\beta} \quad [\%]$$

$$\text{Blank value } \zeta = \delta - \psi$$

Kde:

α = hmotnosť vrečka na vlákno v g,

β = hmotnosť vzorky v g,

χ = hmotnosť téglíka a vysušeného vrečka na vlákno po varení v g,

δ = hmotnosť téglíka a popola v g,

ζ = hodnota prázdneho vrečka na vlákno v g,

ψ = hmotnosť téglíka v g.

Referencie:

ADAMS, M.A., CHEN, Z., LANDMAN, P. a COLMER, T.D. Súčasné stanovenie organických kyselín, cukrov a cukrových alkoholov v extraktoch rastlinného tkaniva ako ich trimetylsilylových derivátov kapilárnou plynovou chromatografiou. *Analytická biochémia*. 1999, **266**(1), 77-84.

AHUJA, S.,. Vysokotlaková kvapalinová chromatografia. *Komplexná analytická chémia*, 47, str.485-559. Borman, S., 1987. Eluent, odpadová voda, eluát a eluit. *Analytická chémia*. 2006, **59**(2), 99A-99A.



- BROWN I.J., TZOULAKI I., CANDEIAS V. a ELLIOTT, P. Príjmy soli po celom svete: dôsledky pre verejné zdravie. *Medzinárodný vestník epidemiológie*. 2009, **38**, 791–813.
- CAI, L. Tenkovrstvová chromatografia. *Súčasné protokoly Základné laboratórne techniky*. 2014, **8**(1), 3–6.
- CAPRITA, R., CAPRITA, A. a CRETESCU, I. Stanovenie koncentrácie laktózy v mliečnom sére refraktometricky a polarimetricky. *Vedecké práce: Veda o zvieratách a biotechnológia*. 2014, **47**(1), 158–216.
- CHAKRABORTY, J.N. vyd. *Základy a postupy pri farbení textílií*. 2015, CRC Press.
- CHAUNIER, L., DELLA VALLE, G. a LOURDIN, D. Vzťahy medzi textúrou, mechanickými vlastnosťami a štruktúrou kukuričných lupienkov. *Medzinárodný výskum potravín*. 2007, **40**, 493–503.
- CHEN, L. a OPARA, U.L. Prístupy merania textúry v čerstvých a spracovaných potravinách - prehľad. *Medzinárodný výskum potravín*. 2013, **51**(2), 823–835.
- Tenkovrstvová chromatografia (HPTLC). *Kontakty (Merck)* 3:16–34.
- DESTEFANIS, G., BRUGIAPAGLIA, A., BARGE, M. T. a DAL MOLIN, E. Vzťah medzi vnímaním nežnosti konzumenta hovädzieho mäsa a šmykovou silou Warner-Bratzler. *Veda o mäse*. 2008, **78**(3), 153–156.
- ĐORĐEVIĆ, Đ., BUCHTOVÁ, H. a MACHARÁČKOVÁ, B. Mikrogulôčky soli a použitie chloridu draselného na redukciiu sodíka: Prípadová štúdia so sushi. *Medzinárodná potravinárska veda a technológia*. 2018, **24**(1), s. 3 – 14.
- HAHN-DEINSTROP, E. *Aplikovaná tenkovrstvová chromatografia*, 2. vyd. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Nemecko. 2006.
- HAOUIET, M.N., ALTISSIMI, M.S., FRAMBOAS, M. a GALARINI, R.. Validácia Volhardovej metódy na stanovenie chloridov v potravinách. *Akreditácia a zabezpečenie kvality*. 2006, **11**(1), 23–28.
- ON, F.J. a MACGREGOR G.A. Zníženie príjmu soli v populácii na celom svete: Od dôkazov k implementácii. *Pokrok v kardiovaskulárnych ochoreniach*. 2010, **52**: 363–382.
- JAMES, B., YOUNG, A., SMITH, B., KIM, E., WILSON, A. a MORGENSTERN, M.P. Zmeny textúry bolusu na "bod prehltnutia" – lomová húževnatosť a extrúzia chrbta na test počiatočného a koncového bodu. *Procedia Food Science*. 2011, **1**, 632–639
- JIANG, M.K., WANG, Y.F., van SANTEN, E. a CHAPPELL, J.A. Hodnotenie texturálnych vlastností filé zo sumca kanálového (*Ictalurus punctatus* Rafinesque) metódou prirodzeného obrysu. *LWT - Potravinárska veda a technológia*. 2008, **41**, 1548–1554.
- KAMAL, M.A. a KLEIN, P. Stanovenie cukrov v mede kvapalinovou chromatografiou. *Saudský časopis biologických vied*. 2011, **18**(1), 17–21.
- KUBICA, P., KOT-WASIK, A., WASIK, A., NAMIEŠNIK, J. a LANDOWSKI, P.. Moderný prístup k stanoveniu laktulózy, manitolu a sacharózy v ľudskom moči pomocou HPLC–MS/MS



- pre štúdie priepustnosti čriev a horného tráviaceho traktu. *Časopis chromatografie B.* 2012, 907, 34-40.
- LAWLESS, H.T. a HEYMANN, H.H. *Senzorické hodnotenie potravín: princípy a postupy.* New York, NY: Chapman a Hall. 1998.
- LEONG, J., KASAMATSU C., ONG, E., HOI, J.T. a LOONG, M.N. Štúdiá o redukcii senzorických vlastností a náhrade v ázijských potravinách pomocou testu diff-from - Kontrola. *Potravinárska veda a výživa.* 2016, 4: 469–478.
- MAJORS, R.E. a HINSHAW, J.. Príručka terminológie pre chromatografiu a prípravu vzoriek. *LC-GC Severná Amerika,* 2013, 31(10), S43-S43.
- MEDEIROS, P.M. a SIMONEIT, B.R. Analýza cukrov vo vzorkách životného prostredia plynovou chromatografiou – hmotnostnou spektrometriou. *Journal of Chromatography A.* 2007, 1141(2), str.271-278.
- MORAWSKI, R.Z. September. O potravinách, spektrofotometrii a spracovaní nameraných údajov. In Proc. 12. spoločného sympózia IMEKO TC1 a TC7 "Veda a meranie človeka. 2008, 7-20.
- NIELSEN, S.S. Stanovenie sodíka pomocou iónovo selektívnych elektród, Mohrovej titrácie a testovacích prúžkov. In *Laboratórna príručka pre analýzu potravín* (s. 161-170). Springer, Cham. lupienkov zo štyroch odrôd zemiakov. *Analýza technických porúch.* 2017, 16, 2698–2704
- PÁPAI, Z. a PAP, T.L. Analýza asymetrie vrcholu v chromatografii. *Časopis chromatografie A.* 2002, 953(1-2), 31-38.
- POOLE, C.F. a POOLE, S.K. Základy retencie v rozdeľovacej chromatografii. *Časopis chromatografie A.* 2009, 1216(10), 1530-1550.
- RAMASAMI, P., JHAUMEER-LAULLOO, S., RONDEAU, P., KADET, F., SEEPUJAK, H. a SEERUTTUN, A.. Kvantifikácia cukrov v nealkoholických nápojoch a ovocných šťavách hustotou, refraktometriou, infračervenou spektroskopiou a štatistickými metódami. *Juhoafrický vestník chémie.* 2004, 57.
- RODRIGUES, D.M., SOUZA, V.R., MENDES, J.F., NUNES, C.A. a Pinheiro A.C.M. Mikročasticová zmes: Alternatíva k zníženiu sodíka v zemiakoch. *LWT – potravinárska veda a technológia.* 2016, 69, 390–399.
- ROJO, F.J. a VINCENT, J.F. Objektívne a subjektívne meranie chrumkavosti lupienkov zo štyroch odrôd zemiakov. *Analýza technických porúch.* 2009, 16(8), 2698 – 2704.
- ROLLE, L., SIRET, R., RÍO SEGADÉ, S., MAURY, C., GERBI, V. a JOURJON, F. Parametre inštrumentálnej analýzy textúry ako markery kvality stolového hrozna a muštového hrozna: prehľad. *Americký časopis enológie a vinohradníctva.* 2012, 63, 11–28.
- Detektory SWARTZ, M. HPLC: STRUČNÝ PREHLAD. *Časopis kvapalinovej chromatografie a súvisiacich technológií.* 2010, 33(9-12), 1130-1150.
- TANIWAKI, M., HANADA, T. a SAKURAI, N. Zariadenie na akustické meranie textúry potravín pomocou piezoelektrického senzora. *Medzinárodný výskum potravín.* 2006, 39, 1099–1105.

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



**Táto práca bola spolufinancovaná z programu
Európskej únie Erasmus+**

Inovácia štruktúry a obsahu študijných programov
profilujúcich potravinárske študijné odbory s
cieľom digitalizácie výučby

**Táto publikácia bola spolufinancovaná
programom Európskej Únie Erasmus+**

Inovácia štruktúry a obsahového zamerania
študijných programov profilujúcich potravinárske
študijné odbory s ohľadom na digitalizáciu výučby

FOODINOVO | 2020-1-SK01-KA203-078333



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Financované Európskou úniou. Vyjadrené názory a názory sú však len názormi autora (autorov) a nemusia nevyhnutne odrážať názory Európskej únie alebo Európskej výkonnej agentúry pre vzdelávanie a kultúru (EACEA). Európska únia ani agentúra EACEA za ne nemôžu niesť zodpovednosť.

Financované Európskou úniou. Vyjadrené názory a postoje sú názormi a vyhláseniami autora(-ov) a nemusia nevyhnutne odrážať názory a stanoviská Európskej únie alebo Európskej výkonnej agentúry pre vzdelávanie a kultúru (EACEA). Európska únia ani EACEA za ne nepreberajú žiadnu zodpovednosť.

FOODINOVO | 2020-1-SK01-KA203-078333



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

