

RANNU KOOL

LYVIAN ALBU

8. KLASS

LOODUSLIKEST VAHENDITEST INDIKAATORID LAHUSE KESKKONNA MÄÄRAMISEKS

JUHENDAJA MERLE-KAIRIT TOOM

SISSEJUHATUS

Indikaatorid on aineid, mis muudavad värvust lahusele happe või aluse lisamisel. Indikaatoreid kasutatakse happelise ja aluselise keskkonna määramiseks. Indikaatoreid jagatakse kahte liiki: looduslikeks ja keemilisteks indikaatoriteks. Looduslikud indikaatorid on näiteks porgand, kirss ja mustikas. Kõige levinumad keemilised indikaatorid on fenoolftaleiin ja metüüloranž. Indikaatorite abil saadakse teada, kas lahus on happeline, neutraalne või aluseline. Täpsemalt väljendab lahuse happelisust pH, mille väärtused jäävad reeglina vahemikku 0...14. pH määramiseks kasutatakse spetsiaalset aparati, milleks on pH-meeter, kuid veel on võimalik kasutada ka universaalindikaatoreid, mille erinevad värvid vastavad mingile pH-skaala väärtusele.

Minu töö eesmärkideks on:

- 1) teada saada, mis on indikaatorid ja lahuse pH;
- 2) uurida, millistest taimedest saab indikaatoreid valmistada;
- 3) valmistada erinevatest taimedest looduslikud indikaatorid ning võrrelda nende värvusi hapetes ja alustes.

Valisin sellise uurimistöö teema, kuna mind huvitab väga kõik, mis toimub keemias ja füüsikas. Eriti suure tõuke andis mu ideele Hugo Treffneri Gümnaasiumi õpilasfirma Kolm Põrsakest, kes käisid koolis teadusteatri tegemas, mis oli tõesti paeluv ning nii mu huvi järk-järgult suureneski. Üheskoos õpetajaga leidsime täpsema teema, mille kohta otsustasingi lõpuks uurimistöö koostada.

KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1. MÕISTED

Tamme (2012) VIII klassi keemiaõpik seletab mõisteid järgnevalt:

- indikaator – aine, mis muudab värvust lahusele happe või aluse lisamisel;
- universaalindikaator – indikaator, millega on võimalik määrata pH kogu skaala ulatuses;
- lahus – ühtlane segu, koosneb lahustist ja lahustunud ainest (ainetest);
- lahuse pH – väljendab vesinikioonide sisaldust lahuses;
- hape – aine, mis annab lahusesse vesinikioone;
- alus – aine, mis annab lahusesse hüdroksiidioone.

Vikipeedia Vaba Entsüklopeedia kohaselt on happesusindikaator keemiline aine, millega määratakse kindlaks lahuse pH (Happesusindikaator, 2015).

2. INDIKAATORITE AVASTAMISLUGU

Esimesed teated indikaatoritest tulevad aastast 1644, kui Robert Boyle kasutas looduslikke värvaineid hapete-aluste kindlakstegemiseks. Boyle hakkas esimesena kasutama mõistet keemiline analüüs ning ta märkis, et kõik happed muutuvad taimsete indikaatorite toimel sinisest punaseks ja alused muutuvad rohelisteks. Lisaks leidis Boyle, et osad lahused ei muudagi värvi, nii jõudis ta järeldusele, et need ained on neutraalsed. Ta pakkus välja, et selline meetod ainete liigitamiseks on kõige operatiivsem (Rahmawati, L. s.a.).

On ka arvamusi, et looduslikke värvaineid on kasutanud keskaegsed kunstnikud äädika (happeline) ja lubjavee (aluseline) toonimisel, et saada erivärvilisi akvarellvärve (Blatchley, R., Shepelavy, J. s.a.).

3. INDIKAATORID

Keemialaboris kasutatakse hapete kindlakstegemiseks erilisi aineid, mis muudavad hapete toimel oma värvust. Niisuguseid aineid nimetatakse indikaatoriteks (lad k *indicator* – näitaja). Tuntud indikaatoriks on näiteks lakmuselahus, mis muutub happelises lahuses punaseks ja aluselises siniseks (Tamm, 2012). Keemialaborites kasutatakse veel ka fenoolftaleiini, metüüloranži ja universaalindikaatorit (pH, 2015), mis on ühtlasi ka tuntuimad happesusindikaatorid (Happesusindikaator, 2015). Universaalindikaatorit saab kasutada ka lahuse pH määramiseks, kuna erinevad värvused indikaatoril tähendavad erinevat pH väärtust. Täpsemalt on muidugi

võimalik lahuse pH määrata spetsiaalse aparadi, pH-meetri, abil (Loodusteadulikud mudelid põhikoolile, s.a.).

3.1. KEEMILISED INDIKAATORID

Keemiline indikaator on spetsiifiliste omadustega aine (või ainete segu), mis teeb nähtavaks uuritava süsteemi teatud keemilise omaduse või selle muutuse. Tuntuimad keemilised indikaatorid on happesusindikaatorid (vt tabel 1) (TTÜ juhendmaterjal. s.a.).

Tabel 1. Levinumad happesusindikaatorid keemialaborites (TTÜ juhendmaterjal. s.a.)

Indikaator	Indikaatori värvus	Värvus happelisel poolel	Värvus aluselisel poolel
Metüüloranž	oranž	oranž	kollane
Lakmus	lilla	punane	sinine
Fenoolftaleiin	värvitu	värvitu	roosa
Broomtümoolsinine	sinine	kollane	sinine
Metüülpunane	punane	punane	kollane
Broomfenoolsinine	sinine	kollane	sinine

3.2. LOODUSLIKUD INDIKAATORID

Looduslik indikaator on aine, mis on valmistatud taimedest ja mis muudab sarnaselt happesusindikaatoritega hapetes ja alustes värvi. Teadaolevalt on levinuimad taimed, millest indikaatoreid on valmistatud, punane kapsas ja mustikas. Otsides informatsiooni, kas on veel taimi, mis hapetes ja alustes oma värvi muudavad, leidsin, et Tartu Karlova Gümnaasiumis on mõned aastad tagasi tehtud projekt, kus valmistati nii sügis- kui ka toailledest indikaatoreid (vt tabel 2) (Lillekeemia, s.a.). Looduslikeks indikaatoriteks sobivad aga ka teised taimed, nagu näiteks peet, porgand, rabarber, greip, mustsõstar jm taimed (Rahmawati, L. s.a.).

Tabel 2. Indikaatortaimede õite värvus (Lillekeemia, s.a)

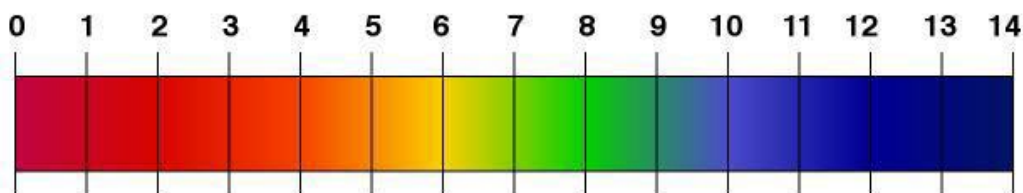
Indikaator	Indikaatori värvus	Värvus happelisel poolel	Värvus aluselisel poolel
Sügislilled			
Lõvilõug	roosa	punane	roheline

Saialill	oranž	värvitu	kollane
Sinikellukas	sinine	roosa	kollane
Toalilled			
Jõulutäht	punane	roosa	kollakasroheline
Priimula	violett	roosa	kollane
Särav piimalill	punane	punakasroosa	tumeroheline

4. LAHUSE PH

pH on vesinikioonide kontsentratsioon aines, mis näitab, kas tegemist on aluselise või happelise lahusega ning mõõdetakse seda pH-skaala abil. pH-skaala võeti kasutusele aastal 1909 Taani keemiku Soren Sorenseni ettepanekul. Selle põhjustas vajadus väljendada lahuse happesust mõistlike ja lihtsamalt kasutatavate numbritega kümneastmete asemel (pH, 2015).

Lahuse pH määramiseks võib kasutada spetsiaalset aparati, milleks on pH-meeter (Horisont, 2003). Seadme andur sukeldatakse lahusesse ja vastav pH väärtus loetakse skaalalt. Kui sellist aparati pole käepärast, kasutataksegi indikaatorit või universaalindikaatorit. Indikaatorpabeririba kastetakse lahusesse või tilgutatakse sellele uuritavat lahust ning seejärel võrreldakse paberi muutunud värvust etteantud värviskaalaga (vt joonis 1) (Loodusteaduslikud mudelid põhikoolile, s.a.). $pH < 7$ märgib happelist keskkonda, $pH = 7$ tähendab neutraalset ja $pH > 7$ tähendab aluselist keskkonda.

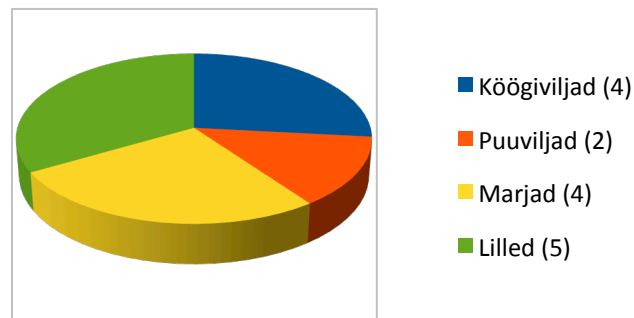


Joonis 1. pH-skaala vahemik 0...14 ning universaalindikaatori värviskaala (pH-skaala, s.a.)

METOODIKA

Valisin välja 15 erinevat taime, mida otsustasin kasutada loodusliku indikaatorina. Taimed võis jaotada nelja kategooriasse: marjad (4 erinevat sorti), köögiviljad (4 erinevat sorti), puuviljad (2 erinevat sorti) ja lilled (5 erinevat sorti) (vt joonis 2). Marjadest kasutasin indikaatorina

maasikaid (*Fragaria L.*), jõhvikaid (*Oxycoccus Hill*), mustikaid (*Vaccinium L.*) ja mustsõstraid (*Ribes nigrum L.*). Lilledest valisin priimula (*Primula*), võõrasema (*Viola*), punase roosbegoonia (*Begonia*) ja sinilille (*Hepatica Mill.*). Köögiviljadest valisin punase sibula (*Allium cepa L.*), punapeedi (*Beta vulgaris*), punase kapsa (*Brassica oleracea*), porgandi (*Daucus L.*) ning puuviljadest greibi (*Citrus*) ja avokaado (*Persea americana Mill.*). Taimede valik sai tehtud juhuslikult, kuna mulle pakkus huvi, millised taimed toimivad indikaatoritena. Taimede ladinakeelsed nimed on võetud eestikeelsete taimenimede andmebaasist (2015).



Joonis 2. Erinevate taimegruppide osakaal indikaatorite valmistamisel

Indikaatorite valmistamiseks oli mul kaks võimalust: keetmine ja piirituse lisamine taimele. Nii vesi kui ka piiritus on mõlemad head lahustid, mis toovad taimede värvipigmentid hästi välja. Lillede juures kasutasin nende õisi, muud lilleosad jäid alles. Osasid taimi, eelkõige köögivilju, keetsin, sest nende viljakeha oli algselt liiga puine. Enne keetmist tuli köögiviljad ka tükeldada. Priimulaõitega toiminis mõlematpidi, osad õied keetsin ja osad panin piirituse sisse, et näha, kas erinevusi tekib. Ülejäänud taimed purustasin uhmrus uhmrinuiaga peenikeseks ning lisasin peale piiritust. Lasin taimemassil mõni aeg (umbes 5 min) piirituse (80%-line) sees seista ning seejärel eraldasin tahke osa vedelikust sõela abil.

Kuna minu töö eesmärk oli teada saada, millistest taimedest saab valmistada indikaatoreid ja mis värvi nad lähevad hapetes ning alustes, siis olid taimse massi suurused üldiselt väikesed, lillede puhul kasutasin kuni kahte õit, väiksemaid marju võtsin indikaatori tegemiseks samuti 2–3 tükki, puuviljade ja köögiviljade küljest lõikasid mõned viilud. Greibi puhul pigistasin paarist viljalihasektorist mahla välja, mida siis kasutasin indikaatorina. Katsete tulemused panin kirja esimese vaatluse põhjal.

Katseklaasidele kirjutasin tähed “H”, “N” ja “A”, mis märkisid vastavalt happelist, neutraalset ja aluselist keskkonda. Happelise lahusega kasutasin lahjendatud akuhapet, mis sisaldab tugevat hapet, milleks on väävelhape. Aluselise lahusega kasutasin kaaliumhüdrosiidi lahust, mis on tugev alus. Neutraalse lahusega kasutasin naatriumkloriidi- ehk soolalahust. Valisin tugeva happe ja aluse lahused sellepärast, et indikaatorite värvused tulevad nendes paremini esile kui nõrkades lahustes. Katses vajalikud akuhappe, kaaliumhüdrosiidi ja naatriumkloriidi lahused valmistasin 10%-liste lahustena. Piirituses, mis oli 80%-lise tugevusega, hoidsin taimset massi 5 minutit, sest selle aja jooksul oli näha taimepigmenti head lahustumist. Kõõgiviljade keetmiseks kulus pisut rohkem aega, eriti punapeedi ja porgandi puhul, umbes 8 minutit. Punane kapsas seevastu värvis keeduvee kohe lillakaks.

Edasi valasin katseklaasidesse vastavale tähele sobivat lahust ning lisasin igale lahusele pipetiga mõne tilga indikaatorit. Iga indikaatori värvuse uurimiseks pesin katseklaasid puhtaks ning täitsin uuesti lahustega. Tegin katseid kokku 16 korda, kuna nii palju oli erinevaid indikaatoreid. Lõpetuseks tein iga katse järel indikaatorite värvustest foto, mis on näha tabelis 3. Pildistamiseks kasutasin kaamerat Canon Power Shot SX 260HS.

TULEMUSED JA ANALÜÜS

15-st kasutatud taimest muutsid tegelikult kõik vastavates lahustes oma värvusi. Koondtabelisse (vt tabel 3) kirjutasin värvused selle järgi, mida ma katse tulemusena nägin, sest fotodelt ei ole kõik värvid alati õigesti paistma jäänud.

Kõige halvemini sobivad indikaatoriteks avokaado ja krookus, sest suuri värvierinevusi siiski ei ilmnenud. Avokaado oli kõikides lahustes roheline (vt tabel 3, foto 8), väga väikeste erisustega, ning krookus oli kõikides lahustes kollane (vt tabel 3, foto 10), mis oli ka krookuseõie enda värvus.

Halvasti andsid tulemusi ka porgand (vt tabel 3, foto 6) ja greip (vt tabel 3, foto 7), mis sobivad pigem aluselise keskkonna kindlakstegemiseks. Mõlemad muutusid aluses kollaseks. Aluselises lahuses muutus kollaseks veel punapeet (vt tabel, foto 14), mis teistes lahustes jäi punaseks.

Väga erivärvilisi tulemusi andsid punane kapsas, piirituses olnud priimula, võõrasema, mustikas, roosbegoonia, punane sibul, jõhvikas ja mustsõstar. Kõik nimetatud taimed muutusid happelises keskkonnas punaseks, kuigi võõrasema (vt tabel 3, foto 4) ja punane sibul (vt tabel 3,

foto 13) olid pigem punasele kalduvalt roosad, aluselises keskkonnas olid kõik, välja arvatud võõrasema, rohelised, mille värvused varieerusid erkrohelisest tumeroheliseni.

Üksteisele sarnanesid mustika (vt tabel, foto 5) ja roosbegoonia (vt tabel 3, foto 15) värvused, mis happelises keskkonnas olid punased, neutraalses lillad ja aluselises keskkonnas rohelised.

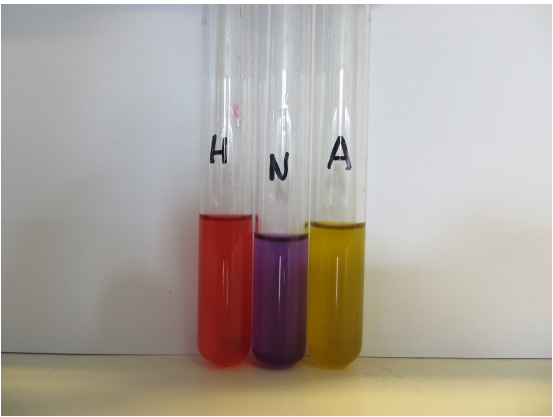
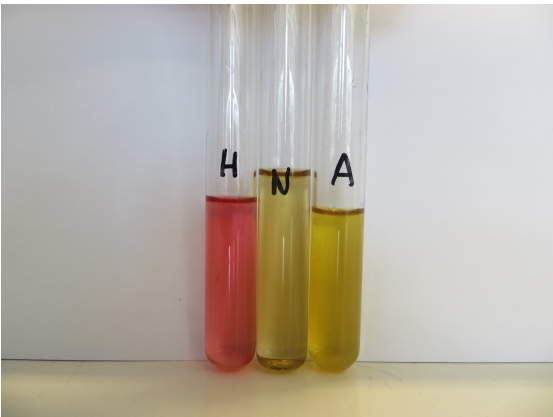
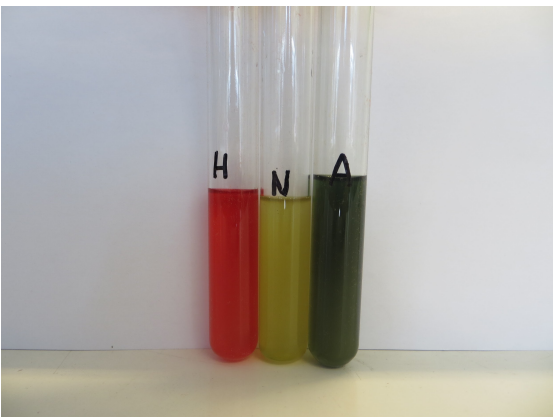
Katseks valitud priimula ise oli tumepunaste õitega. Proovisin, kas on erinevusi, kui osad õied keedan ja osad panen piirituse sisse. Keedetud priimulaõied sobivad pigem hapete määramiseks, sest happe lahuses muutus lilleõie keeduvesi helepunaseks (vt tabel 3, foto 2), ülejäänud lahustes oli ta kollane. Piirituses olnud priimula (vt tabel 3, foto 3) andis efektsemaid värvitoone erinevates lahustes: happes punane, neutraalses helekollane ja aluses tumeroheline. Seega võib järeldada, et erinev indikaatorite valmistamisviis võib anda erinevaid tulemusi.

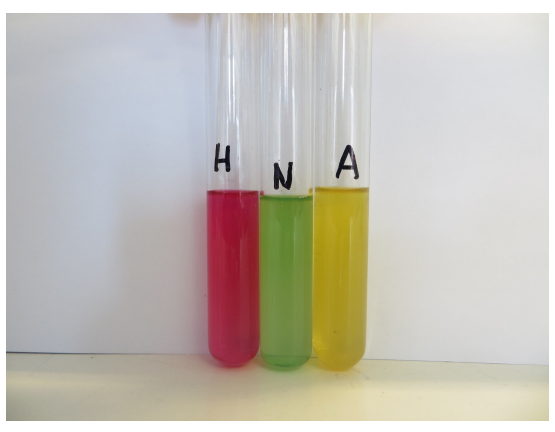
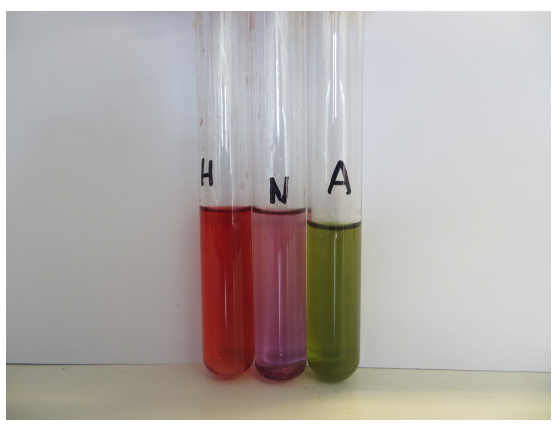
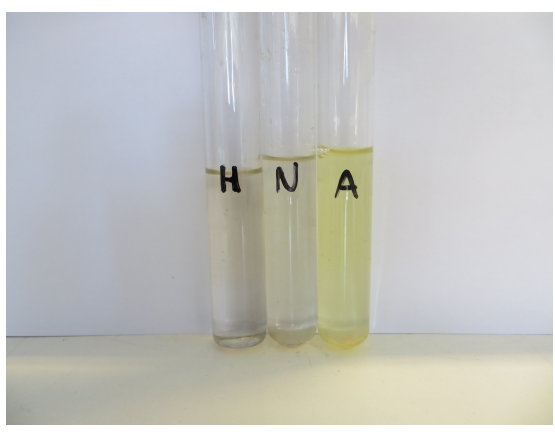
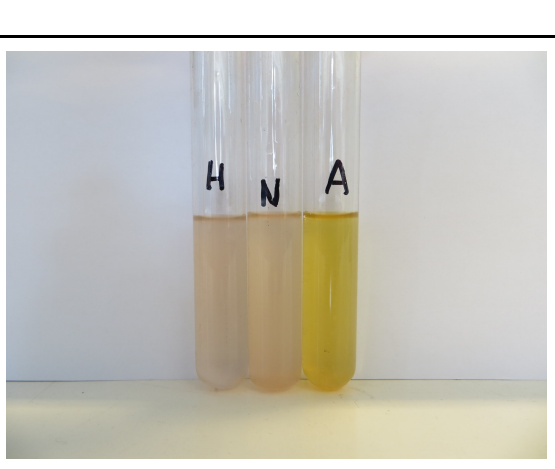
Ühe tähelepanekuna võib veel välja tuua seda, et osad taimed, näiteks greip, mustsõstar, jõhvikas, on iseenesest teada kui happelised viljad ning nende värvus happelises keskkonnas ei erinenud märgatavalt värvusest, mis oli neutraalses keskkonnas.

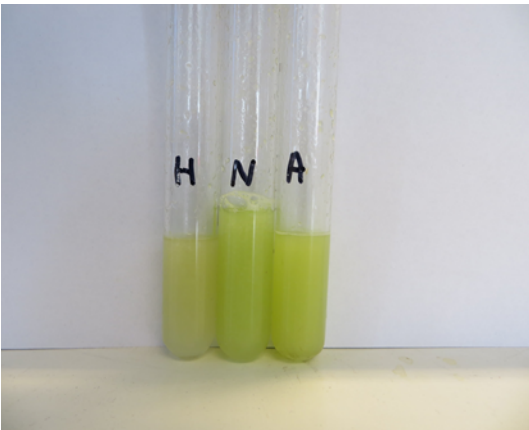
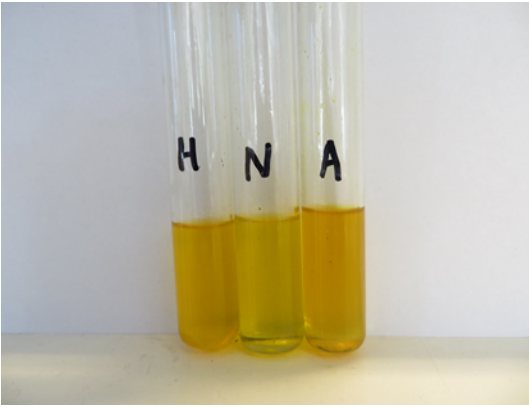
Antud uurimustöö tulemuste põhjal võib järeldada, et väga paljusid erinevaid taimi saab kasutada indikaatoritena. Võib üldistavalt öelda, et taimede lahused nii vee kui ka piirituse baasil valmistatuna muutuvad happelises keskkonnas punaseks või roosakaks, nagu avastas Robert Boyle'gi. Oli ka erandeid, näiteks maasikas muutus oranžiks, porgand jäi üpris värvituks ning avokaado oli roheline. Aluselises keskkonnas muutusid taimed valdavalt roheliseks, aga leidsid ka kollaseid värvitoone. Taas oli erandlik maasikas, mis muutus punakaspruuniks.

Kuna uurimistöö eesmärk ei olnud mõõta pH-d, siis on raske öelda, kas see kuidagimoodi muutus, kui lahusele lisati juurde indikaatorit.

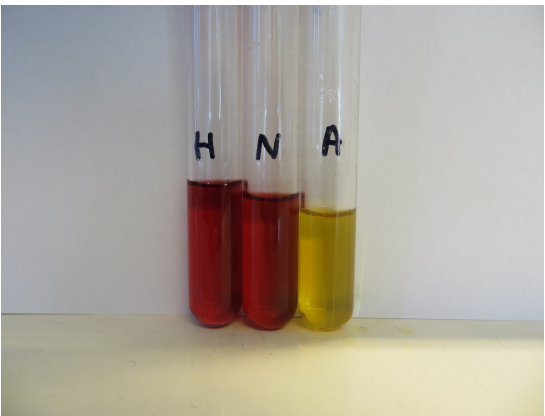
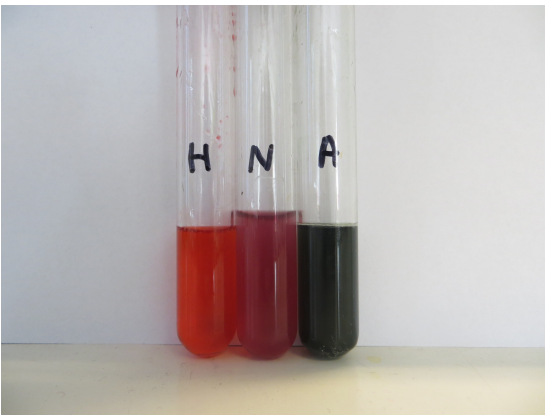
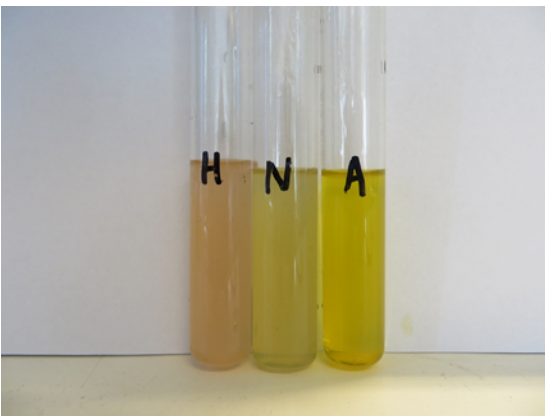
Tabel 3. Fotod looduslike indikaatorite värvustest happelises, neutraalses ja aluselises lahuses

Fotod indikaatorite värvustest	Looduslik indikaator	Indikaatori värvus happelises lahuses	Indikaatori värvus neutraalses lahuses	Indikaatori värvus aluselises lahuses
	Foto 1. Punane kapsas (keedetud)	punane	lilla	roheline
	Foto 2. Priimulaõied (keedetud)	hele-punane	hele-kollane	kollane
	Foto 3. Priimulaõied (piiritus)	punane	hele-kollane	tume-roheline

	<p>Foto 4. Võõrasema (piiritus)</p>	<p>erkroosa</p>	<p>hele- roheline</p>	<p>kollane</p>
	<p>Foto 5. Mustikas (keedetud)</p>	<p>punane</p>	<p>helelilla</p>	<p>roheline</p>
	<p>Foto 6. Porgand (keedetud)</p>	<p>värvitu</p>	<p>värvitu</p>	<p>hele- kollane</p>
	<p>Foto 7. Greip (naturaalne mahl)</p>	<p>õnroosa</p>	<p>õnroosa</p>	<p>kollane</p>

	<p>Foto 8. Avokaado (piiritus)</p>	<p>hele- roheline</p>	<p>roheline</p>	<p>erk- roheline</p>
	<p>Foto 9. Jõhvikas (piiritus)</p>	<p>punane</p>	<p>hele- roosa</p>	<p>roheline</p>
	<p>Foto 10. Krookus (piiritus)</p>	<p>kollane</p>	<p>kollane</p>	<p>kollane</p>

	<p>Foto 11. Maasikas (piiritus)</p>	<p>erk- oranž</p>	<p>hele- roosa</p>	<p>punakas- pruun</p>
	<p>Foto 12. Mustsõstar (piiritus)</p>	<p>punane</p>	<p>punane</p>	<p>roheline</p>
	<p>Foto 13. Punane sibul (keedetud)</p>	<p>hele- roosa</p>	<p>kollakas- roheline</p>	<p>erk- roheline</p>

	<p>Foto 14. Punapeet (keedetud)</p>	<p>punane</p>	<p>punane</p>	<p>kollane</p>
	<p>Foto 15. Roosbegoonia (piiritus)</p>	<p>punane</p>	<p>hele- lilla</p>	<p>tume- roheline</p>
	<p>Foto 16. Sinilill (piiritus)</p>	<p>hele- roosa</p>	<p>kahvatu roheline</p>	<p>erk- kollane</p>

Lähtuvalt uurimustööle püstitatud eesmärkidest võib öelda, et enamikust taimedest on võimalik siiski indikaatoreid valmistada. Mõned taimed (näiteks porgand) olid küll tagasihoidlikud oma värvi näitamise poolest või muutsid väga vähesel määral oma värvi (näiteks avokaado), kuid kogenud silm oskaks värvusi erinevates lahustes tuvastada.

Üldistavalt saab veel lisada, et valdav osa taimi muutusid hapetes punaseks ja alustes rohelseks, kuid oli ka selliseid taimi, mis käitusid erandlikumalt ja olid seetõttu ka huvitavamad, näiteks võõrasema.

Tulemusi analüüsidest tekkis juurde ka mitu uut küsimust, nimelt kas indikaatorina toimivad ka taime rohelised osad (lehed) või siiski ainult õied ja viljad? Kas happelise vilja kasutamisel indikaatorina muutub ka lahuse pH? Kas indikaatori valmistamisel erinevaid meetodeid kasutades saab alati erinevaid tulemusi?

KOKKUVÕTE

Selles uurimistöös sain teada, et indikaatoriteks on ained, mis muudavad värvust lahusele happe või aluse lisamisel ning neid kasutatakse happelise ja aluselise keskkonna määramiseks. Indikaatoreid jagatakse kahte liiki: looduslikeks ja keemilisteks indikaatoriteks.

Mina uurisin peamiselt looduslike indikaatoreid ja nii täitsin ka oma esimese eesmärgi, milleks oli teada saada, mis on üldse indikaatorid ning lahuse pH. Veel sain teada, kuidas ja millega määratakse lahuse pH. Kogu töö peamine eesmärk oli siiski uurida, millistest taimedest ja kuidas saab indikaatoreid valmistada ning missuguseid värve nad annavad hapetes ja alustes.

Praktilises osas sain valida endale meelepärased taimed, mille hulgas oli nii köögivilju, puuvilju, marju kui ka lilli. Indikaatoreid valmistasin nii taimeosi keetes kui ka piirituse sisse pannes. Kõige efektsamad toonid sain siiski piirituse lahuses olnud taimedest. Samas sain ka teada, et erinevate valmistamisviisidega võib saada peaaegu kardinaalselt erinevaid tulemusi.

Uurimustöö tulemusena võib öelda, et kõik väljavalitud taimed muutsid vastavates lahustes oma värvusi. Nii mõnelgi taimel osutusid värvused isegi väga ilusateks ja erksateks, kuid kahjuks polnud võimalik fotodel neid nii hästi jäädvustada. Kogu valikust sobisid kõige halvemini indikaatoriteks avokaado, porgand ja krookus, sest nendel suuri värvierinevusi ei esinenud. Kõige erivärvilisemad tulemused tulid aga punase kapsa, piirituses olnud priimula, võõrasema, mustika, roosbegoonia, punase sibula, jõhvika ja mustsõstraga. Need taimed muutusid happelises keskkonnas punaseks või roosakaspunaseks ning aluselises keskkonnas roheliseks, v.a võõrasema.

Kokkuvõtvalt võib lisada, et uurimustööle püstitatud eesmärgid said tulemuslikult lahendatud ning töö tegemise käigus tekkis juurde uusi küsimusi, millele võiks vastuseid otsida.

KASUTATUD KIRJANDUS

Blatchley, R., Shepelavy, J. (s.a.) Robert Boyle: Mighty Chemist. Kättesaadav: http://www.pci.tu-bs.de/aggericke/Personen/Boyle_Biography.html (15.08.2015)

Eestikeelsete taimenimede andmebaas (2015). Kättesaadav: <http://www.ut.ee/taimenimed/> (17.08.2015)

Horisont. Mida tähendab pH? (2003). Kättesaadav: http://www.loodusajakiri.ee/horisont/artikkel168_155.html (04.05.2015)

Lillekeemia (s.a.). Kättesaadav: <http://lillekeemia.jimdo.com/> (04.05.2015)

Looduslikud indikaatorid (2010). Kättesaadav: <http://antoine.frostburg.edu/chem/senese/101/acidbase/faq/household-indicators.shtml> (04.05.2015)

Loodusteaduslikud mudelid põhikoolile. Lahuste pH. (s.a.). Kättesaadav: http://mudelid.5dvision.ee/ph/ph_tooria.htm (04.05.2015)

pH-skaala joonis. (s.a.). Kättesaadav: <http://www.globalspec.com/ImageRepository/LearnMore/20124/PH-Scale3125510458de479190dd027baaf7a2c2.png> (04.05.2015)

Rahmawati, L. (s.a.). Natural pH indicator. Kättesaadav: <https://secondscienceedu.files.wordpress.com/2009/06/microsoft-word-natural-ph-indicator-material-english.pdf> (15.08.2015)

Tallinna Tehnikaülikool (TTÜ). (s.a.). Juhendmaterjal laboratoorsete tööde tegemiseks. Kättesaadav: <http://www.kl.ttu.ee/atrick/ope/varia/keemia.pdf> (05.05.2015)

Tamm, L. (2012). Keemia õpik VIII klassile.

Vikipeedia Vaba Entsüklopeedia. Happesusindikaator. (2015). Kättesaadav: <https://et.wikipedia.org/wiki/Happesusindikaator> (05.06.2015)

Vikipeedia Vaba Entsüklopeedia. pH. (2015). Kättesaadav: <http://en.wikipedia.org/wiki/PH> (04.05.2015)