

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
TIEDONANTOJA

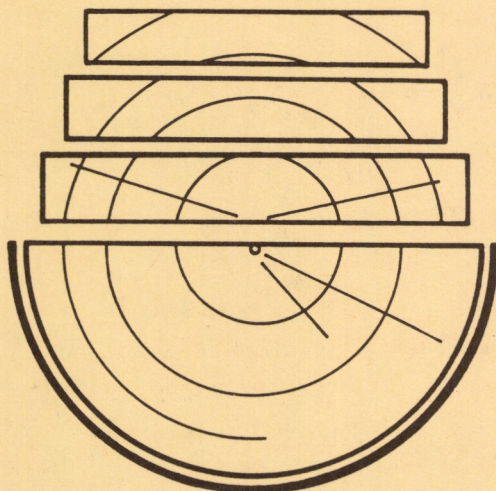
205

METSÄTEKNOLOGIAN TUTKIMUSOSASTO
PUUNTUTKIMUSSUUNTA



RAILI VOIPIO

BEETA-KAROTEENIN VÄHENEMINEN
MÄNNYN NEULASSISSA VARASTOINNIN
AIKANA JA SÄÄKAAPIN KÄYTTÖ
NEULASTEN KEINOVANHENNUKSEEN



HELSINKI 1985

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 205

Metsäteknologian tutkimusosasto

Puuntutkimussuunta

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Jaloetusosasto ✓

Raili Voipio

BEETA-KAROTENIN VÄHENEMINEN MÄNNYN NEULASSA
VARASTOINNIN AIKANA JA SÄÄKAAPIN KÄYTTÖ
NEULASTEN KEINOVANHENNUKSEEN

Helsinki 1985

ISBN 951-40-0903-7

ISSN 0358-4283

Helsinki 1985. Valtion painatuskeskus

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	5
2. TYÖTEHTÄVÄ	7
3. KOKEELLISET MENETELMÄT	8
31. Xenotesteri	8
32. OTK:n sääkaappi	9
33. Parveke	10
34. Uttaminen	11
35. Kromatografia	12
36. Spektrofotometria	13
4. AINEET	15
41. Ututto	15
42. Esterin emäshydrolyysi	15
43. Laimennus	15
44. Kromatografia	16
45. Vertailunäyte	16
5. TULOKSET	16
6. ARVIOINTI	19
7. YHTEENVETO	23
8. KIRJALLISUUS	24

ALKUSANAT

Tutkimus on Helsingin Yliopiston puun ja muovien kemian alan laudatur-erikoistyö, jota Kemian laitoksen puolesta valvoi professori J. Johan Lindberg.

Laboratoriotyöt on tehty Metsäntutkimuslaitoksen teknologian osastolla samoin tulosten käsittely ja tekstinkäsittely. Eri laitteiden osalta on saatu apua Puolustusvoimien Tutkimuslaitoksen laboratoriolta, OTK:n Keskuslaboratoriolta ja Kemian laitoksen analyyttiseltä osastolta.

Kiitokset Hannu Aaltiolle tietojenkäsittelystä, Leena Muronrannalle piirroksista ja Heidi Koskiselle tekstinkäsittelystä. Kiitokset myös Tapio Kärkkäiselle (OTK:n laboratorio) ja Tiia Kailalle (Puolustusvoimien Tutkimuslaitos). Ilman heidän kaikkien apua ei tutkimus olisi onnistunut.

Erityinen kiitos professori Pentti Hakkilalle kannustuksesta ja tekstin parannusehdotuksista.

Helsingissä lokakuussa 1985

Raili Voipio

1. JOHDANTO

Puiden viherosien (neulasten ja lehtien) hyväksikäyttömahdollisuudet tunnetaan Neuvostoliittoa lukuunottamatta varsin puutteellisesti. Yhdysvalloissa on jonkin verran tutkittu havupuiden neulasten käyttöä lähinnä broilereiden rehun lisäaineena (Gerry ym. 1979) perustuen Neuvostoliitossa käytettyyn menetelmään (Young 1976).

Suomessa neulasia on käytetty teollisessa mielessä vain havunneulasöljyn valmistukseen Orionin Keuruun tehtailla, jossa tuotanto aloitettiin 1946. Öljyä uutettiin jopa viettiin (Leikola 1961) mutta tuotanto loppui kannattamattomana 1960-luvulla.

Neuvostoliitossa puun viherosia on käytetty jo 1930-luvulta lähtien karjan rehun lisäaineena vitamiinipitoisuuden lisäämiseksi. Tätä rehuun lisättävää tuotetta kutsutaan nimellä MUKA. Se koostuu kuivatuista ja hienoiksi jauhetuista neulasista ja alle 6 mm:n oksan osista. Sitä lisätään rehun sekaan 3-8 prosenttia rehun kokonaismäärästä (Keays 1976). MUKA:n on todettu lisäävän karjan painoa, tautien vastustuskykyä, elinvoimaa ja tuottavuutta. Havupuiden neulasista valmistettu MUKA on vertailukelpoinen alfalfa tai apilasta valmistetun rehun kanssa (Young 1976, Kisljakov 1977).

Ravinnon karoteenipitoisuudella on suuri merkitys ihmisille ja eläimille, koska eräät karoteeniyhdisteet muuttuvat A-vitamiiniksi elimistössä. Nämä väriaineet eli pigmentit,

joita on pääasiassa keltaisissa ja vihreissä kasvinosissa, ovat polyeeneja ja ne voidaan jakaa neljään pääryhmään (Davies 1965) :

- a. Karoteenit (carotenoid hydrocarbons)
- b. Ksantofyllit (oxy and hydroxy derivatives of the carotenes)
- c. Ksantofylliesterit (esters of xantof. and fatty acids)
- d. Karotenoidihapot (carboxyl derivatives of the carotenes)

Näistä ryhmistä tunnetuimpia A-vitamiinin esiasteita ovat ryhmään a kuuluvat beeta-, alfa-, gamma- ja neo-beeta-karoteenit sekä kryptoksantiini (Davies 1965). Useimpien vihreiden ja keltaisten kasvinosien A- vitamiiniaktiivisuus riippuu juuri beeta-karoteenipitoisuudesta (Davies 1965).

Beeta-karoteenin rakenne

Karrer ym. (1930) tutkivat yhdistettä, jonka molekyylikaava oli $C_{40}H_{56}$ ja joka sisälsi 11 kaksoissidosta. Käytettäessä permaanqanattia yhdisteen hapetukseen se hajosi muodostaen joukon dimetyyliyhdisteitä. Samanlaisia dimetyyliyhdisteitä saatiin hapetustuloksena myös beeta-iononista. Saadusta saaliista voitiin laskea, että beeta-karoteenimolekyyli käsittää kaksi beeta- iononi-rengassysteemiä.

Dimetyyliyhdisteiden lisäksi hapetustuotteina saatiin etikkahappoa määrä, josta voitiin konstruoida neljä ryhmää seuraavasti:

toinnin aikana sekä sääkaapin soveltuvuutta neulasten keino-
tekoiseen vanhentamiseen. Vanhentamiseen käytettiin Puolus-
tusvoimien tutkimuslaitoksen Xenotesteriä sekä OTK:n Keskus-
laboratorion sääkaappia. Vertailutulosten saamiseksi sijoi-
tettiin vertailunäytteet Metsätalon viidennen kerroksen kat-
toparvekkeella Helsingin keskustassa.

Tutkimusmateriaalina käytettiin pääasiassa maaliskuussa
Lapinjärveltä kerättyjä männynneulasia, joita poimittiin
kolmen eri ikäryhmän männystä: 6-8 vuotiaista, 25-30 vuo-
tiaista ja 70-80 vuotiaista puista. Lisäksi toukokuussa ja
elokuussa otettiin 25-30 vuotiaista männystä näytteet karo-
teenipitoisuuden vuodenajoittaisen vaihtelun saamiseksi.

3. KOKEELLISET MENETELMÄT

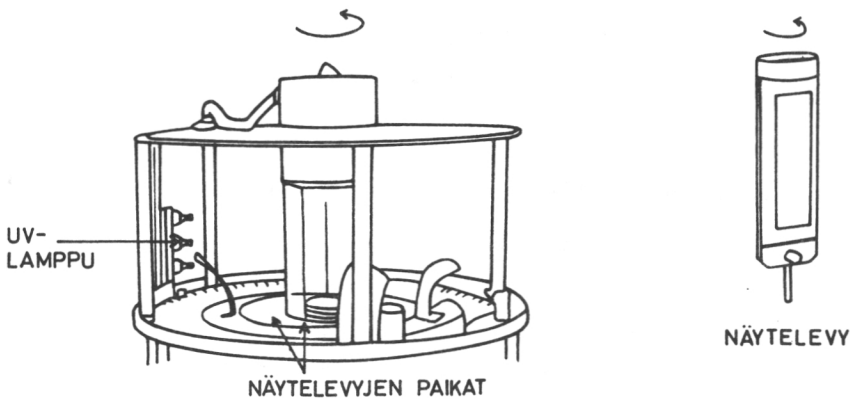
31. Xenotesteri

Ensimmäisenä kokeiltu laite oli Puolustusvoimien tutki-
muslaitoksen Xenotesteri. Xenotesterin avulla voidaan
tutkia lähinnä kosteuden ja UV-valon vaikutusta näytteisiin.
Lämpötila ei ollut säädettävissä, vaan se oli suunnilleen
sama kuin huoneen lämpötila. Kosteus oli säädetty Puolus-
tusvoimien tarpeiden mukaan n. 55-56 %:ksi. Kone kävi ym-
päri vuorokauden ja UV-lamppu oli päällä koko ajan.

Xenotesterin laitettiin myös kuusenneulasia, mutta ne
osoittautuivat hyvin hankaliksi kiinnittää näytelevyihin.
Lopulta ne irtosivat ja tukkivat laitteen sadesuuttimet.
Laite piti purkaa ja puhdistaa perusteellisesti. Tämän seu-

rauksena ei enää Xenotesteriä päästy kokeilemaan.

Xenotesteriin sijoitetut männynneulaset ehtivät olla laitteessa kolme eri ajanjaksoa: 6 tuntia, 24 tuntia ja 120 tuntia. Laitteen tukkeuduttua ei edes männynneulasia enää huolittu Xenotesteriin, joten laitteen kokeilu jäi pahasti kesken. Alla kuva Xenotesteristä:



Kuva 1. Xenotesteri

32. OTK:n sääkaappi

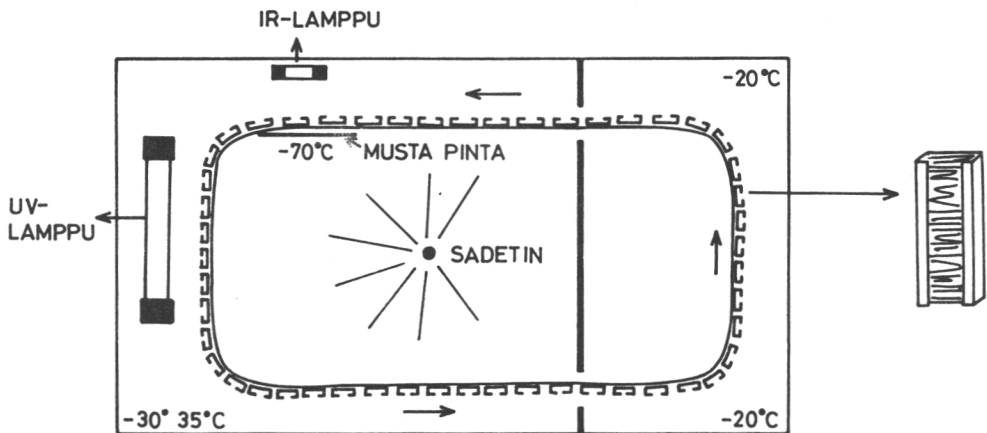
OTK:n Keskuslaboratoriosta löytyi toinen tarkoitukseen sopiva sääkaappi. Tämä oli huomattavasti monipuolisempi kuin Xenotesteri. Kaapissa kiersi neljä metriä pitkä hihna, jossa oli kiinni 50 näytelevyä. Yhteen kerrokseen kului aikaa 4 tuntia. Kaappi oli jaettu kahteen osaan, joista pienemmässä oli lämpötila -20°C ja suuremmassa osassa $+30^{\circ}$ - $+35^{\circ}\text{C}$. Hihnan kiertäessä siitä oli pakkasen puolella noin metri ja lämpimällä puolella noin kolme metriä. Lämpimällä puolella oli lisäksi 30 cm leveä musta pinta

johon IR-lampun avulla saatiin lämpötilaksi n. 70°C.

UV-lamppu (teho 1500 W) paloi lämpimällä puolella, pak-
kasan puolella oli pimeää. Lämpimällä puolella toimivat
myös vesisuihkut koko ajan, mutta kosteusmittari oli kui-
tenkin rikki.

Laite oli päivittäin käynnissä kahdeksan tuntia ja se
pysäytettiin työpäivän päättyessä. Tuloksissa esitetyt ai-
kamäärät ovat laitteen käynnissäoloaikoja.

Näytteitä pidettiin kaapissa 38 tuntia, 70 tuntia ja
130 tuntia. Alla piirros laitteesta:



Kuva 2. OTK:n sääkaappi (poikkileikkaus)

33. Parveke

Metsätalon kattotasanteella pidettiin vertailunäyt-
teitä. Näytteet sijoitettiin katolle 25.3.85, joten pak-
kasta ei satunnaisia yöpakkasia lukuunottamatta siinä vai-

heessa paljoakaan ollut. Päivälämpötila oli koko ajan yli 0°C.

Näytteet analysoitiin kuukauden välein 1 kk:n, 2 kk:n ja 3 kk:n jälkeen.

34. Uuttaminen

Menetelmä on F.W. Quackenbush ym. (1970) mukaan hyväksi havaittu karoteeneille ja xantofylleille tarkoitettu analyysimenetelmä.

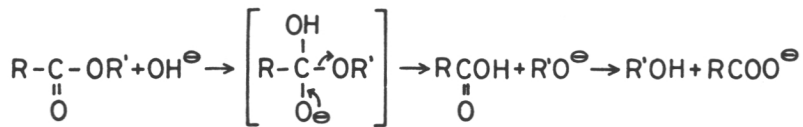
a. Uutto HAET-liuoksella

Sääkaapista otetut neulaset jauhettiin hienoksi jauheeksi Moulinex-kahvimyllyllä. Jauhettu neulasmassa kuivatettiin tämän jälkeen pumpulin avulla eksikkaattorissa (pumpuli oli ensin kuivattu lämpökaapissa 110°C:ssa 2 tuntia ja jäädytetty vakuumiexsikkaattorissa). Pumpulin avulla voitiin tuoreesta näytteestä poistaa kosteudesta 95% 12 tunnissa, pumpulin ja näytemäärän suhde oli 10:0.5.

Kuivatusta neulasjauheesta punnittiin neljä rinnakkaisnäytettä suuruudeltaan n.0.5 g (Xenotesterissä olleista näytteistä punnittiin n.1.0 g). Näytteet laitettiin 25 ml:n mittapulloihin ja niihin pipetoitiin 8 ml heksaani-asetoni-etanoli-tolueeni-liuosta. Pulloja pyöriteltiin minuutin ajan ja annettiin seisoa pimeässä ainakin 16 tunnin ajan.

b. Esterin emäshydrolyysi (saponification)

Esterin emäshydrolyysi on tärkeä toimenpide karoteenia-
nalyysissä. Sen avulla voidaan rikkoa esterimolekyylit ja
täten helpottaa biologisesti aktiivisten väriaineiden erot-
tumista erityisesti käytettäessä erotusmenetelmänä adsorpti-
okromatografiaa.



ESTERIN EMÄSHYDROLYYSI

Esterin emäshydrolyysin aikaansaamiseksi pipetoitiin jokai-
seen mittapulloon 0.5 ml 40% KOH-metanoliliuosta 16 tunnin
pimeässäseisottamisen jälkeen. Pulloja ravisteltiin ja an-
nettiin seisoa pimeässä tunnin ajan.

c. Laimennus

Tunnin pimeässäolon jälkeen pipeoitiin näytepulloihin 8
ml heksaania kuhunkin, ravisteltiin minuutin ajan ja täytet-
tiin pullot merkkiin asti 10% Na₂SO₄-liuoksella. Pulloja
ravisteltiin vielä voimakkaasti ja annettiin seisoa pimeässä
tunti ennen kromatografiaa. Ylempi faasi, joka kerättiin
talteen, oli n. 13.5 ml (Quackenbush ym. 1970).

35. Kromatografia

Beeta-karoteenin erottamiseksi muista karoteeniyhdis-
teistä käytettiin pylväskromatografiamenetelmää. Työssä

käytettiin 30 cm:n mittaista lasisintterillä ja hanalla varustettua kromatografiapylvästä. Pylväs täytettiin noin 15 cm:n korkeudelle adsorbenssilla, päällimmäiseksi lisättiin kerros vedetöntä Na_2SO_4 :a (Quackenbush ym. 1970).

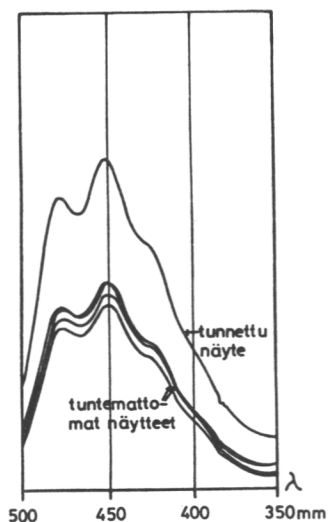
Muutaman ensimmäisen näytteen kohdalla pipetoitiin 2 ml uuteliuosta pylvään yläpäähän ja ajettiin näyte putken läpi heksaani-asetoni-eluentilla (suhde 96:4). Seuraavien näytteiden kanssa meneteltiin siten, että uutettu näyte (13.5 ml) haihdutettiin pienempään tilavuuteen rotavaporilla, ja ajettiin näin väkevöity näyte kromatografiaputken läpi. Tällöin putkessa kulkeva vyöhyke oli helpompi havaita ja kerätä talteen 10 ml:n mittapulloon, joka täytettiin merkkiin asti heksaani-asetoni-eluentilla.

36. Spektrofotometria

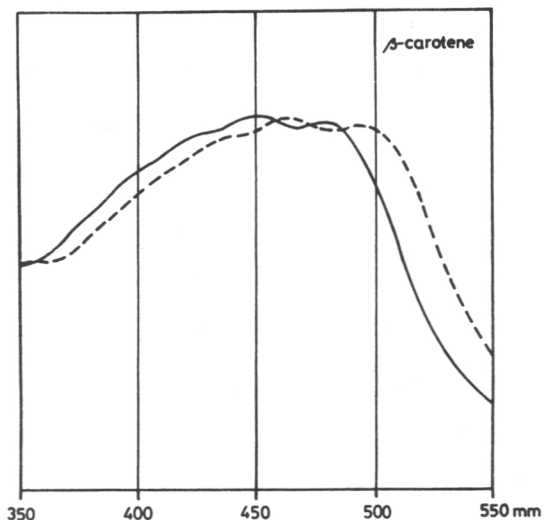
Kromatografian jälkeen mitattiin saatujen näytteiden absorbanssit Kemian laitoksen analyttisen osaston spektrofotometrillä, (JASCO UVIDEC-1, digital double-beam spectrophotom.) jotta voitaisiin selvittää, onko saatu yhdiste todella beeta-karoteenia ja että voitaisiin laskea kuinka paljon beeta-karoteenia näytteissä on (Quackenbush ym. 1970).

Beeta-karoteeni on oranssinkeltainen yhdiste, jonka absorptiomaksimi on näkyvän valon alueella. Yhdisteen tunnistamiseksi mitattiin välillä 350 nm - 500 nm näyteliuosten adsorbanssit ja verrattiin niitä puhtaasta beeta-karoteenista valmistettujen vertailuliuosten arvoihin.

Spektrofotometriin oli yhdistetty piirturi, joka myös rekisteröi mitatut tulokset käyriksi (kuva 3). Kuvassa 4 on kirjallisuudesta saatu (Lång 1961) beeta-karoteenin käyrä samalla alueella.



Kuva 3. Tunnetun beeta-karoteeni-liuoksen ja 4 tuntemattoman rinnakkaisnäytteen käyrät.



Kuva 4. Beeta-karoteeni

Karoteenipitoisuuden laskemiseksi kalibroitiin laite mittaamalla joukko tunnetunvahvuisia beeta-karoteeniliuoksia aallonpituudella 450 nm. Tulokset syötettiin tietokoneeseen, josta saatiin tarvittava kalibrointisuoran yhtälö. Kun käytetään heksaania liuottimena beeta-karoteenin maksimikohta on aallonpituudella 450 nm (Freed 1966).

4. AINEET

41. Ututto

Neulasten ututtoon käytetyn heksaani-asetoni-etanoli-tolueneeni-liuoksen ovat Quackenbush ym. (1970) todenneet sopivan hyvin juuri karoteeniyhdisteiden ututtoon kuivatusta materiaalista. Seoksen komponenttien määrät jakautuvat seuraavasti:

- heksaani	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}_3$	10 osaa
- asetoni	$\text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_3$	7 osaa
- etanoli	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}$	6 osaa
- tolueneeni	$\text{Ar}-\text{CH}_3$	7 osaa

Kaikki käytetyt kemikaalit olivat analyysilaatua.

42. Esterin emäshydrolyysi (saponification)

Esterin emäshydrolyysin tarkoituksena on, kuten aiemmin on jo todettu, pilkkoa liuoksessa olevat esterit ja helpottaa näin pigmentin 1. väriaineiden erottumista käytetessä adsorptio- kromatografiaa yhdisteiden erotukseen.

Tarvittavaan liuokseen lisättiin 40 g KOH:a (analyysilaatu).

43. Laimennus

Laimennukseen käytettiin puhdasta heksaania (analyysilaatu). Tarvittava Na_2SO_4 -liuos saatiin liuottamalla 10g

vedetöntä Na_2SO_4 :a 100 ml:aan tislattua vettä.

44. Kromatografia

Kromatografiapylvässä käytettiin adsorbenttina seosta Silica-gel + Hyflo-Super-Cel. suhteessa 1 + 1.

Eluenttina käytettiin heksaani-asetoni-liuosta, jonka Quackenbush ym. (1970) ovat todenneet tehokkaimmaksi seokseksi suhteessa 96:4 erottaessa beeta-karoteenia muista karoteeniyhdisteistä. Kemikaalien laatu on sama kuin uute-liuksessa.

45. Vertailuliukokset

Vertailunäytteisiin käytettiin puhdasta apteekista ostettua beeta-karoteenia. Liukokset tehtiin käyttäen liuottimena heksaani-asetoni-liuosta (suhde 96:4).

5. TULOKSET

Puhtaasta beeta-karoteenista valmistettiin sarja näytteitä, joiden absorbenssit mitattiin spektrofotometrillä. Näytteiden pitoisuudet vaihtelivat välillä 1.08 mg/l - 5.38 mg/l. Tarkoitusta varten tehdyllä tietokoneohjelmalla laskettiin kalibraatio-suoran yhtälö, jota käytettiin myöhemmin laskettaessa karoteenipitoisuuksia tuntemattomista näytteistä. Lopulliset pitoisuudet laskettiin seuraavalla kaavalla (Freed 1966):

$$c_k = c_A \cdot \frac{v_e}{m} \cdot \frac{v_m}{v_n}$$

jossa c_k = karoteenikonsentraatio näytteessä mg/g
 c_A = kalibraatioosuoralta saatu konsentraatio mg/l
 v_e = eluentin lopullinen määrä ml
 v_m = uutteen määrä ml (ylempi faasi)
 m = näytteen paino mg
 v_n = kromatografiapylvään läpi ajettu uutemäärä ml.

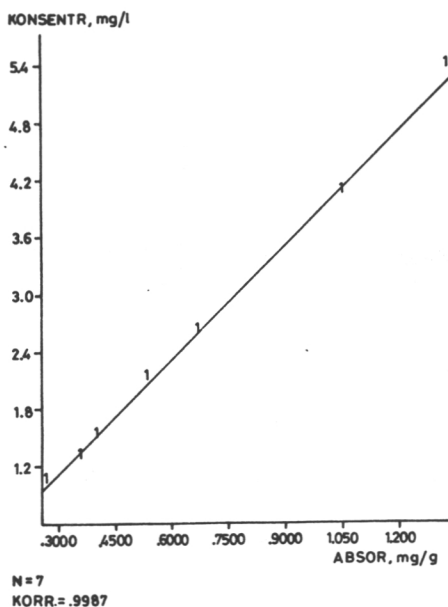
Kalibraatioosuoran yhtälöksi saatiin (kuva 5a):

$$y = 4.0320x - 0.05084,$$

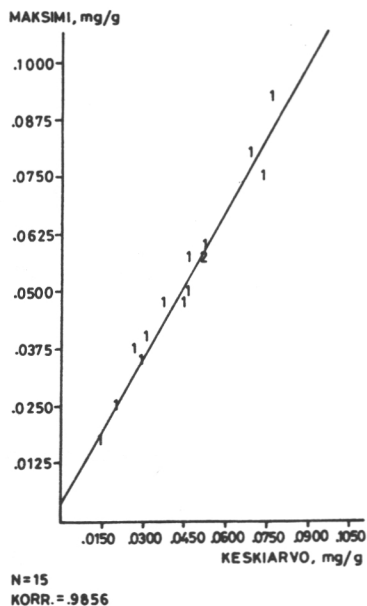
jossa c_A :n arvoja laskettaessa

$$y = c_A$$

$x = A$ (mitattu absorbanssi)



Kuva 5a. Kalibraatioosuora ja sen yhtälö.



Kuva 5b. Rinnakkaisnäytteiden maksimi- ja keskiarvojen regressiosuora (c_k -arvot).

Kuvassa 5b on verrattu kunkin näyte-erän rinnakkaisnäytteiden maksimiarvoja ja keskiarvoja (c_k -arvoja) keskenään. Kuvasta voidaan havaita, että regressiosuoran korrelaatiokerroin on melko hyvä = 0.9856.

Taulukoissa 1 ja 2 on esitetty sääkaapissa ja parvekkeella pidettyjen eri-ikäisten mäntyjen neulasten karoteenipitoisuudet. Taulukossa 3 on vastaavasti Xenotesterissä olleiden 25-30 -vuotiaiden mäntyjen neulasten karoteenipitoisuudet. Kolmena eri kuukautena mitattu 25-30 -vuotiaiden mäntyjen neulasten karoteenipitoisuuden vaihtelu on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 1. Karoteenipitoisuudet sääkaapissa pidettyjen 6-8, 25-30 ja 70-80 -vuotiaiden mäntyjen neulasissa.

Aika sääkaapissa	6 - 8 v.		25 - 30 v.		70 - 80 v.		Keskiarvot	
	mg/g	%	mg/g	%	mg/g	%	mg/g	%
0 h	0.0662	100	0.0876	100	0.0635	100	0.0724	100
38 h	0.0248	37	0.0752	86	0.0411	65	0.0471	65
70 h	0.0202	31	0.0547	62	0.0364	57	0.0371	51
130 h	0.0060	9	0.0154	17	0.0211	33	0.0140	19

Taulukko 2. Karoteenipitoisuudet parvekkeella pidettyjen 6-8, 25 - 30 ja 70 - 80 -vuotiaiden mäntyjen neulasissa.

Aika sääkaapissa	6 - 8 v.		25 - 30 v.		70 - 80 v.		Keskiarvot	
	mg/g	%	mg/g	%	mg/g	%	mg/g	%
0 kk	0.0662	100	0.0876	100	0.0635	100	0.0724	100
1 kk	0.0443	67	0.0510	58	0.0376	59	0.0443	61
2 kk	0.0154	23	0.0315	36	0.0277	44	0.0232	32
3 kk	0.0009	1	0.0011	1	0.0018	3	0.0013	2

Taulukko 3. Karoteenipitoisuus Xenotesterissä pidettyjen 25 - 30 -vuotiaiden mäntyjen neulasissa.

Aika	25 - 30 v.	
Xenotesterissä	mg/g	%
0 h	0.0735	100
6 h	0.0700	95
24 h	0.0468	64
120 h	0.0273	37

Taulukko 4. Karoteenipitoisuuden vaihtelu 25 - 30 -vuotiaissa neulasissa, eri kuukausina.

Kuukausi	25 - 30 v.	
	mg/g	
Maaliskuu	0.0876	
Toukokuu	0.0684	
Elokuu	0.0820	

6. ARVIOINTI

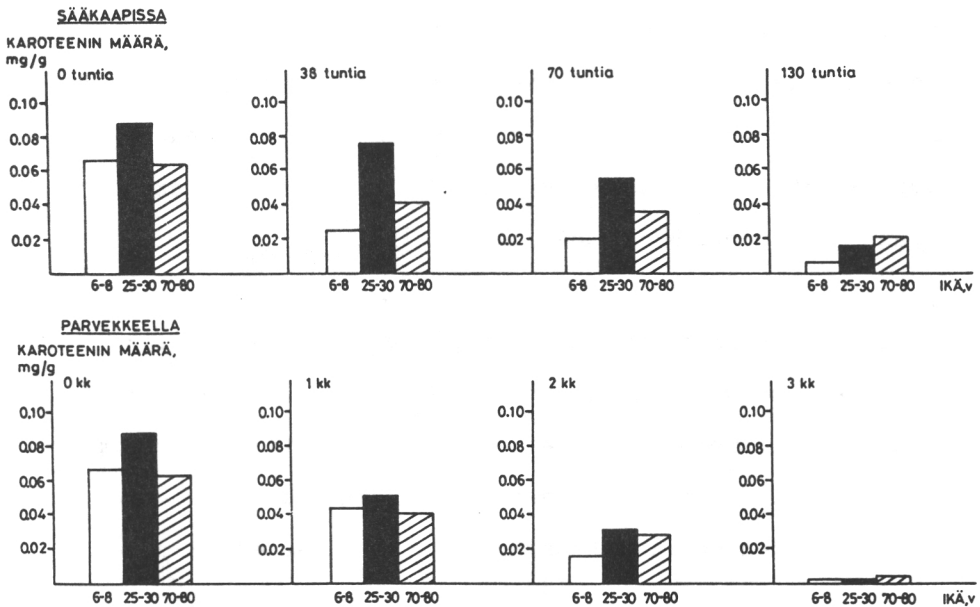
Verrattaessa sääkaapissa ja ulkona parvekkeella olleita näytteitä havaittiin, että sääkaappi soveltuu varsin hyvin myös neulasten keinovanhennukseen (OTK:n sääkaappia käytettiin pääasiassa kattohuopien testaukseen.) Diagrammista (kuva 7) nähdään, että esimerkiksi 38 tuntia sääkaapissa vastasi noin yhden kuukauden aikaa ulkona.

Xenotesterin ja OTK:n sääkaapin välillä oli tuloksissa ero, joka todennäköisesti johtui OTK:n kaapin monipuolisemmasta säävaihteluvalikoimasta. Esimerkiksi lämpötilan varsin jyrkkä vaihtelu varmasti lisää vanhentumisvaikutusta. Tätä vaihtelumahdollisuuttahan Xenotesterissä ei ollut.

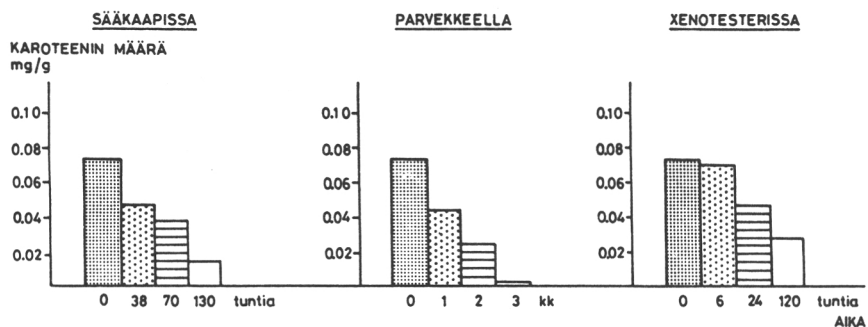
Diagrammista kuvassa 6 nähdään, että 25-30 -vuotiaalla männyllä neulasten karoteenimäärä on suurin verrattuna toisiin ikäluokkiin. Onkin todettu, että karoteenipitoisuus kasvaa männynneulasissa aina noin 30 ikävuoteen saakka,

minkä jälkeen se alkaa laskea (Marcovskaya 1977). Niinpä tässäkin tutkittujen 70-80 -vuotiaiden mäntyjen neulasten karoteenimäärä oli alempi kuin 25-30 -vuotiaiden ja suunnilleen sama kuin 6-8 -vuotiaiden mäntyjen neulasilla.

Aineiston suppeus on voinut aiheuttaa tuloksissa aiheettoman suuria vaihteluja. Laajemmalla aineistolla tai jos sääkaapissa ja parvekkeella olisi voinut tutkia useamman eri ajanjakson näytteitä olisi ehkä saatu tarkempia tuloksia. Tätä oli kuitenkin hankala järjestää aikaavievien analyysimenetelmien ja laitteiden sijainnin (eri puolilla kaupunkia) vuoksi.



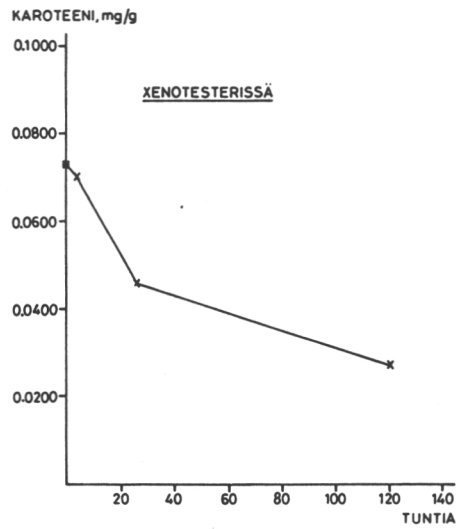
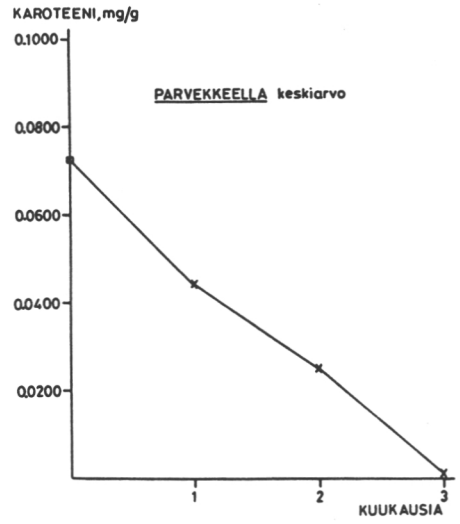
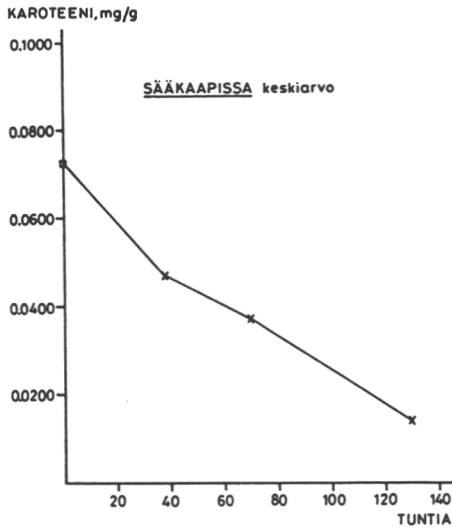
Kuva 6. Karoteenin määrän väheneminen sääkaapissa ja parvekkeella eri-ikäisissä männyn neulasissa.



Kuva 7. Karoteenin määrän väheneminen männyn neulasissa eri olosuhteissa.

Karoteenipitoisuuden määrään vaikuttaa myös neulasten ikä. Yksivuotiaiden neulasten karoteenipitoisuus on esimerkiksi pienempi kuin kaksi- tai kolmevuotiaiden neulasten (Linder 1971). Karoteenipitoisuuteen eri näytteissä tässä tutkimuksessa saattoi vaikuttaa se, että eri-ikäisiä neulasia ei eroteltu, vaan koettiin ottaa näytteisiin mahdollisimman tasapuolisesti eri-ikäisiä neulasia.

Kaikista hankaluuksista huolimatta tulosten perusteella voidaan havaita karoteenipitoisuuden joka tapauksessa laskevan suhteellisen tasaisesti kaikissa olosuhteissa.



Kuva 8. Karoteenin määrän väheneminen männyn neulasissa eri olosuhteissa, keskiarvot eri-ikäisistä neulasista.

7. YHTEENVETO

Tulosten perusteella voidaan todeta:

- Tuoreilla männynneulasilla puun ikä vaikuttaa beeta-karoteeni pitoisuuteen niin, että pitoisuus on suurimmillaan 25-30 -vuotiaiden mäntyjen neulasilla ja vähenee puun iän kasvaessa.

- Vanhempien puiden neulasten beeta-karoteenipitoisuus varastoitaessa vähenee jonkin verran hitaammin kuin nuorien puiden neulasten.

- Karoteenipitoisuus laskee noin puoleen alkuperäisestä neulasten oltua 70 tuntia sääkaapissa ja kolmanteen osaan alkuperäisestä niiden oltua parvekkeella 2kk.

- Lähes kokonaan beeta-karoteeni häipyy kun neulaset ovat olleet ulkona kolme kuukautta.

- Karoteenipitoisuus neulasissa vaihtelee eri vuodenaikoina. Kesällä karoteenimäärä on pienempi kuin keväällä ja syksyllä.

- Sääkaappia voidaan käyttää menestyksellä neulasten vanhentamiseen. Sitä voidaan kuitenkin käyttää lähinnä vain vertailevaan tutkimukseen, sillä ainakaan tässä käytetystä sääkaapista ei voitu ilmoittaa, mikä aikamäärä sääkaapissa vastaa esimerkiksi kuukautta ulkoilmassa.

8. KIRJALLISUUS

- Davies, B.H. 1965. Chemistry and Biochemistry of Plant Pigments chap. 19.
- Freed, M. (toim.) 1966. Methods of Vitamin Assay (1966): 97-123.
- Gerry, R.W., Young, H.E. & Rowe, R.J. 1979. Research in the Life Science. Univ. of Maine vol. 26 n:o 4.
- Karrer, P., Helfenstein, A., Wehrli, H. & Wettstein, A. 1930. Helvetia Chimia Acta (1930) : 1084.
- Keays, J.L. 1976. Applied Polymer Symposium n:o 28 (1976): 445-464.
- Kisljakov, V.N. 1977. Lesnoe Hozjaistvo 9.
- Láng, L. Dr. (toim.) 1961. Absorption Spectra in the Ultraviolet and Visible region. vol 1: 15a-b.
- Leikola, M. 1961. Metsäteknologian seminaariesitelmä.
- Linder, S. 1971. Physiol. Plant 25:58-63.
- Marcovskaya, E.F. 1977. Botanitseskii Zhurnal 63 3:437-441.
- Moore, T. 1957. Vitamin A. Elsevier Publishing Company.
- Pepkowitz, L.P. 1943. Journal of Biological Chemistry 149:465-471.
- Quackenbush, F.W., Dyer, M.A. & Smallidge, R.L. 1970. Official Analytic Chemistry vol. 53 n:o 1:181-185.
- Young, H.E. 1976. Journal of forestry, March 1976, p.160.

ISBN 951-40-0903-7
ISSN 0358-4283