

Matvælarannsóknir Keldnaholti

## **Andoxunarvirkni grænmetis og berja**

Matra 05:07  
Desember 2005

Ólafur Reykdal  
Dana Kübber

## Efnisyfirlit

|  |    |
|--|----|
| Formáli .....  | 3  |
| 1. Inngangur .....                                     | 4  |
| 2. Sýni og aðferðir .....                              | 8  |
| Sýni .....   | 8  |
| Útdráttur .....  | 8  |
| Mæling á andoxunarvirkni .....                         | 8  |
| Þurrefnismæling .....                                  | 9  |
| 3. Niðurstöður .....                                   | 10 |
| Niðurstöður 2004 .....                                 | 10 |
| Niðurstöður 2005 .....                                 | 13 |
| Samanburður við mælingar Vals Gunnlaugssonar ....      | 13 |
| Samanburður við erlendar mæliniðurstöður .....         | 17 |
| 4. Samantekt og ályktanir .....                        | 18 |
| 5. Heimildir .....                                     | 19 |
| Viðauki I – Sýnavinnsla, útdráttur og mæliaðferð ..... | 21 |
| Viðauki II – Upplýsingar um sýni .....                 | 23 |

## Formáli

Í því verkefni sem hér er kynnt var í fyrsta skipti reynt að mæla samanlagða andoxunaryvirkni efna í sýnum af íslenskum landbúnaðarafurðum. Áður höfðu aðeins verið gerðar takmarkaðar mælingar á einstökum efnum með andoxunaryvirkni, þ.e. C vítamíni og fáum karótenóíðum.

Hollustugildi grænmetis er ótvírætt og er talið að andoxunarefni gegni mikilvægu hlutverki í því sambandi. Andoxunarefni í grænmeti eru fjölmörg og rannsóknir eru rétt að byrja að varpa ljósi á áhrif þeirra. Mikilvægt er fyrir Íslendinga að fylgjast með þróuninni og hafa tiltækar aðferðir til að leggja mat á hollustuna. Verkefninu var ætlað að byggja upp þekkingu á viðfangsefninu, koma upp mæliaðferð og gefa fyrsta yfirlitið um andoxunaryvirkni grænmetis. Styrkur frá Framleiðnisjóði landbúnaðarins gerði vinnu við verkefnið mögulega.

## Inngangur

Faraldsfræðilegar rannsóknir benda til þess að rífleg neysla á grænmeti og ávöxtum dragi úr hættu á krabbameinum og hjarta- og æðasjúkdómum (Swanson 1998). Mjög erfitt getur verið að tengja þessi áhrif við einstök efni, eitt eða fleiri, enda innihalda grænmeti og ávextir mikinn fjölda efna. Þó er ljóst að mörg þessi efni hafa eiginleika sem geta hamlað gegn sjúkdómum. Talið er að andoxunarefni skipti hvað mestu máli í þessu tilliti.

### Andoxunarefni

Andoxunarefni eru efni sem veita vörn gegn skaðlegum áhrifum radikala (sindurefna) og efna sem stuðla að oxun. Andoxunarefni geta bæði verið næringarefni (C vítamín og E vítamín) og plöntuefni (karótíníð og fenolsambönd). Bæði karótíníð og fenolsambönd eru stórir flokkar efna og einstök efni hafa mjög mismikla andoxunarefni.

Fjölmörg andoxunarefni geta verið í grænmeti en fjölfenolsambönd eru stærsti flokkurinn. Einnig má nefna C vítamín, E vítamín og karótíníð eins og beta-karótín og lýkópen. Sama má segja um ber og ávexti.

### Oxun og oxunarálag

Talið er að skemmdir af völdum oxunar geti átt þátt í þróun ýmissa sjúkdóma, þar á meðal krabbameina og hjarta- og æðasjúkdóma. Þegar fjallað er um andoxunarefni er því nauðsynlegt að skýra lítillega þýðingu oxunar í líkamanum. Súrefni kemur við sögu í efnaskiptum líkamans og það leiðir stundum til myndunar afar hvarfgjarnra efna sem kallast radikalar. Radikalarnir geta hleypt af stað keðjuverkunum. Þeir hafa eina eða fleiri óparaðar rafeindir og geta hvarfast við ýmsar sameindir, svo sem prótein og DNA, en það getur leitt til skemmda á frumum. Radikalar myndast í líkamanum undir eðlilegum kringumstæðum en umhverfisþættir eins og reykingar, mengun og útfjólublá geislun sólarljóss geta aukið myndun þeirra. Mannlíkaminn hefur þróað ýmsar leiðir til að verjast radikölum. Um er að ræða varnir með ensímum (t.d. súperoxíð dismutasa og glútaþíon peroxidasa), bindingu málmjóna, viðgerðakerfi og varnir byggðar á andoxunarefnum. Andoxunarefni eru því meðal varna líkamans gegn oxunarálagi. Ef andoxunarefni skortir í líkamanum, eða mikið myndast af radikölum, er hugsanlegt að heilsufarsleg vandamál fylgi í kjölfarið.

Taka má fenolsambönd sem dæmi um andoxunarefni úr jurtum. Andoxunareiginleikar fenolsambanda felast í því að binda radikala eða málmjónir og jafnvel endurheimta virkni E vítamíns. Fenolsamböndin rjúfa hvarfgang oxunar fitu og annarra sameinda með því að láta radikölum í té vetnisatóm. Fenol radikalinn sem myndast er tiltölulega stöðugur þannig að keðja efnabreytinga fer ekki auðveldlega af stað. Af fenolsamböndum eru flavanóíð öflugustu andoxunarefni.

## Andoxunarvirkni

Á síðustu árum hefur verið lögð aukin áhersla á að þróa aðferðir til að mæla andoxunarvirkni í plöntum og ýmsum matvælum. Andoxunarvirkni er hæfni efnis eða efnablöndu til að hamla gegn efnabreytingum sem byggjast á oxun. Því meiri sem andoxunarvirknin er því gagnlegri ætti viðkomandi fæðutegund að vera.

## Mæliaðferðir

Til eru ýmsar aðferðir til að mæla andoxunarvirkni og hver þeirra hefur sínar takmarkanir. Sumar aðferðir byggjast á því að mæla hversu vel upplausn sýnis bindur hvarfgjarna radikala. Aðrar aðferðir byggja á bindingu vetnisperoxíðs, bindingu málmjóna eða módelkerfum þar sem viðkvæm efni eins og beta-karótín oxast. Í módelkerfi af línolsýru og beta-karótíni er eyðing beta-karótíns mæld með ljósmælingu og fylgst er með þeim áhrifum sem upplausnir af sýnum hafa á ferlið. Yfirlit um helstu aðferðir er sýnt í töflunni að neðan.

### 1. tafla. Aðferðir til mælinga á andoxunarvirkni.

| Aðferð  | Lýsing   |
|---|--|
| <b>Beta-karótín línolsýru</b> módelkerfi  | Búið er til extrakt af sýni, bætt í línolsýru og beta-karótín ýrulausn, hitað í 50 °C og fylgst með eyðingu beta-karótíns með mælingu í ljósgleypnimæli við 470 nm.  |
| <b>FRAP</b> - aðferð (Ferric reducing activity power)                                 | Aðferðin mælir hæfni andoxunarefna til að afoxa járn tripyridyltriazine ( $\text{Fe}^{3+}$ - TPTZ) í blátt $\text{Fe}^{2+}$ - TPTZ sem er mælt í ljósgleypnimæli við 593 nm.   |
| <b>DPPH</b> - aðferð (Diphenyl picryl hydrazyl radical assay)                         | Aðferðin byggist á því að andoxunarefni afoxa diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radikal. Eyðing radikalsins er mæld með ljósgleypnimælingu við 515 nm.  |
| <b>TEAC</b> - aðferð (Trolox equivalent antioxidant capacity) / <b>ABTS</b> – aðferð. | Metmyoglóbín og vetnisperoxíð mynda ferrylmyoglóbín radikal sem hvarfast við ABTS (Azino etylbenzothiazoline sulphonate) og þá verður til ABTS radikal katjón (blágrænt samband sem hægt er að mæla með ljósgleypnimæli). Andoxunarefni í sýni draga úr myndun þessa litaða sambands. Mæld virkni er gefin upp sem <b>TEAC</b> gildi. Í notkun eru mismunandi útgáfur af þessari aðferð. |
| <b>ORAC</b> - aðferð (Oxygen radical absorbance capacity)                             | AAPH (Azo-amidino-propan dihydrochloride) hvatar oxun á beta-PE (porphyridium cruentum beta-phycoerythrin) og flúrljómun er mæld.  |

Hér á landi hefur beta-karótín línolsýru módelkerfi verið notað hjá Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins til að meta þráhindravirkni þörunga og plantna í loðnulýsi (Margrét Bragadóttir 2003). Þessi aðferð hefur verið notuð erlendis til að meta andoxunarvirkni í grænmeti og berjum. Aðferðin var notuð til að skanna andoxunarvirkni í plöntum í Tælandi (Chanwitheesuk o.fl. 2005), við rannsókn á jarðarberjum (Cordenunsi o.fl. 2005) og kartöflum (Al-Saikhan o.fl. 1985). Gorinstein o.fl. (2005) notuðu bæði beta-karótín línolsýru módelkerfi og DPPH-aðferð til að meta andoxunarvirkni í

greipávöxtum og fékkst ágætt samræmi milli aðferðanna. Sami rannsóknahópur (Gorinstein o.fl. 2003) bar saman fjórar aðferðir til að meta andoxunarefna og komst að því að beta-karótín línolsýru módelkerfi hentaði best fyrir ólífuolíu.

Virgni andoxunarefna er háð hitastigi, súrefni og samspili við önnur efni. Ólíkum aðferðum ber því oft ekki fyllilega saman og því er ljóst að þörf er á stöðlun aðferða (Roginsky & Lissi 2005). Í Bandríkjunum hefur verið hafist handa við að mæla andoxunarefna matvæla á markaði í þeim tilgangi að geta metið andoxunarefna fæðisins í heild (Wu o.fl. 2004). Nýting andoxunarefna í líkamanum skiptir máli en lítið er enn sem komið er vitað um hana.

Í ýmsum erlendum rannsóknum hefur komið í ljós samband milli andoxunarefna og efna eins og C-vítamíns, E-vítamíns, karótínóíða og fenolsambanda í grænmeti (Chanwitheesuk o.fl. 2004). Það er þó alls ekki einhlítt að samband finnist milli einstakra andoxunarefna eða efnaflokka og andoxunarefna. Þó má telja að þessi efni og efnaflokkar séu mikilvægustu þættirnir í andoxunarefna.

Mælingar á einstökum andoxunarefnum eru gerðar með vökvagreiningu (e. HPLC, high pressure liquid chromatography) og hafa orðið verulegar framfarir í þessum greiningum á síðustu árum. Andoxunarefna verður þó ekki metin til fulls út frá einstökum efnum. Virknin þarf ekki að vera summa virkninnar fyrir einstök efni því um flókið samspil efnanna getur verið að ræða.

Í grænmeti og ávöxtum eru fjölmörg efni sem hafa andoxunarefna en aðeins lítil hluti þeirra hefur verið rannsakaður fram til þessa. Í raun verður ógerlegt á næstu árum að mæla öll þessi efni. Það er því ljóst að áfram verður þörf fyrir mælingar á heildarandoxunarefna.

### Útdráttur virkra efna

Hvernig staðið er að útdrætti efna með andoxunarefna hefur afgerandi áhrif á niðurstöður mælinganna. Engin ein aðferð nær að draga út úr grænmetissýni allan þann fjölda efna sem geta haft andoxunarefna. Leysanleiki efnanna er mismunandi og því hentar enginn einn leysir til að draga þau öll út. Ná þarf bæði vatnsleysanlegum og fituleysanlegum efnum til að mæla heildarandoxunarefna.

Aðferðir við að ná efnum úr plöntuvef til mælinga á andoxunarefna eru mjög fjölbreytilegar. Algengast er að nota ýmsar blöndur úr metanóli við útdráttinn en klóroform, asetón, díklórmetan og fleiri lífrænir leysar hafa einnig verið notaðir. Þessir leysar geta haft eitruverkanir og því er æskilegra að nota leysa eins og vatn og etanól. Gülcin o.fl. (2004) rannsökuðu útdrátt á virkum efnum í spergilkáli annars vegar með vatni og hins vegar með etanóli. Báðir leysarnir voru fullnægjandi og mikil andoxunarefna mældist í spergilkáli.

Moure o.fl. (2000) báru saman ólíka leysa fyrir útdrátt virkra efna og var bæði magn útdreginna efna og mæld andoxunarefna mjög háð leysinum. Etanól og díetyl eter voru virkustu leysarnir fyrir beta-karótín línolsýru módelkerfið. Útdráttur með etanóli gaf umtalsvert meiri andoxunarefna en þegar metanól var notað. Connor o.fl. (2002) fengu ekki marktækan mun á heildarmagni fenolsambanda þegar annars vegar var notaður útdráttur með 80% etanóli og hins vegar útdráttur með sýrðu metanóli.

Cai o.fl. (2004) einangruðu bæði vatnsleysanleg efni og metanólleyganleg efni og mældu í tvennu lagi með endurbættri ABTS – aðferð (TEAC – aðferð). Vatnsleysanleg efni voru leyst upp í hreinu vatni í hristibaði við 80 °C í 20 mínútur. Við metanólútdrátt var notað 80% metanól og hristibað við 35 °C í sólarhring. Pilarski o.fl. (2005) notuðu 50% etanól (3 klst við 37 °C) í stað metanóls og fosfat böffer við pH 7,4 fyrir vatnsleysanleg efni. Al-Saikhan o.fl. (1995) notuðu hreint vatn til að draga virk efni úr kartöflum.

### Umhverfisþættir

Aðstæður til ræktunar á Íslandi eru að mörgu leyti sérstakar, nefna má erfið birtuskilyrði, lágan umhverfishita og ræktun í gróðurhúsum. Hugsanlegt er að íslensk náttúra og framleiðsla skili afurðum með samsetningu sem er sérstök, t.d. varðandi plöntuhollefni. Ýmsir þættir svo sem sólarljós, þroski, geymsluskilyrði, árstími, landssvæði og vinnsla hafa mikil áhrif á myndun þessara efna (Duthie o.fl. 2000). Wu o.fl. (2004) mældu mismunandi andoxunarvirkni eftir uppskerutíma. Magn fenolsambanda í jurtum er erfðafræðilega ákvarðað en er einnig háð umhverfisþáttum. Myndun flavon og flavonol er mjög háð sólarljósi og því er styrkur þessara efna hæstur í blöðum og öðru yfirborði jurta (Bravo 1998). Sum hollefnir verja plöntur gegn ytra áreiti og notkun varnarefna gæti því dregið úr myndun þeirra. Þetta kann að hafa þýðingu þar sem notkun varnarefna er lítil eins og á Íslandi.

Grænmeti ræktað á norðlægum slóðum getur haft aðra samsetningu en það sem ræktað er í suðlægari löndum. Hægur vöxtur í langan tíma gæti aukið styrk efna. Hins vegar getur skortur á sólarljósi dregið úr nýmyndun efna. Nýmyndun efna eins og karótína er háð hitastigi og er vel þekkt að gulrætur sem ræktaðar eru á norðlægum slóðum innihalda almennt minna beta-karótín en þær gulrætur sem ræktaðar eru á suðlægum slóðum (Rosenfeld o.fl. 1998). Aðstæður við ræktunina geta þó breytt miklu, nefna má gróðurhús og upphitaðan jarðveg.

Engar mælingar hafa verið gerðar á fenolsamböndum í íslensku grænmeti en aftur á móti eru til niðurstöður fyrir vítamín og karótíníð (Valur Gunnlaugsson og Ólafur Reykdal 2000). Beta-karótín reyndist ekki umtalsvert lægra í íslenskum gulrótum en þeim sem voru innfluttar. Lýkópen í íslenskum tómötum var sambærilegt eða herra en í innfluttum tómötum. Greinilegt var að lýkópen myndaðist með eðlilegum hætti í þeim tómötum sem framleiddir voru við raflýsingu. Ekki er nægilega mikið vitað um myndun fenolsambanda og karótíníða í íslensku grænmeti svo hægt sé að meta hvar íslenskar afurðir standa gagnvart innfluttu grænmeti. Það er enn sem komið er aðeins tilgáta að vegna hægari vaxtar grænmetis á norðurslóðum myndist meira af mörgum lífvirkum efnum.

## Sýni og aðferðir

### Sýni

Sýni voru dæmigerð fyrir það grænmeti sem stóð neytendum til boða á árunum 2004 og 2005. Sýnanna var aflað í verslunum eða dreifingarmiðstöðvum. Öllum fánlegum upplýsingum um sýnin var haldið til haga. Óætir hlutar voru fjarlægðir, sýnin þvegin eftir þörfum og gerð einsleit í blandara. Nánari lýsing er í viðaukum I og II.

### Útdráttur

Valið var að nota tvo leysa og draga annars vegar út vatnsleysanleg efni og hins vegar etanólleysanleg efni. Með því að meta virkni bæði vatnsleysanlegra og etanólleysanlegra efna fást fyllri upplýsingar um andoxunarvirkni sýnisins. Útfærslan er byggð á aðferð Moure o.fl. (2000).

Ákveðið var að vigta út sama magn þurrefnis (0,3 g þurrefnis / 30 ml) fyrir allar tegundir sýna þannig að þau yrðu borin saman á grundvelli þurrefnis. Þetta var gert þannig að magn sýnis var reiknað út frá ákveðnu viðmiðunarþurrefni fyrir tegundina. Reiknað var út frá eftirfarandi þurrefnisgildum: Gulrætur 10 g/100g, gulrófur 12 g/100g, gúrkur 3 g/100g, kartöflur 20 g/100g, kínakál 5 g/100g, paprika 7 g/100g, salat 4 g/100g, sveppir 7 g/100g, tómatar 5 g/100g, bláber 13 g/100g og jarðarber 8 g/100g. Þurrefni var síðan mælt í sýnunum til að kanna möguleg frávik.

Vatnsleysanleg efni voru dregin út í súra vatnslausn sem hafði verið stillt á pH 4 með saltsýru. Útvigtuðu sýni var blandað rækilega saman við lausnina. Hitað var í vatnsbaði við 50 °C í tvær klst og síðan síað. Tær síuvökvi var geymdur í frysti fram að mælingu á andoxunarvirkni. Hituninni er beitt þar sem vatn er ekki góður leysir fyrir fenolsambönd.

Etanólleysanleg efni voru dregin út í 80% etanól. Framkvæmdin var eins og fyrir vatnsleysanleg efni nema lausnin var látin standa á dimmum stað við stofuhita yfir nótt en var ekki hituð. Nánari lýsing er í viðauka I.

### Mæling á andoxunarvirkni

Aðferðir til mælinga á andoxunarvirkni voru kannaðar hjá Matra og valið var að nota aðferð sem byggir á beta-karótín og línolsýru módelkerfi. Þessi aðferð hefur verið notuð með góðum árangri fyrir grænmeti og ávexti. Aðferðin hefur verið notuð hjá Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins til að meta þráahindravirkni þörunga og plantna í loðnulýsi (Margrét Bragadóttir 2003). Mælingarnar byggja á aðferð Marco (1968) með breytingum frá Subba Rao og Muralikrishna (2002). Eyðing beta-karótíns er mæld með ljósgeypnimælingu og kannað að hve miklu leyti upplausnir sýna ná að hamla gegn eyðingunni. Andoxunarvirknina má þá rekja til samspils þeirra andoxunarefna sem eru í sýninu.



Framkvæmdin var eins og hér er lýst: Andoxunavirkni sýna er metin í módelkerfi sem inniheldur línolsýru og beta-karótín. Útbúin er beta-karótín lausn í klóróformi. Hæfilegum skammti af beta-karótíni í klóróformi er bætt í flösku með 0,06 g línolsýru og 0,6 g Tween 40 ýruefni. Klóróformið er gufað af undir köfnunarefni. Þá er búin til ýrulausn (e. emulsion) með því að bæta 150 ml af súrefnisríku vatni í flöskuna með línolsýru, Tween 40 ýruefni og beta-karótíni. Beta-karótín oxast mjög auðveldlega og samtengd oxun beta-karótíns og línolsýru leiðir til myndunar radikala. Eftir því sem beta-karótín eyðist dofnað sterkur gulur litur lausnarinnar. Ganga þarf úr skugga um að gleypni beta-karótín stofnlausnar sé svipuð frá degi til dags. Ýrulausn og sýnislausn er blandað saman í tilraunaglasí. Útbúinn er blankur með vatni eða etanóli í stað sýnislausnar og til viðmiðunar er notað BHA (e. butylated hydroxyanisole) sem er öflugt tilbúið andoxunarefni. Eyðing beta-karótíns er mæld með ljósgleypni-mælingu við 470 nm. Ljósgleypni er mæld strax eftir blöndun og síðan eftir að tilraunaglösin hafa verið í hitabaði við 50 °C í 2 klst. Litur blanksins breytist úr sterkum gulum lit í litlausan. Andoxunavirkni er reiknuð sem %virkni (hindrun) miðað við blankinn eftir tvær klukkustundir frá blöndun sýnis og ýrulausnar.

$$\% \text{ virkni} = \frac{(\text{gleypni sýnis eftir 120 mín} - \text{gleypni blanks eftir 120 mín}) * 100}{(\text{gleypni blanks í byrjun} - \text{gleypni blanks eftir 120 mín})}$$

Ítarlegri lýsing á framkvæmdinni er í viðauka I.



### Þurrefnismæling

*Þurrefnismæling.* Þurrefni var mælt í öllum sýnum. Aðferðin byggir á mæliaðferð nr. 23/1974 frá Norrænu aðferðanefndinni fyrir matvælagreiningar (NMKL). Mælingin fer fram þannig: (1) Glerstaf er komið fyrir í glerkrukkum og þær hitaðar í hitaskáp við 100 °C í 30-45 mínútur. (2) Krukkurnar eru teknar úr ofninum, lok skrúfuð á (best er að taka tvær krukkur út í einu og skrúfa lokin strax á) og þær látnar kólna í 15 mín. Lokin eru tekin af og krukkurnar vegnar nákvæmlega. (V1). (3) U.þ.b. 5 g af sýni eru vegin (V2) í krukuna og sýninu er dreift jafnt með glerstafnum. Ekki eru settar fleiri en 15 krukkur með sýnum í ofninn í einu. Þurrkað er við 100 °C í 16 klst eða yfir nótt. (4) Krukkurnar eru teknar úr ofninum, lok skrúfuð á og þær látnar kólna í 15 mín. Lokin eru tekin af og krukkurnar vegnar nákvæmlega (V3). (5) Magn þurrefnis er ákvarðað út frá þyngdartapi. Þurrefni =  $((V1 + V2 - V3) / V2) * 100$ .

## Niðurstöður

### Niðurstöður 2004

#### *Prófanir á mæliaðferð*

Eftir að valið hafði verið að nota beta-karótín línolsýru módelkerfi til mælinga á andoxunavirkni var það prófað með ýmsum hætti. Ákveða þurfti tímasetningu gleypnimælinga og því var fylgst með breytingum á gleypninni með tíma. Gleypnin var í flestum tilfellum orðin nægjanlega stöðug eftir tvær klst og því var mæling gerð að þessum tíma liðnum enda var það í samræmi við upplýsingar úr erlendum greinum. Við uppsetningu á mælingum fyrir nýja tegund sýnis er þó rétt að fylgjast með ljósgleypni sýnis til að kanna hvenær breytingar hafa náð jafnvægi.

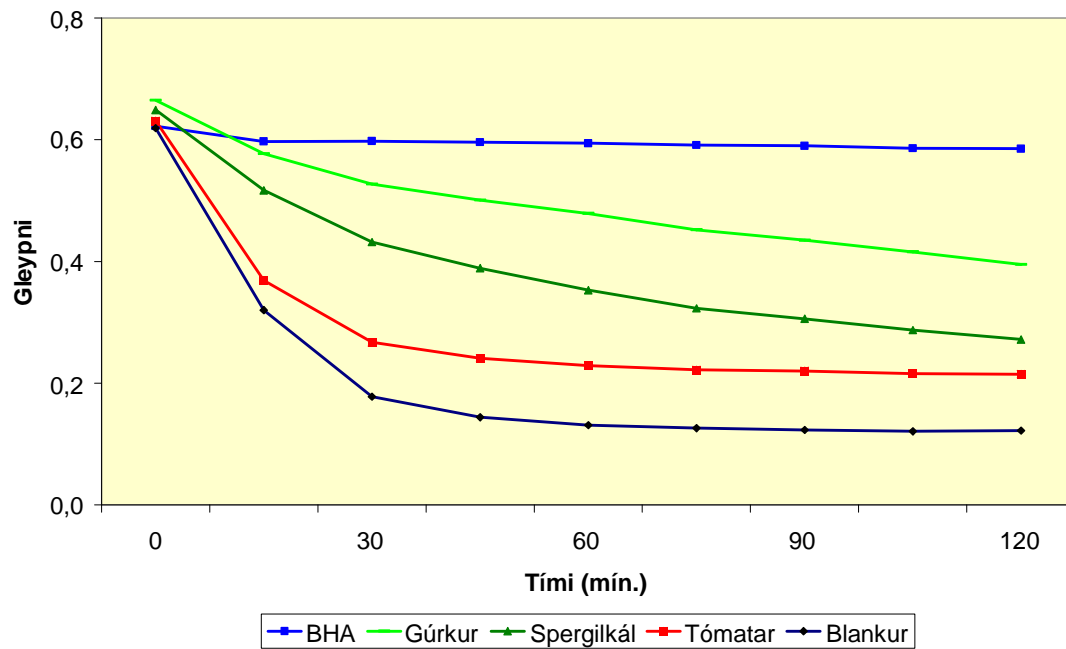
Á 1. mynd er sýnd andoxunavirkni vatnsleysanlegra efna í gúrkum, tómötum og spergilkáli í beta-karótín línolsýru módelkerfi. Á 2. mynd eru samsvarandi upplýsingar fyrir etanólleysanleg efni. Sýnt er hvernig gleypni sýnislausna, blanks og efnisins BHA breytist með tíma. Hröð eyðing beta-karótíns í blanki kemur fram sem lækkun gleypninnar. Hægari eyðing í sýnalausnunum endurspeglar andoxunavirkni. Sjá má að BHA (butylated hydroxyanisole) verndaði beta-karótín nær algjörlega meðan mælingar stóðu yfir. BHA er efnaframleitt þráavarnarefni og hefur verið notað sem slíkt og hér virkar það sem andoxunarefni.

Hreint beta-karótín í upplausn er mjög óstöðugt og því er nauðsynlegt að útbúa nýja stofnlausn daglega. Allar tímasetningar þar sem beta-karótín kemur við sögu þurfa því að vera nákvæmar.

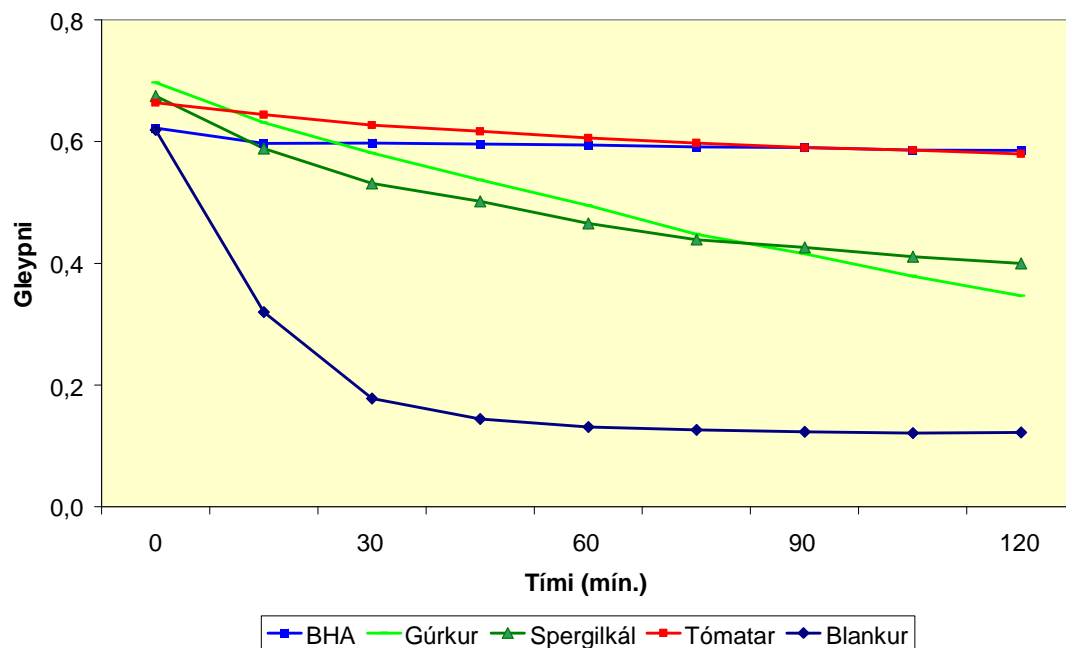
Á árinu 2005 var ákveðið að endurbæta útdrátt efna varðandi nokkur aðriði. Endanlegri útfærslu ársins 2005 er lýst í 2. kafla og viðauka I enda er meginhluti niðurstaðna frá því ári. Útfærslan árið 2004 var frábrugðin sem hér segir: (a) Hreint vatn var notað til að draga út vatnsleysanleg efni og 96% etanól til að draga út etanólleysanleg efni. (b) Ekki var notað vatnsbað við útdrátt á vatnsleysanlegum efnunum en hitað vatn sem notað var kólnaði smám saman. (c) Útdráttur á bæði vatnsleysanlegum og etanólleysanlegum efnunum stóð í um það bil tvær klst. Þessi mismunur á framkvæmd gerir það að verkum að niðurstöður árána 2004 og 2005 eru ekki fyllilega sambærilegar. Útdrátturinn var byggður á aðferð Gülcin o.fl. (2004).

Í 1. töflu kemur fram að lítil virkni etanólleysanlegra efna mældist í gulrótum. Mikið beta-karótín er í gulrótum og því ljóst að það skilar sér ekki með etanólleysanlegum efnunum. Ástæða var til að endurskoða aðferðir við útdrátt.

**1. mynd.** Andoxunavirkni vatnsleysanlegra efna í þremur tegundum grænmetis í beta-karótín línolsýru mólkerfi. BHA er öflugt andoxunarefni til viðmiðunar.



**2. mynd.** Andoxunavirkni etanólleysanlegra efna í þremur tegundum grænmetis í beta-karótín línolsýru mólkerfi. BHA er öflugt andoxunarefni til viðmiðunar.



*Niðurstöður fyrir grænmeti og ber*

Í 2. töflu eru sýnd reiknuð gildi fyrir andoxunarvirkni eftir tvær klst fyrir það grænmeti sem prófað var. Verulegur munur er á andoxunarvirkni efna sem dregin eru út með vatni og etanóli úr sama sýni eins og fram kemur í töflunni.

**2. tafla.** Andoxunarvirkni prófuð í beta-karótín og línolsýru módelkerfi 2004.

|                              | Virkni <sup>1)</sup><br>Vatnsleysanleg efni<br>% | Virkni<br>Etanólleysanleg efni<br>% |
|------------------------------|--|-------------------------------------|
| Gúrkur, Ísland, Gufuhlíð     | 54,9   | 45,3                                |
| Tómatar, Ísland, Gróður ehf  | 18,7   | 92,2                                |
| Gulrætur, Ísland, Akursel    | 10,2   | 0,2                                 |
| Gulrætur, USA, Kalifornía    | 8,9  | 0,0                                 |
| Spergilkál, Spánn, Chico     | 26,0   | 62,5                                |
| Spergilkál, Spánn, Chico     | 30,2   | 55,9                                |
| Aðalbláber, Ísland, Strandir | 72,6   | 85,6                                |
| Bláber, Chíle                | 38,9   | 41,1                                |
| Bláber, S-Afríka, KCB        | 92,6   | 116,0                               |

<sup>1)</sup> Virkni =  $(\text{Ljósgeypni sýnis}_{120 \text{ mín.}} - \text{Ljósgeypni blanks}_{120 \text{ mín.}}) * 100 / (\text{Ljósgeypni blanks}_{0 \text{ mín.}} - \text{Ljósgeypni blanks}_{120 \text{ mín.}})$ .

Styrkur uppleystra efna í sýnislausn hefur áhrif á andoxunarvirknina. Því er erfitt að bera niðurstöður saman við erlendar rannsóknaniðurstöður þar sem aðferðir til mælinga á andoxunarvirkni eru ekki staðlaðar. Moure o.fl. (2000) mældu vaxandi andoxunarvirkni með auknum styrk upplausnarefna en það hefur ekki komið fram í öllum rannsóknum. Niðurstöðurnar í 2. töflu eru byggðar á jafnmiklu þurrefni úr upprunalegu sýni í rúmmálseiningu leysis (0,01 g þurrefni / ml) og eru á þeim grunni samanburðarhæfar innbyrðis.

Mælingar á bláberjum sýndu í flestum tilfellum mikla virkni bæði fyrir vatnsleysanleg efni og etanólleysanleg efni. Erlendum rannsóknum ber almennt saman um það að einna mest andoxunarvirkni sé í berjum (Wu o.fl. 2004).

Etanólleysanleg efni í tómtum eru mjög virk. Meiri andoxunarvirkni vatnsleysanlegra efna í gúrkum en í tómtum og spergilkáli er væntanlega vegna fenolsambanda. Gülcin o.fl. hafa mælt 74-91% virkni fyrir vatnsleysanleg efni úr spergilkáli og 87-99% virkni fyrir etanólleysanlegu efnin. Kähkönen o.fl. (1999) hafa mælt 9-52% hindrun fyrir fituleysanleg efni úr tómtum.

### Niðurstöður 2005

Í 3. töflu koma fram niðurstöður mælinga á andoxunavirkni og þurrefni frá árinu 2005. Andoxunavirkni mældist almennt umtalsverð í sýnunum þótt lág gildi komi fram í einstaka tilfellum en engin ein grænmetistegund hefur lág gildi fyrir öll sýnin. Áberandi mikil andoxunavirkni fyrir etanólleysanleg efni mældist í tómötum, berjum og salati. Einna mest andoxunavirkni fyrir vatnsleysanleg efni mældist í berjum, salati og kínakáli. Mikil andoxunavirkni fyrir vatnsleysanleg og etanólleysanleg efni þarf ekki að fara saman, þannig mælist í tómötum mikil virkni etanólleysanlegra efna en fremur lítil virkni vatnsleysanlegra efna. Almennt er andoxunavirkni mjög breytileg innan grænmetistegunda. Á 3. og 4. myndum hefur meðaltölum fyrir mælda andoxunavirkni verið raðað upp.

Umtalsverð andoxunavirkni efna í kartöflum kemur nokkuð á óvart þar sem þær eru ekki litsterkar og hafa ekki verið taldar til þess grænmetis sem er auðugast af hollefnum. Erlendar rannsóknir staðfesta hins vegar að kartöflur eru auðugar af andoxunarefnum (Al-Saikhan o.fl. 1995). Mikil andoxunavirkni mælist í berjum og er það í samræmi við erlendar rannsóknir (Cordenunsi o.fl. 2004).

Niðurstöðurnar gefa ekki tilefni til að álykta að andoxunavirkni sé meiri eða minni í íslensku sýnunum en þeim erlendu. Umtalsverð andoxunavirkni kemur fram bæði fyrir íslenskt og innflutt grænmeti.

Útviðtun á sýni var miðuð við 0,01 g þurrefni á millilítra upplausnar og dæmigert þurrefnishlutfall fyrir viðkomandi tegund notað. Í 2. töflu kemur fram að þurrefni er mun minna breytilegt en andoxunavirkni og nægir því ekki til að skýra breytilega andoxunavirkni. Viðmiðunargildi fyrir þurrefni hafa verið nokkuð nærri lagi nema fyrir gulrófur.

### Samanburður við mælingar Vals Gunnlaugssonar í Bretlandi

Valur Norðri Gunnlaugsson gerði mælingar á fjórum tegundum grænmetis frá Íslandi og Bretlandi á árinu 2005 við Háskólann í Leeds í Bretlandi (Valur Norðri Gunnlaugsson 2005). Tegundirnar voru gúrkur, tómatar, rauð paprika og steinselja. Að auki voru gerðar mælingar á breskum jarðarberjum. Ekki reyndist vera afgerandi munur á andoxunavirkni grænmetis frá Íslandi og Bretlandi og er þessi niðurstaða samhljóða þeim niðurstöðum sem fengust við mælingar Matra á Keldnaholti.

Í Bretlandi var beitt fjórum aðferðum til að mæla andoxunavirkni: FRAP-aðferð (ferric reducing antioxidant capacity), TEAC-aðferð (Trolox equivalent antioxidant capacity), ORAC-aðferð (oxygen radical absorption capacity) og Folin-Ciocalteu aðferð (mælir heildarmagn fenolsambanda). ORAC-aðferðin virkaði ekki sem skyldi og niðurstöður verkefnisins eru því byggðar á hinum þremur aðferðunum.

Gott samband var milli niðurstaðna sem fengust með TEAC- og Folin-Ciocalteu aðferðum en niðurstöður úr FRAP mælingum skáru sig úr. Þær niðurstöður voru dregnar að staðla þyrfti aðferðir til mælinga á andoxunavirkni til þess að hægt verði að bera saman niðurstöður hinna ýmsu verkefna. Því er nauðsynlegt að beita að minnsta kosti tveimur mæliaðferðum til að mæla andoxunavirkni.

**3. tafla.** Niðurstöður mælinga á andoxunarvirkni og þurrefni í sýnum af grænmeti og berjum 2005.

| Sýni                             | Virknir <sup>1)</sup><br>Vatnsleysanleg<br>efni<br>% | Virknir<br>Etanólleysanleg<br>efni<br>% | Þurrefni<br>% |
|----------------------------------|--|---|---------------|
| <b>Bláber</b>                    |  |   |               |
| Ísland, LBHÍ                     | 91,4   | 94,4                                    | 16,2          |
| Ástralía, Blueberry farm         | 92,4   | 98,7                                    | 13,9          |
| Suður-Afríka                     | 81,1   | 79,4                                    | 15,7          |
| Uruguay                          | 75,3   | 80,2                                    | 14,0          |
| <b>Brómber</b>                   |  | 91,0                                    | 12,7          |
| Spánn                            |  |   |               |
| <b>Gulrætur</b>                  |  |   |               |
| Vestri-Pétursey                  | 42,5   | 70,2                                    | 10,6          |
| Akursel, stórar LR <sup>2)</sup> | 53,2   |   | 8,1           |
| Akursel, miðlungsstórar LR       | 50,4   |   | 8,0           |
| Garðyrkjustöðin Leyni            | 46,8   | 0,1                                     | 8,7           |
| USA, Baby                        |  | 77,6                                    | 8,6           |
| USA, Green Giants                | 35,6   | 51,9                                    | 8,8           |
| USA, Green Giants                | 52,4   |   | 9,3           |
| <b>Gulrófur</b>                  |  |   |               |
| Þórisholt                        | 16,4   | 49,6                                    | 8,6           |
| Hraunsós                         | 8,8  | 89,9                                    | 9,2           |
| Maríubakki, V-Skapt.             | 10,0   | 12,9                                    | 9,5           |
| <b>Gúrkur</b>                    |  |   |               |
| Akur, Laugarási LR               | 13,0   | 24,9                                    | 3,5           |
| Gufuhlíð                         | 26,6   |   | 3,7           |
| Laugaland                        | 18,3   | 42,3                                    | 2,9           |
| Innfluttar, Bestland             | 34,5   | 14,1                                    | 9,0           |
| <b>Hindber</b>                   |  |   |               |
| Ísland, LBHÍ                     | 106  | 95,5                                    | 12,9          |
| <b>Jarðarber</b>                 |  |   |               |
| Silfurtún, Flúðum                | 90,4   | 88,2                                    | 8,0           |
| Belgía, Special Fruit            | 100  | 97,4                                    | 6,8           |
| <b>Kartöflur, Gullauga</b>       |  |   |               |
| Akurnes, Hornafirði              | 25,0   | 67,6                                    | 24,4          |
| Vallanes, Fljótisdalshéraði LR   | 37,4   | 79,7                                    | 18,6          |
| Seljavellir, Hornafirði          | 50,0   | 64,7                                    | 23,9          |
| <b>Kartöflur, Rauðar</b>         |  |   |               |
| Seljavellir, Hornafirði          | 25,4   | 69,5                                    | 25,7          |
| Akurnes, Hornafirði              | 53,0   | 60,0                                    | 22,2          |

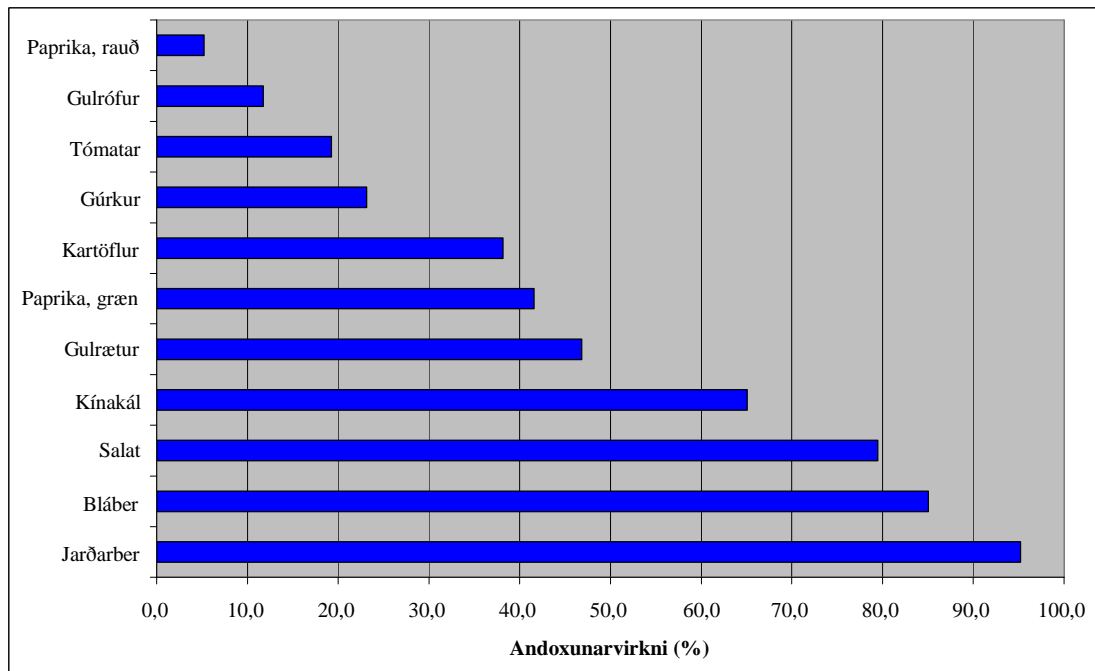
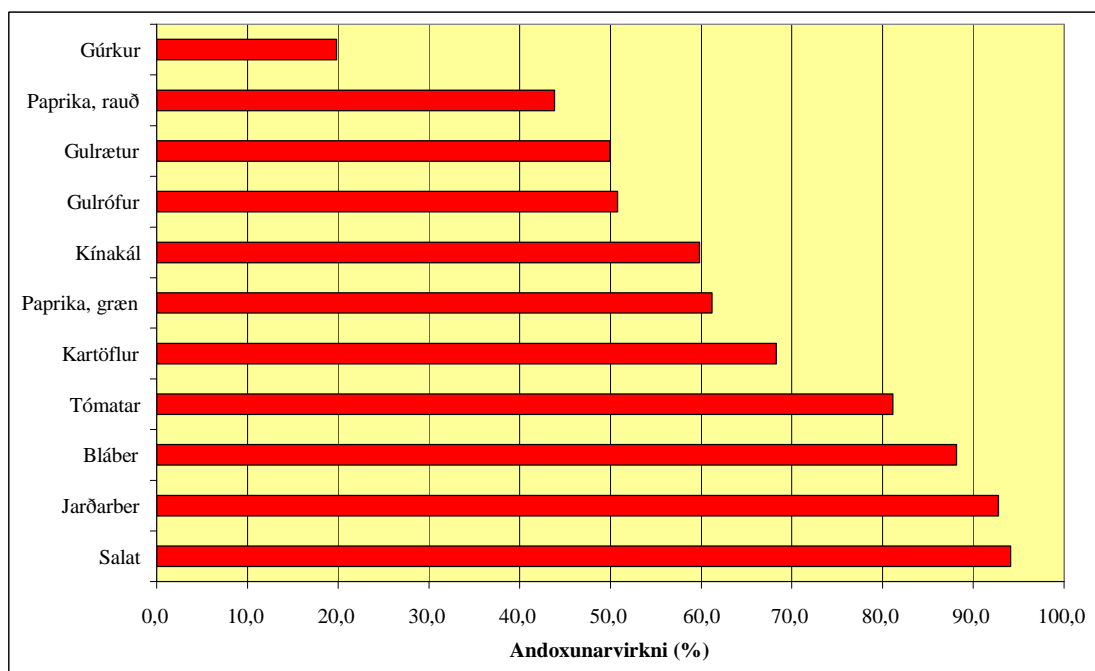
<sup>1)</sup> Virkni =  $(\text{Ljósgeypni sýnis}_{120 \text{ mín.}} - \text{ljósgeypni blanks}_{120 \text{ mín.}}) * 100 / (\text{Ljósgeypni blanks}_{0 \text{ mín.}} - \text{ljósgeypni blanks}_{120 \text{ mín.}})$ . <sup>2)</sup> LR: Lífræn ræktun

**3. tafla, frh.** Niðurstöður mælinga á andoxunarvirkni og þurrefni í sýnum af grænmeti og berjum 2005.

| Sýni                             | Virgni <sup>1)</sup>     |                           | Þurrefni |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------|
|                                  | Vatnsleysanleg efni<br>% | Etanólleysanleg efni<br>% |          |
| <b>Kínakál</b>                   |                          |                           |          |
| Sunnuhlíð, Flúðum                | 69,1                     | 78,0                      | 5,8      |
| Gróður ehf                       | 59,2                     | 63,0                      | 5,8      |
| Hveravellir við Húsavík          | 59,7                     | 58,8                      | 6,3      |
| Holland                          | 68,0                     | 64,2                      | 4,7      |
| Holland                          | 70,5                     | 64,1                      | 4,6      |
| Spánn                            | 63,9                     | 30,7                      | 4,8      |
| <b>Paprika, appelsínugul</b>     |                          |                           |          |
| Akur, Laugarási LR <sup>2)</sup> | 4,5                      | 34,4                      | 6,8      |
| <b>Paprika, græn</b>             |                          |                           |          |
| Jörfi                            | 58,7                     | 95,1                      | 6,8      |
| Syðri-Reykir                     | 70,8                     | 85,2                      | 6,2      |
| Spánn, Murgeverde                |                          | 3,2                       | 6,3      |
| <b>Paprika, rauð</b>             |                          |                           |          |
| Akur, Laugarási LR               | 3,6                      | 49,1                      | 7,6      |
| Jörfi                            | 7,7                      | 43,2                      | 8,1      |
| Spánn, Murgeverde                | 4,3                      | 39,3                      | 9,4      |
| <b>Salat, Grandsalat</b>         |                          |                           |          |
| Hveratún                         | 75,6                     | 84,2                      | 4,0      |
| Lambhagi                         | 73,9                     | 102                       | 4,1      |
| Lambhagi                         | 88,9                     | 96,4                      | 4,9      |
| <b>Sveppir</b>                   |                          |                           |          |
| Flúðasveppir                     |                          | 83,2                      | 7,1      |
| <b>Tómatar</b>                   |                          |                           |          |
| Jörfi                            | 17,4                     | 91,6                      | 5,3      |
| Akur, Laugarási LR               | 15,4                     | 83,1                      | 5,2      |
| Friðheimar                       | 16,4                     | 101                       | 5,3      |
| Hveravellir                      | 17,7                     | 99,6                      | 5,1      |
| Melar                            | 23,3                     | 44,3                      | 5,2      |
| Spánn, Gran Canaria              | 21,7                     | 90,9                      | 5,3      |
| Spánn                            | 22,7                     | 64,7                      | 5,4      |
| Spánn, Canary Island             | 19,5                     | 74,2                      | 5,6      |
| <b>Trönuber</b>                  |                          |                           |          |
| USA, Ocean Spray                 | 90,9                     | 96,2                      | 12,1     |

<sup>1)</sup> Virgni =  $(\text{Ljósgeypni sýnis } 120 \text{ mín.} - \text{ljósgeypni blanks } 120 \text{ mín.}) * 100 / (\text{Ljósgeypni blanks } 0 \text{ mín.} - \text{ljósgeypni blanks } 120 \text{ mín.})$ .

<sup>2)</sup> LR: Lífræn ræktun

**3. mynd.** Meðaltöl fyrir andoxunavirkni vatnsleysanlegra efna.**4. mynd.** Meðaltöl fyrir andoxunavirkni etanólleysanlegra efna.



Niðurstöður Vals er ekki hægt að bera saman við þær niðurstöður sem kynntar eru í þessari skýrslu enda eru aðferðirnar ólíkar. Þó er fróðlegt að bera saman hvernig virkni hinna ýmsu grænmetistegunda raðast. Niðurstöðurnar frá Bretlandi raðast þannig (bæði íslensk og bresk sýni tekin saman):

a) Andoxunarvirkni samkvæmt TEAC-aðferð:  
Steinselja > jarðarber > paprika > tómatar > gúrkur

b) Sama röðun og í a) kemur fram fyrir heildarmagn fenolsambanda.

c) Andoxunarvirkni samkvæmt FRAP-aðferð:  
Jarðarber > paprika > steinselja > tómatar > gúrkur.

Á 3. og 4. myndum má sjá að samkvæmt mælingum Matra á Keldnaholti með beta-karótín línolsýru módelkerfi raðast grænmetistegundir öðruvísi en samkvæmt mælingunum í Bretlandi. Allar mælingarnar eiga þó það sameiginlegt að jarðarber eru með einna mesta virknina.

### **Samanburður við erlendar niðurstöður**

Umtalsverð andoxunarvirkni mældist í íslenskum kartöflum og er það í samræmi við erlendar rannsóknir. Í Bandaríkjunum mældu Al-Saikhan o.fl. (1995) sérlega mikla andoxunarvirkni í kartöflum borið saman við annað grænmeti, aðeins í spergilkáli mældist meiri andoxunarvirkni. Aðeins vatn var notað til að draga út virk efni og karótenóíð í kartöflunum hafa því ekki mælst með. Talið var að vatnsleysanleg fenolsambönd ættu stóran þátt í virkninni en kartöflur eru auðugar af fenolsamböndum.

Viðamiklar mælingar á andoxunarvirkni grænmetis hafa verið gerðar í Bandaríkjunum (Wu o.fl. 2004). Notuð var ORAC-aðferð til að mæla bæði vatnsleysanleg og fituleysanleg efni. Hafa þarf í huga að niðurstöðurnar eru miðaðar við ferskvigt þar sem til sendur að bæta upplýsingum um andoxunarvirkni í gagnagrunn um matvæli. Heildarvirknin fyrir nokkrar grænmetistegundir raðaðist þannig:

Salat > gulrætur > kartöflur > tómatar > gúrkur

Niðurstöðurnar á Keldnaholti raðast ekki eins en salat hefur í báðum tilfellum mestu virknina. Einnig ber öllum mælingum saman um verulega virkni efna í kartöflum.

## Samantekt og ályktanir

Heimildir um mælingar á andoxunarvirkni voru kannaðar. Beta-karótín línolsýru módelkerfi var valið til prófunar og síðan gerðar mælingar á andoxunarvirkni innlands og innflutts grænmetis og berja.

Almennt greindist veruleg andoxunarvirkni í þeim tegundum grænmetis og berja sem voru prófaðar en talsverður munur gat verið á sýnum sömu tegundar. Ekki fannst afgerandi munur á sýnum af íslensku og innfluttu grænmeti og berjum. Þetta er í samræmi við mælingar Vals Norðra Gunnlaugssonar á andoxunarvirkni íslensks og bresks grænmetis við háskólann í Leeds.

Einna mest andoxunarvirkni var í berjum, salati og tómötum. Talsverð andoxunarvirkni var einnig í kartöflum. Þetta er í grófum dráttum í samræmi við niðurstöður erlendra rannsókna.

Ótölulegur fjöldi virkra efna með ólíka eiginleika er í grænmeti. Ýmsar aðferðir eru notaðar til að mæla andoxunarvirkni og byggjast þær á ólíkum grunni þannig að niðurstöður þeirra eru ekki sambærilegar. Mjög ólíkar aðferðir eru einnig notaðar við að draga virk efni úr plöntuvef og eykur það enn á vandamál við samanburð niðurstaðna. Það er því mikil þörf fyrir stöðlun aðferða til að mæla andoxunarvirkni. Einnig þarf að prófa aðferðir við útdrátt efna rækilega áður en ráðist er í mælingar. Sem stendur er því heppilegast að nota minnst tvær aðferðir til að mæla andoxunarvirkni, þannig fæst betri heildarmynd af virkninni. Þessi nálgun rúmaðist ekki innan verkefnisins sem hér er kynnt.

Með verkefninu er kominn grunnur fyrir áframhaldandi og sérhæfðari mælingar á andoxunarefnum og virkni þeirra en slíkt gæti nýst íslenskum landbúnaði og neytendum vel. Næsta skref ætti að vera greining einstakra andoxunarefna í íslensku grænmeti og plöntum jafnframt því sem andoxunarvirkni væri mæld með minnst tveimur aðferðum. Aðferðir til að mæla heildarandoxunarvirkni munu í nánustu framtíð gegna mikilvægu hlutverki þegar meta á hollustugildi fæðutegunda og bera þær saman.

## Heimildir

Al-Saikhan, M.S., L.R. Howard, J.C. Miller, 1995. Antioxidant activity and total phenolics in different genotypes of potato (*Solanum tuberosum*, L.). *Journal of Food Science* **60** (2): 341-343, 347.

Bravo, L., 1998. Polyphenols: Chemistry, dietary sources, metabolism and nutritional significance. *Nutrition Reviews* **56** (11): 317-333.

Cai, Y., Q. Luo, M. Sun, H. Corke, 2004. Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer. *Life Sciences* **74**: 2157-2184.

Chanwitheesuk, A., A. Teerawutgulrag, N. Rakariyatham, 2005. Screening of antioxidant activity and antioxidant compounds of some edible plants of Thailand. *Food Chemistry* **92** (3): 491-497.

Connor, A.M., J.J. Luby, J.F. Hancock, S. Berkheimer, E.J. Hanson, 2002. Changes in fruit antioxidant activity among blueberry cultivars during cold-temperature storage. *J. Agric. Food Chem.* **50**: 893-898.

Cordenunsi, B.R., M.I. Genovesi, J. R.O.N.N.M.A Hassimotto, R. J. Santos, F.M. Lajolo, 2004. Effects of temperature on the chemical composition and antioxidant activity of three strawberry cultivars. *Food Chemistry* **91** (1): 113-121.

Duthie, G.G., S.J. Duthie & J.A.M. Kyle, 2000. Plant polyphenols in cancer and heart disease: Implications as nutritional antioxidants. *Nutrition Research Reviews* **13**: 79-106.

Gornistein, S., O. Martin-Belloso, E. Katrich, A. Loiek, M. Cíz, N. Gligelmo-Miguel, R. Haruenkit, Y-S. Park, S-T. Jung, S. Trakhtenberg, 2003. Comparison of the contents of the main biochemical compounds and the antioxidant activity of some Spanish olive oils as determined by four different radical scavenging tests. *Journal of Nutritional Biochemistry* **14**: 154-159.

Gorinstein, S., H. Leontowicz, J. Drzewiecki, Z. Jastrzebski, M.S. Tapia, E. Katrich, S. Trakhtenberg, 2005. Red Star Ruby (Sunrise) and blond qualities of Jaffa grapefruits and their influence on plasma lipid levels and plasma antioxidant activity in rats fed with cholesterol-containing and cholesterol-free diets. *Life Sciences* **77**: 2384-2397.

Gülcin, I., I.G. Sat, S. Beydemir & Ö.I. Küfreviöglu, 2004. Evaluation of the *in vitro* antioxidant properties of broccoli extracts (*Brassica oleracea* L.). *Ital. J. Food Sci.* **16** (1): 17-30.

Kähkönen, M.P., A.I. Hopia, H.J. Vuorela, J-P. Rauha, K. Pihlaia, T.S. Kujala, M. Heinonen, 1999. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *J. Agric. Food Chem.* **47**: 3954-3962.

Marco, G.J., 1968. A rapid method for evaluation of antioxidants. *JAACS* **45**: 594-598.

Margrét Bragadóttir, 2003. Áhrif þörunga og lækningajurta á geymsluþol loðnulýsis. *Rf verkefna-skýrsla* **29-03**. Rannsóknastífnun fiskiðnaðarins.

Moure, A., D. Franco, J. Sineiro, H. Domínguez, M.J. Nunez & J.M. Lema, 2000. Evaluation of extracts from *Gevuina avellana* hulls as antioxidants. *J. Agric. Food Chem.* **48**: 3890-3897.

Pilarski, R., H. Zielinski, D. Ciesiolka, K. Gulewicz, 2005. Antioxidant activity of ethanolic and aqueous extracts of *Uncaria tomentosa* (Willd.) DC. *Journal of Ethnopharmacology*. Í prentun.

Roginski, V. & E.A. Lissi, 2005. Review of methods to determine chain-breaking antioxidant activity of food. *Food Chemistry* **92** (2): 235-254.

- Rosenfeld, H.J., R.T. Samuelsen & P. Lea, 1998. The effect of temperature on sensory quality, chemical composition and growth of carrots (*Daucus carota L.*). I. Constant diurnal temperature. *Journal of Horticultural Science and Technology* 73 (2): 275-288.
- Subba Rao, M.V.S.S.T., G. Muralikrishna, 2002. Evaluation of the antioxidant properties of free and bound phenolic acids from native and malted finger millet (Ragi, *Eleusine coracana* Indf-15). *J. Agric. Food Chem* **50**: 889-892.
- Swanson, C.A., 1998. Vegetables, fruits and cancer risk: The role of phytochemicals. Í *Phytochemicals. A new paradigm.* (Ritstj. W. Bidlack o.fl.), Technomic Publishing Co. Inc., Lancaster, 1-12.
- Valur Norðri Gunnlaugsson og Ólafur Reykdal, 2000. Gæði grænmetis á íslenskum markaði 1998-1999. *Fjölrit Rala* 202.
- Valur Norðri Gunnlaugsson, 2005. Measurement of antioxidant capacity of vegetables grown in Iceland and UK. MS ritgerð við University of Leeds, Procter Department of Food Science, ágúst 2005.
- Wu, X., G.R. Beecher, J.M. Holden, D.B. Haytowitz, S.E. Gebhardt, R.L. Prior, 2004. Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States. *J. Agric. Food Chem.* **52**: 4026-4037.

## Viðauki I

### Sýnavinnsla, útdráttur og mæling á andoxunavirkni í beta-karótín línóleat módelkerfi

#### Undirbúningur sýna

Upplýsingar um sýnin eru skráðar (framleiðandi, pökkunardagur, sýnatökustaður, sýnatökudagur, fjöldi stykkja, þyngd, athugasemdir um útlit og athugasemdir um gæði). Sýnin eru síðan ljósmynduð. Óætir hlutar sýna eru fjarlægðir og sýnin síðan skoluð upp úr köldu kranavatni ef jarðvegur eða óhreinindi eru sjáanleg. Sýnin eru skorin í bita og gerð einsleit með venjulegum Braun blandara. Öflugri blandari er notaður til að fá einsleitt sýni ef þess gerist þörf. Einsleitt sýni er sett í tvær dósir, önnur er fryst strax en sýni í hinni notað fyrir útdrátt á andoxunarefnum og fyrir þurrefnismælingu.

#### Útdráttur

##### Útdráttur vatnsleysanlegra efna

1. Vigtið einsleitt sýni, 0,3 g þurrefni, í 50 ml skrúftappaglas. Bætið í glasið 30 ml af vatni sem hefur verið sýrt að pH 4 með saltsýru (Þynnið 10 ml 0,01 M HCl í 1 L. 0,01 M saltsýra er útbúin með því að bæta 0,86 ml af fullsterkri saltsýru í 1 L af vatni). Hvert sýni er vigtað í tvö glös. Blandið nokkrum sinnum.
2. Hitið í vatnsbaði við 50 °C í tvær klst. Blandið nokkrum sinnum. Bætið sýrðu vatni til að leiðrétta fyrir uppgufun.
3. Síið gegnum Whatman síupappír nr. 4. Þau sýni sem erfiðlega gengur að sía er hægt að skilvinda við 6.000 snúninga á mínútu í 15 mínútur.
4. Geymið tæran síuvökva í 14 ml skrúftappaglassi við -20 °C þar til mæling er gerð.

##### Útdráttur etanólleysanlegra efna

1. Vigtið einsleitt sýni, 0,3 g þurrefni, í 50 ml skrúftappaglas. Bætið í glasið 30 ml af 80% etanóli (830 ml 96% etanól og 170 ml vatn). Hvert sýni er vigtað í tvö glös. Blandið nokkrum sinnum.
2. Geymið við stofuhita á dimmum stað yfir nótt. Blandið nokkrum sinnum.
3. Síið gegnum Whatman síupappír nr. 4. Þau sýni sem erfiðlega gengur að sía er hægt að skilvinda við 6.000 snúninga á mínútu í 15 mínútur.
4. Geymið tæran síuvökva í 14 ml skrúftappaglassi við -20 °C þar til mæling er gerð.

#### Mæling

##### Efni

Beta-karótín

Línólúsýra

Klóróform (Athugið eituráhrif klóróforms)

Tween 40 (polyoxyethylene sorbitan monopalmitate)

Súrefnisríkt vatn: Loftdæla er notuð til að dæla loft í afjónað vatn í 1 klst.

##### Áhöld

Gleypnimælir

Hitabað

Köfnunarefniskútur

Skammtapípettur (0,1-5 ml)

Skömmtunarflaska fyrir klóróform

**Kúvettuglös**

Glös (20 ml) með skrúftappa

Glös (14 ml) með skrúftappa. Úr plasti sem þolir frost.

Erlenmeyer flöskur / kúluflöskur (Helst litaðar)

**Framkvæmd**

Útbúin er beta-karótín lausn. Verjið gegn ljósi með álpappír eða lituðum glösum.

1. Lausn A (1,4 mg/ml). 0,014 g beta-karótín vigtað í glerglas og leyst í 10 ml af klóróformi.
2. Lausn B (0,1,4 mg/ml). 1 ml A þynntur með 9 ml af klóróformi.
3. Lausn C. 0,1 ml af lausn B gerðir að 5 ml með klóróformi. Lausnin á að gefa ljósgleypni upp á 0,7-0,8 nm, ef ekki þá þarf að breyta þynningu á lausn B.

Útbúin er línolsýrulausn í erlenmeyer flösku eða kúluflösku (Lituð flaska eða varin með álpappír). 150 ml nægja í 30 sýnaglös.

1. 0,060 g hreinsuð línolsýra
2. 0,600 g Tween 40
3. 3 ml af beta-karótín lausn B.
4. Klóróformið er blásið af með köfnunarefnisgasi
5. 150 ml af súrefnisríku, eimuðu vatni bætt út í.
6. Hrist kröftuglega, gjarnan í kúluflösku.

**Viðmiðunarlausn**

1. Lausn R (2 mg/ml). 0,020 g BHA (eða BHT) eru leyst í 10 ml af etanóli.
2. Lausn S (0,2 mg/ml). 1 ml þynntur í 10 ml með etanóli.

**Mæling**

1. 0,2 ml af sýnisupplausn (eða viðmiðunarlausn) er bætt í glösin. Sama magn af vatni / etanóli er notað fyrir blankinn.
2. 5 ml af línolsýrulausn eru pípettaðir beint í kúvettuglös og blandað vel.
3. Núllpunktur er mældur **strax** við 470 nm á móti lofti
4. Glösin eru sett í vatnsbað við 50 °C í 2 klst og gleypnin mæld að þeim tíma liðnum. Verjið sýnin gegn ljósi.
5. Virknin er reiknuð þannig:

$$\% \text{ virkni} = \frac{(\text{gleypni sýnis eftir 120 mín} - \text{gleypni blanks eftir 120 mín}) * 100}{(\text{gleypni blanks í byrjun} - \text{gleypni blanks eftir 120 mín})}$$

## **Viðauki II**

### **Upplýsingar um sýni**

**Viðauki II - Upplýsingar um sýni**

| Númer | Sýni                                  | Sýnatöku-<br>staður | Dagsetn.<br>sýnatöku | Fjöldi<br>stykkja | Magn sýnis<br>g | Aðrar upplýsingar |
|-------|---------------------------------------|---------------------|----------------------|-------------------|-----------------|-------------------|
|       | <b>Bláber</b>                         |                     |                      |                   |                 |                   |
| 37    | Hvanneyri, LBHÍ                       | Hvanneyri           | 8.11.2005            |                   | 250             |                   |
| 38    | Ástralía, Blueberry farm of Australia | Hagkaup             | 22.11.2005           | 3 öskjur          | 125             | Daufur blár litur |
| 45    | Suður-Afríka                          | Hagkaup             | 12.12.2005           | 2 öskjur          | 250             |                   |
| 46    | Uruguay                               | Hagkaup             | 12.12.2005           | 3                 | 375             |                   |
|       |                                       |                     |                      |                   |                 |                   |
|       | <b>Brómber</b>                        |                     |                      |                   |                 |                   |
| 36    | Spánn                                 | Hagkaup             | 22.11.2005           | 2 öskjur          | 247             |                   |
|       |                                       |                     |                      |                   |                 |                   |
|       | <b>Gulrófur</b>                       |                     |                      |                   |                 |                   |
| 15    | Þórisholt                             | SFG                 | 3.11.2005            | 3                 | 710             |                   |
| 16    | Hraunsós                              | SFG                 | 3.11.2005            | 3                 | 709             |                   |
| 17    | Mariúbakki, V-Skapt.                  | SFG                 | 3.11.2005            | 4                 | 448             |                   |
|       |                                       |                     |                      |                   |                 |                   |
|       | <b>Gulrætur</b>                       |                     |                      |                   |                 |                   |
| 1     | Akursel, stórar                       | Hagkaup             | 25.10.2005           | 2 pokar 11 stk    | Um 1000         |                   |
| 2     | Akursel, miðlungs-                    | Hagkaup             | 25.10.2005           | 2 pokar 25 stk    | Um 1000         |                   |
| 3     | USA, Baby                             | Hagkaup             | 25.10.2005           |                   | 453             |                   |
| 7     | Garðyrkjustöðin Leyni                 | Hagkaup             | 24.10.2005           | 3 pokar 21 stk    | 1500            |                   |
| 19    | Vestri-Pétursey                       | Hagkaup             | 7.11.2005            | 2 pokar 16 stk    | 1000            |                   |
| 31    | USA, Green Giants                     | Hagkaup             | 21.11.2005           | 2 pokar           | 958             |                   |
| 48    | USA, Green Giant                      | Hagkaup             | 12.12.2005           | 2 pokar           | 906             |                   |



| Númer | Sýni                    | Sýnatöku-<br>staður | Dagsetn.<br>sýnatöku | Fjöldi<br>stykkja | Magn sýnis<br>g | Aðrar upplýsingar |
|-------|-------------------------|---------------------|----------------------|-------------------|-----------------|-------------------|
|       | <b>Gúrkur</b>           |                     |                      |                   |                 |                   |
| 4     | Laugaland               | Hagkaup             | 25.10.2005           | 3                 | 350             |                   |
| 9     | Akur                    | Hagkaup             | 24.10.2005           | 3                 | 760             | Lífræn ræktun     |
| 18    | Bestland                | Nóatún              | 6.11.2005            | 3                 | 487             |                   |
| 22    | Gufuhlíð                | Hagkaup             | 7.11.2005            | 3                 | 1157            |                   |
|       |                         |                     |                      |                   |                 |                   |
|       | <b>Hindber</b>          |                     |                      |                   |                 |                   |
| 35    | Hvanneyri, LBHÍ         | Hvanneyri           | 8.11.2005            |                   | 223             |                   |
|       |                         |                     |                      |                   |                 |                   |
|       | <b>Jarðarber</b>        |                     |                      |                   |                 |                   |
| 10    | Silfurtún, Flúðum       | Hagkaup             | 3.11.2005            | 2 pakkn 30 stk    | 149             |                   |
| 11    | Belgía, Special Fruit   | Hagkaup             | 3.11.2005            | 2 pakkn 34 stk    | 186             |                   |
|       |                         |                     |                      |                   |                 |                   |
|       | <b>Kartöflur</b>        |                     |                      |                   |                 |                   |
| 24    | Akurnes, Hornafirði     | Hagkaup             | 13.11.2005           | 1 poki            | 1000            |                   |
| 25    | Vallanes, Fljótshéraði  | Hagkaup             | 13.11.2005           | 1 poki            | 1000            | Lífræn ræktun     |
| 47    | Seljavellir             | Hagkaup             | 12.12.2005           | 1 poki            | 1000            |                   |
| 26    | Seljavellir, Hornafirði | Hagkaup             | 13.11.2005           | 1 poki            | 1000            |                   |
| 32    | Akurnes, Hornafirði     | Hagkaup             | 21.11.2005           | 1 poki            | 1000            |                   |
|       |                         |                     |                      |                   |                 |                   |
|       | <b>Kínakál</b>          |                     |                      |                   |                 |                   |
| 12    | Sunnuhlíð Flúðum        | SFG                 | 3.11.2005            | 3                 | 1,348           |                   |
| 13    | Gróður ehf              | SFG                 | 3.11.2005            | 3                 | 2711            |                   |
| 14    | Hveravellir við Húsavík | SFG                 | 3.11.2005            | 3                 | 2003            |                   |
| 53    | Holland                 | Búr                 | 18.01.2006           | 3                 | 3350            |                   |
| 54    | Holland                 | Búr                 | 18.01.2006           | 3                 | 2780            |                   |
| 55    | Spánn                   | Búr                 | 18.01.2006           | 3                 | 2990            |                   |

| Númer | Sýni                         | Sýnatöku-<br>staður | Dagsetn.<br>sýnatöku | Fjöldi<br>stykki | Magn sýnis<br>g | Aðrar upplýsingar |
|-------|------------------------------|---------------------|----------------------|------------------|-----------------|-------------------|
|       | <b>Paprikur</b>              |                     |                      |                  |                 |                   |
| 28    | Akur, Laugarási              | Hagkaup             | 13.11.2005           | 4                | 443             | Lífræn ræktun     |
| 33    | Jörfi                        | Hagkaup             | 21.11.2005           | 3                | 301             |                   |
| 40    | Syðri-Reykir                 | Hagkaup             | 22.11.2005           | 4                | 436             |                   |
| 44    | Spánn, Murgeverde            | Hagkaup             | 12.12.2005           | 3                | 300             |                   |
| 27    | Akur, Laugarási              | Hagkaup             | 13.11.2005           | 4                | 598             | Lífræn ræktun     |
| 34    | Jörfi                        | Hagkaup             | 21.11.2005           | 3                | 421             |                   |
| 43    | Spánn, Murgeverde            | Hagkaup             | 12.12.2005           | 3                | 509             |                   |
|       |                              |                     |                      |                  |                 |                   |
|       | <b>Salat</b>                 |                     |                      |                  |                 |                   |
| 23    | Hveratún                     | Hagkaup             | 13.11.2005           | 3                | 326             |                   |
| 29    | Lambhagi                     | Hagkaup             | 21.11.2005           | 3                | 365             |                   |
| 42    | Lambhagi                     | Hagkaup             | 12.12.2005           | 3                | 215             |                   |
|       |                              |                     |                      |                  |                 |                   |
|       | <b>Sveppir</b>               |                     |                      |                  |                 |                   |
| 30    | Flúðasveppir                 | Hagkaup             | 21.11.2005           | 2 pakkar         | 500             |                   |
|       |                              |                     |                      |                  |                 |                   |
|       | <b>Tómatar</b>               |                     |                      |                  |                 |                   |
| 5     | Friðheimar                   | Hagkaup             | 25.10.2005           | 2 pokar 10 stk   | Um 700          |                   |
| 6     | Hveravellir                  | Hagkaup             | 25.10.2005           | 11               | 1000            |                   |
| 8     | Melar                        | Hagkaup             | 24.10.2005           | 12               | 1000            |                   |
| 20    | Jörfi, Flúðum                | Hagkaup             | 7.11.2005            | 2 pakkn 13 stk   | 810             |                   |
| 21    | Akur, Laugarási              | Hagkaup             | 7.11.2005            | 2 pakkn 12 stk   | 890             | Lífræn ræktun     |
| 50    | Spánn, Gran Canaria          | Búr                 | 18.01.2006           | 6                | Um 500          |                   |
| 51    | Spánn                        | Búr                 | 18.01.2006           | 6                | Um 500          |                   |
| 52    | Spánn, Kanaríeyjar           | Búr                 | 18.01.2006           | 6                | Um 500          |                   |
|       |                              |                     |                      |                  |                 |                   |
|       | <b>Trönuber</b>              |                     |                      |                  |                 |                   |
| 39    | USA, Ocean Spray Cranberries | Hagkaup             | 22.11.2005           |                  | 340             |                   |

