

Nýsköpun & neytendur
Innovation & Consumers

Vinnsla, virðisaukning & eldi
Value Chain, Processing
& Aquaculture

Mælingar & miðlun
Analysis & Consulting

Líftækni & lífefni
Biotechnology & Biomolecules

Öryggi, umhverfi & erfðir
Food Safety, Environment
& Genetics



Áhrif þurrkaðferða á eiginleika sölvva

Þóra Valsdóttir
Irek Klonowski

Nýsköpun og neytendur

Skýrsla Matís 15-11
Júní 2011

ISSN 1670-7192

<i>Titill / Title</i>	Áhrif þurrkaðferða á eiginleika sölva / Influence of drying methods on the properties of dulse.		
<i>Höfundar / Authors</i>	Þóra Valsdóttir, Irek Klonowski		
<i>Skýrsla / Report no.</i>	15-11	<i>Útgáfudagur / Date:</i>	Júní 2011
<i>Verknr. / project no.</i>	1008-1995		
<i>Styrktaraðilar / funding:</i>	AVS		
<i>Ágrip á íslensku:</i>	<p>Þekking á breytum sem stýra gæðum og eiginleikum þurrkaðra sölva (<i>Palmaria palmata</i>) er tiltölulega lítil og á fárra vitorði. Ef auka á nýtingu og breikka notkunarmöguleika á sölvum er mikilvægt er að rannsaka nánar þessar breytur og skjalfesta þær.</p> <p>Þessi skýrsla greinir frá niðurstöðum tilrauna sem höfðu það að meginmarkmiði að bera saman áhrif þriggja ólíkra þurrkaðferða á næringargildi og eðliseiginleika þurrkaðra sölva. Þurrkunaraðferðirnar sem voru bornar saman voru sólþurrkun, ofnþurrkun og frostþurrkun auk þess að áhrif verkunar á sólþurrkuðu sölin voru metin.</p> <p>Sambærilegar breytingar mældust á næringarefnum eftir þurrkaðferð. Helsti munur m.t.t. þurrkaðferða greindist í magni C-vítamíns. Þá var sjáanlegur munur á lit og áferð. Bragðeiginleikar voru ekki mældir en talið er að einhvern mun sé þar að finna. Þrátt fyrir að niðurstöðurnar hafi gefið ákveðin svör þá vöknudu margar spurningar við túlkun á þeim. Þörf er því talin á því að afla meiri þekkingar á eiginleikum sölva og samspili þeirra við mismunandi vinnsluþætti.</p>		
<i>Lykilorð á íslensku:</i>	<i>söl, þurrkun, eiginleikar, samsetning</i>		
<i>Summary in English:</i>	<p>The influence of three different drying methods on selected nutritional and physiochemical properties of dulse were compared; sun drying, oven drying and freeze drying.</p> <p>Similar influence was found on nutritional components. The main difference was found on C-vitamin retention. Difference was found as well in colour and texture. Flavour characteristics were not analysed, however some differences are expected. Despite giving some answers, the results raised many questions on their interpretation. There is a need for extended knowledge on the properties of dulse and their interplay with different processing parameters.</p>		
<i>English keywords:</i>	<i>dulse, drying, properties, composition</i>		

EFNISYFIRLIT

2	Inngangur	1
3	Framkvæmd.....	4
3.1	Þurrkun	4
3.2	Mælingar.....	5
3.2.1	Þurrkferlar	5
3.2.2	Efnasamsetning	5
3.2.3	Eðliseiginleikar.....	6
4	Niðurstöður.....	8
4.1	Efnasamsetning.....	8
4.2	Eðliseiginleikar	11
5	Ályktun.....	15
6	Þakkir	18
7	Heimildir	19
8	Viðauki	20

1 Inngangur

Það sem einkum hamlar vexti markaðar með matþörunga hér á Íslandi og í nágrannalöndunum er hvað hefðin fyrir notkun þeirra hefur verið takmörkuð við litla og afmarkaða þjóðfélagshópa. Það eru því fjölmargir neytendur sem þekkja lítið til notkunar matþörunga og hafa oftast en ekki neikvætt viðhorf til þeirra. Í dag eru söl einkum seld þurrkuð og verkuð, bæði til veitingahúsa og í smásölu. Þeim er ýmist pakkað heilum eða þau söxuð smátt og þá seld sem krydd. Lítil þróun hefur verið í vinnslu og verkun á sölvum til dagsins í dag. Matþörunga, einkum söl, má nota á ýmsa vegu eins og sjá má í töflu 1. Blöndun í þekktar, almennar, vörur s.s. pasta og hrísgrjón eða í tilbúna rétti getur verið leið til þess að kynna matþörunga fyrir stærri hóp neytenda. Engin íslensk fyrirtæki eru að gera það í dag að því að höfundum sé kunnugt.

Tafla 1. Notkun á helstu matþörungum í vörur á markaði í heiminum (íslensk heiti/ alþjóðleg viðskiptaheiti). Dæmi um vörur í hverjum flokki (1) sjávarsalt (2) gornasio, þurrkaðar salatsósar (3) pestó, tartare, sinnep, majones, tapenade (4) súpur og sósar fyrir pasta (5) olíu eða saltlausnir fyrir niðurlagðar/soðnar vörur (6) kex (7) pasta og lasagne (8) pylsur, ostar, borgarar, tofu vörur (9) te, vín, bjór (10) sætar niðurlagðar vörur. Aðlagð frá Hotchkiss (2010).

Tegund	salöt (1)	þurrkuð krydd (2)	fjótandi krydd (3)	súpur og sósar (4)	marinerin gar (5)	bakaðar vörur (6)	pasta (7)	bragðmikla r vörur (8)	drykkir (9)	sætar vörur (10)
hrossapari/ kombu	x	x	x	x		x		x	x	x
marínkjarni/ wild atlantic wakame		x	x		x	x	x		x	
beltisþari /sweet kombu	x	x	x	x		x	x	x		
söl/dulse	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
purpurahimna/ nori	x	x	x		x	x	x	x	x	
márusvunta/ sea lettuce	x	x	x		x		x		x	

Söl eru talin bæta bragðeiginleika ýmissa matvæla með því að gefa t.a.m. jafnara bragð af grænmetissúpum (aukið bragð og bragðjafnvægi). Það má því nota þau að hluta í stað salts (natríums) í matvæli. Sölin eru próteinrík og því má vera að próteinskyld bragðaukandi efni, svipuð MSG, séu til staðar. Hotsckiss (2010) kannaði bragðeiginleika nokkurra matþörunga og komu söl vel út (sjá töflu 2). Mælingar á frostþurrkuðum sölvum frá Bolaklettum, Fossárvík og Hraunsósi sýna natríum magn á bilinu 0,009- 0,032g Na/g söl (eftir stað og

árstíma) sem samsvarar að um 13-44g af þurrkuðum sölvum (vatnsinnihald 3,3-6,3%) þurfi til að ná sama magni og er í 1g af salti (Þóra Valsdóttir & Karl Gunnarsson, 2011).

Tafla 2. Samantekt, bragðeiginleikar fyrir matþörungar. Aðlagð frá Hotchkiss (2010).

Tegund	hrossapari	marínkjarni	beltisþari	söl	maríusvunta
skynmat	bragðeiginleikar: + jákvæðir; - neikvæðir				
í þurrkaðar vörur					
lykt	+	+	-	+	-
bragð	+	+	-	+	-
í vatnskenndar vörur					
lykt	+	+	-	+	-
bragð	+	+	-	+	-
unnir matþörungar					
lykt	+	+	+	+	-
bragð	+	+	+	+	-
bragðgeta	möguleiki: + já; - nei; n/a ekki metið				
breyting á bragði	+	+	n/a	+	-
í stað salts	-	+	n/a	+	+

Flestar fjölsýkrur í matþörungum þ.m.t. sölvum meltum við ekki og því er lítið á þær sem trefjar. Tæknilega séð eru trefjar notaðar sem áferðar- eða þykkingarefni í matvæli. Þessir eiginleikar byggjast í grundvallaratriðum á getu trefja til að draga í sig eða halda vatni. Út frá næringarfræðilegum sjónarhóli gefur tregða trefja til meltingar saur umfang, þær halda í vatn, eru vettvangur fyrir jónaskipti og binda lífrænar sameindir (Dreher, 1987).

Fáar rannsóknir hafa verið birtar þar sem eðliseiginleikum sölva (malaðra) eða skyldra matþörunga hefur verið gerð skil. Ruberez (2001) mat þangetu, vatns- og olíubindingar í fimm algengum tegundum af frostþurrkuðum móludum (<1mm) matþörungum (*Fucus vesiculosus* (bólupang), *Laminaria digitata* (hrossapari), *Undaria pinnatifida* (Wakame), *Chondrus crispus* (fjörugrös) og *Porphyra tenera* (Nori)). Suzuki (1996) mældi vatnsbindingu í *Undaria pinnatifida* og Fleury & Lahaye (1991) í *Laminaria*. Töluverður munur mældist milli tegunda m.t.t. flestra þessara þátta sem skýrist af mismunandi samsetningu þeirra (t.a.m. hærra magn uronic sýra í hrossapara og wakame).

Til að fá fram æskilegu bragði, næringargildi og öðrum eiginleikum vöru skiptir framleiðsluferill hennar miklu máli. Algengasta vinnsluaðferðin á sölvum er þurrkun. Þekking á breytum sem stýra gæðum og eiginleikum þurrkaðra sölva er tiltölulega lítil og á fárra vitorði. Ef auka á nýtingu og breikka notkunarmöguleika á sölvum er mikilvægt er að rannsaka nánar þessar breytur og skjalfesta þær.

Við þurrkun er vatn fjarlægt að mestu og geymsluþol eykst með lækkun í vatnsvirkni. Samhliða eiga sér stað margvíslegar breytingar á hráefninu. Útlit, lykt, bragð og áferð breytast, það léttist og umfang minnkar. Breytingar í hráefninu geta verið m.a. vegna eðlissviptingar próteina, niðurbrots fitu, kolvetna, próteina, vítamína og Maillard brúnunar. Þurrkunarferlið og -aðstæður hafa mikil áhrif á það hversu miklar þessar breytingar verða. Er þá átt við lofthraða, lofthita og rakstig við þurrkun, þær sveiflur sem verða á þessum þáttum í gegnum þurrkferlið auk stærðar, gerðar og formeðhöndlunar háefnis. Almennt séð hefur hröð þurrkun við hátt hitastig meiri áhrif en hæfilegur þurrkhraði við lægra hitastig (Fellows, 1997).

Hér á eftir er greint frá tilraunum sem höfðu það að meginmarkmiði að bera saman áhrif þriggja ólíkra þurrkaðferða á næringargildi og eðliseiginleika þurrkaðra sölva. Þurrkunaraðferðirnar sem voru bornar saman voru sólþurrkun, ofnþurrkun og frostþurrkun auk þess áhrif verkunar á sólþurrkuðu sölin voru metin.

Sólþurrkun er sú þurrkaðferð sem notuð hefur verið fyrir söl á Íslandi um aldir. Ef sólþurrka á söl þá eru þau tínd í sólríku veðri, dreifð á klappir eða annað dökkt undirlag. Þurrkunin tekur mismilangan tíma eftir hitastigi og vindstyrk. Sölvunum er snúið nokkrum sinnum til að fá jafnari þurrkun. Þau eru ofast rökuð saman í lok dags (áður en fellur á) og lögð út daginn eftir til að klára þurrkun. Ef illa viðrar er þurrkunin kláruð innandyra. Stundum er lagt farg á sölin til að þau brjóti sig betur eða þau bleytt örlítið eftir þurrkun til að láta þau verkast en við það er talið að áferð og bragð breytist. Ofnþurrkun er svokölluð stýrð loftþurrkun (til aðgreiningar frá loftþurrkun þar sem aðstæðum er ekki stýrt s.s. sólþurrkun). Þurrkunin fer þá fram í ofni þar sem hita- og/eða rakastigi er stýrt meðan á þurrkun stendur. Þurrkunin fer yfirleitt fram við u.þ.b. 15-28°C og tekur hálfan til tvo daga (háð búnaði, magni, hita- og rakastigi). Frostþurrkun er notuð þegar mikilvægt er að varðveita viðkvæma eiginleika s.s. lífvirkni, vítamín, bragð, lykt og áferð. Þessi aðferð er mun dýrari (orkufrekari, dýr búnaður) og því eingöngu notuð í sérstökum tilfellum. Frostþurrkun er ólík loftþurrkun í því að hún felur í sér að umbreyta frosnu vatni (ís) í gufu og flytja rakann úr efninu. Fasaskiptin fara fram án þess að frosið vatn ummyndist í vökva og þarf þrýstingurinn við ferlið að vera lægri en þrípunktsþrýstingur vatns (framkvæmt við undirþrýsting). Frostþurrkun felur í sér þrjú skref: frýstingu, yfirborðsþurrkun og innri þurrkun. Þessi skref er framkvæmd undir stýrðum aðstæðum (hitastig, þrýstingur, tími) til að ná fram ákveðnum eiginleikum í afurð. Frystihraði hefur áhrif á stærð kristalla og þar með á innri gerð afurðarinnar. Ef frýsting er hæg verða

kristallar stærri og glufur í vörunni stærri en þær myndast við uppgufun (þurrugufun) vatnsins í þurrkuninni.

2 Framkvæmd

Sölvum var safnað 11. ágúst á Hásteinum á Hrauni í Ölfusi. Söl voru tínd í körfur og síðan sett í strigapoka. Pokarnir voru fluttir með bát í land og síðan með vörubíl u.þ.b. 2 km leið að hraunklöppum þar sem sölvunum var skipt upp í þrjá hluta. Tveir hlutar voru settir í poka og fluttir til Matís, Reykjavík, fyrir ofn- og frostþurrkun. Einum hluta var hinsvegar dreift á hraunklappirnar fyrir sólþurrkun.

2.1 Þurrkun

Söl í loft- og frostþurrkun voru geymdir í kæli (2-4°C) fram að þurrkun (dagur 2). Sölin voru látin liggja í sjóvatni (3% saltstyrkur) í u.þ.b. 0,5 klst fyrir vinnslu því þau þorna aðeins í plastpokunum. U.þ.b. 30g af sýni voru sett í plastdós fyrir mælingu á vatnsinnihaldi. Sölvum var skipt upp í tvo hluta, annars vegar fyrir frostþurrkun og hinsvegar fyrir stýrða loftþurrkun (ofnþurrkun).

Söl sett í bakka (100-200g) fyrir frostþurrkun. Bakkar merktir og lok sett á. Söl fryst við -24°C og geymd fram að þurrkun. Söl frostþurrkuð í frostþurrkara (Genesis 25 SQ EL, SP Industries, NY) þar til 25°C hitastigi var náð í sýni (úr -15°C) en þá á vatnsinnihald að vera komið niður í 3-5% (sjá þurrkferli í viðauka). Frostþurrkunarferlið hófst í 200 mT sem samsvarar að gufuþrýstingur íss sé við -33°C og lækkaði niður í 25 mT (gufuþrýstingur íss við -51°C) meðan á frostþurrkunarferlinu stóð. Eftir frostþurrkun var sölvunum pakkað í rakapétta plastpoka og geymd við stofuhita fram að mælingum.

Stýrð loftþurrkun fór fram í ofni, Convotherm type H4D6,10 (Electrogeräte GMBH). Sölvum var dreift á grindur, lofthraði stilltur á 1 m/s og hiti á 18°C. Þurrkað var í 22 klst, eftir 20 klst var sölvunum snúið og þau tekin í sundur (sjá þurrkunarferil í viðauka).

Sólþurrkun fór fram á áðurnefndum klöppum samdægurs, vindstyrkur 4-6 m/s og hiti 12°C. Sölvunum var dreift á klöppunum og snúið við einu sinni. Söl tekin saman í lok dags. Þau reyndust þá ekki nægjanlega þurr og því voru þau þurrkuð áfram innandyra og loks sett í rakapétta poka. Loks voru sölin geymd á dimmum stað við 12°C í 3 vikur þegar þau voru flutt til Reykjavíkur og pakkað í minni rakapétta plastpoka (sömu og ofn- og frostþurrkuðu sölin). Hluti af sölvunum var tekinn frá, bleyttur með vatni (u.þ.b. 4%) og geymdur við stofuhita í

sólahring í plastpoka. Þá var þeim endurpakkað í rakapétta plastpoka. Þetta var gert til að líkja eftir hefðbundinni verkun á sölvunum, láta þau brjóta sig.

Söl voru möluð með þremur mismunandi kvörnum fyrir mælingar til að smækka þau og auðvelda marktæka sýnatöku, kornastærð >1mm. Notast var við Hallade VCT-62 fyrir grófmölun, Laboratory blender Waring Commercial (Waring Products Division, Dynamic Cooperation of America) og IKA Loborteknik Typ.A10 (Janke&Kunkel GMBH &Co.), með kælingu, fyrir finnmölun. Fyrir mælingu á eðliseiginleikum voru sýnin möluð í 250- 500 µm.

2.2 Mælingar

Mælingar voru gerðar á efnasamsetningu og eðliseiginleikum. Við mat á efnasamsetningu var mælt vatn, prótein, fita, aska, C-vítamín. Eðliseiginleikar voru metnir með mælingum á vatnsvirkni, lit, leysanleika, vatnsdrægni, vatnsbindingu, olíubindingu, þangetu og þankrafti. Þá var hita- og rakastigsferli mælt.

2.2.1 Þurrkferlar

Hitastigs- og rakamælingar við þurrkun og geymslu. Breytingar á hita- og rakastigi við þurrkun og geymslu voru mældar með Hobo sírita (U12-011) (sjá þurrkferla í viðauka).

2.2.2 Efnasamsetning

Mælingar voru gerðar á næringargildi (vatn, prótein, fita, aska) og C-vítamíni. Allar mælingar voru framkvæmdar á efnarannsóknarstofu Mátis.

Prótein. AE 3. Sýnið brotið niður í brennisteinssýru í viðurvist CuSO_4 sem hvata. Sýni sett í eimingartæki, 2400 Kjeltac Auto Sampler System. Sýrulausnin gerð basísk með NaOH lausn. Ammoníakið eimað í bórsýru og síðan títrað með H_2SO_4 . Niturmagnið margfaldað með stuðlinum 6,25 til að fá % gróft prótein. *Ref. ISO 5983-2.*

Vatn. AE 4. Sýnið hitað í ofni við $103^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ í 4 klst. Hlutfall raka samsvarar þyngdartapinu. *Ref. ISO 6496 1999.*

Aska. AE 5. Sýnið er hitað við 550°C í 3 klst, og leifarnar vigtaðar. *Ref. ISO 5984-2002.*

Fita. Fituútdráttur með blöndu af klóroformi og methanóli byggður á aðferð Bligh og Dyer (1957) með aðlögunum Hanson and Olley (1963), með smá breytingum. Til að hindra oxun fitunnar: sýni meðhöndluð í ísbaði, BHT (butylated hydroxytoluene) (50-100 mg/L) sett í alla leysa og aðgengi ljóss hindrað. Útdrátturinn settur í skilvindu við 100x g í 20 mín við $0-5^\circ\text{C}$

(Beckman Coulter TJ-25 Centrifuge Rotor TS-5.1-500). Neðra lagið sem inniheldur klóróformið með fitunni síað undir lofttæmi gegnum glassíu (Watman GH/D Springfield Mill, England).

Kolvetni. Áætlað út frá mælingum á vatni, próteini, fitu og ösku sbr. $100g - m_v + m_p + m_f + m_a = m_k$

C-vítamín. Sýni (1g þurrvigti) blandað saman við (50ml) útdráttarlausn (meatfosfórsýra, ediksýra, dH₂O). Sýnislausn síuð. Indophenollausn (2,6-Dichlorophenolindophenol, NaHCO₃, dH₂O) titruð í sýnislausn þar til bleiki liturinn hættir að hverfa. Borið saman við staðallausn (Ascorbic sýra 1mg/mL). *Ref. AOAC Official Method 967.21 "Vitamin C (ascorbic acid) in Vitamin Preparations and Juices, 2,6-Dichloroindophenol Titrimetric Method".*

2.2.3 Eðliseiginleikar

Þangeta (ÞG; e. swelling capacity). Sýni (500mg) vigtað í 10ml mæliglasi og 10ml eimað vatn með 0,02% natríumazide (NaN₃) bætt við. Blandan hrærð varlega til að koma í veg fyrir myndun loftbóla og látin standa við stofuhita yfir nótt. Rúmmálið (ml) sem sýnið tekur mælt og þangeta (ÞG) reiknuð sem ml/ g þurrkaðs sýnis. *Ref. Ruberez ofl. (2001).*

Vatnsbinding (VB; e. water retention capacity). 30 ml af eimuðu vatni bætt við 500mg af þurrkuðum sölvum í 50ml skilvinduglasi. Sýnið hrært og látið standa við stofuhita í 1 klst. Eftir skilvindun við 3000!g í 20 mín var vatnsfasinn tekinn frá og botnfallið vigtað. VB reiknað sem g vatns/ g þurrkaðs sýnis. *Ref. Ruberez ofl. (2001).*

Ólíubinding (OB; e. oil retention capacity). Sama aðferð notuð og fyrir VB, fyrir utan að ólífuolía var notuð í stað vatns. OB reiknað sem g ólífuolíu bundin/ g þurrkað sýnis. *Ref. Ruberez ofl. (2001).*

Leysanleiki. 2,5 g af sýni (þurrkað) bætt í 30 ml af eimuðu vatni með því að hræra það við 700 rpm og geyma við 25°C í 30 mín. Sýni sett í skilvinduglas og skilvindað við 7200g í 30 mín. Vökvasafanum hellt í álform og vigtað. Þrír mismunandi mælikvarðar á leysanleika mældir með eftirfarandi formúlum; vatnsdrægni (VD; e. water absorption index), vatnsleysni (VL%; e. water solubility); þankraftur (ÞK; e. swelling power): *Ref. Lee ofl. (2008).*

$$VD = \frac{\text{þyngd blauts botnfalls}}{\text{þyngd (þurrkaðs) sýnis}} \quad VL(\%) = \frac{\text{þyngd þurrkaðs vatnsfasa}}{\text{þyngd (þurrkaðs) sýnis}} * 100$$

$$ÞK = \frac{\text{þyngd blauts botnfalls}}{\text{þyngd (þurrkaðs) sýnis} * (1-WS(\%)/100)}$$

Vatnsvirkni er skilgreind sem hlutfallið á milli gufuþrýstings vatns, sem er í jafnvægi við vatn í matvælinu, og gufuþrýsting yfir hreinu vatni við sama hitastig. Vatnsvirkni er mælikvarði á aðgengi örvera og hraða efnabreytinga í matvælum. Vatnsvirkni var mæld með Novasina aw-center (Axair Ltd., Pfäffikon, Switzerland) (mynd 1). Hitastig var stillt á 25,0°C. Hvert sýni var mælt þrisvar sinnum.



Mynd 1. Vatnsvirkni (aw) mælir frá Novasina.

Litur sýna var mældur með CR-300 Chroma meter (Minolta Camera Co., Ltd., Osaka, Japan) í Lab* mælikerfi (CIE 1976) skv. Bragadóttir ofl. (2007) með CIE Illuminant C þar sem L segir til um hversu hvítt sýnið er (L = 100 er hvítt og L = 0 er svart), +a* gildi er rautt, -a* grænt, +b* gult og -b* blátt. Sýnin voru mæld í tilraunaglösom (25 mm í þvermál, fyllt a.m.k. 10 cm) sem komið var fyrir í til þess gerðum glasihaldara frá Minolta og litur mældur þrisvar sinnum þar sem tilraunaglassi var snúið um 120° milli mælinga. Hvert sýni var mælt þrisvar og meðaltal tekið.

Heildar litamunur á milli sýna var reiknaður með litarmismun (ΔE^*_{ab}), sem rúmfræðileg á milli tveggja litarpunkta túlkaðra í litarrúmi (Hunter, 1987):

$$\Delta E_{ab}^* = [(L_1^* - L_2^*)^2 + (a_1^* - a_2^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2]^{1/2}$$

EF $\Delta E_{ab}^* > 1,5$, þá er hægt að greina litamunurinn á milli tveggja sýna sjónrænt (Horváth, 2007).

3 Niðurstöður

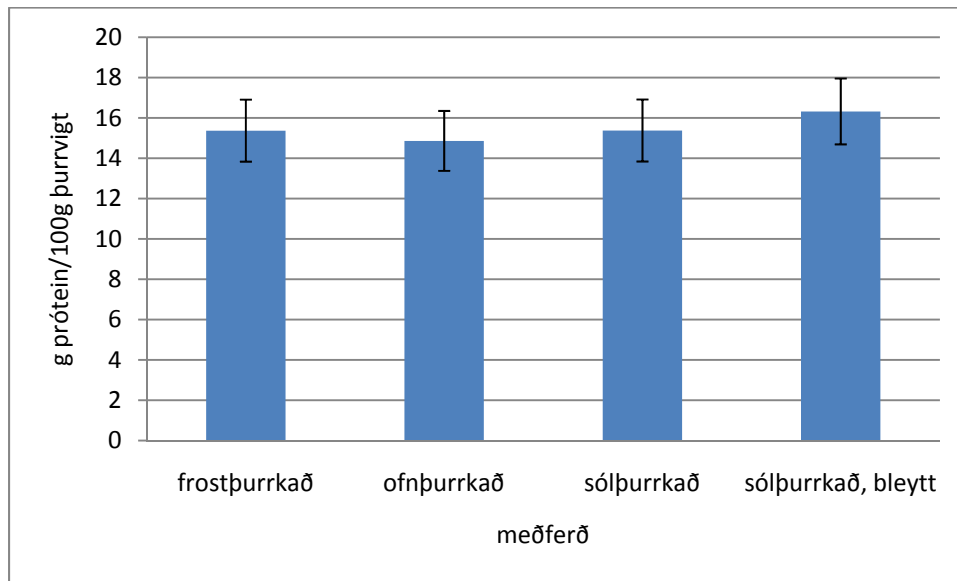
3.1 Efnasamsetning

Vatnsinnihald mældist lægst í frostþurrkuðum sölvum, þá sólþurrkuðum og loks ofnþurrkuðum. Með því að bleyta sólþurrkuð sölin hækkaði vatnsinnihaldið um 1,7%, fór úr 7 í 8,7% (tafla 3).

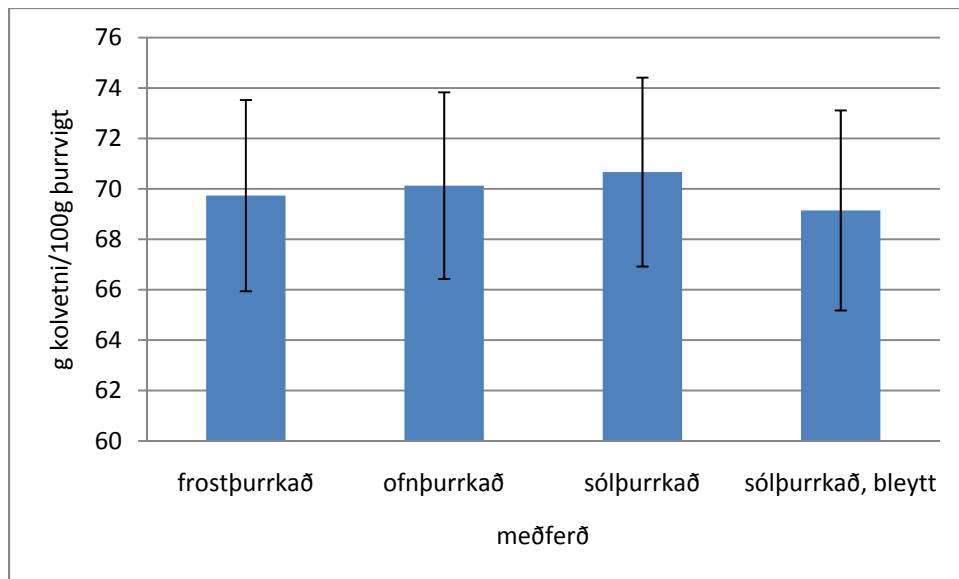
Tafla 3. Vatnsinnihald í sölvum fyrir og eftir þurrkun. Óvissa í mælingum er gefin undir \pm .

þurrkaðferð	m fyrir þurrkun (g/100g)	m eftir þurrkun (g/100g)
	\pm	\pm
frostþurrkun	79,9 0,16	6,3 0,01
ofnþurrkun	79,9 0,16	7,8 0,01
sólþurrkun	79,9 0,16	7,0 0,02
sólþurrkun bleytt	79,9 0,16	8,7 0,02

Prótein- og kolvetnainnihald breyttist lítið eftir þurrkaðferð (myndir 2 og 3).

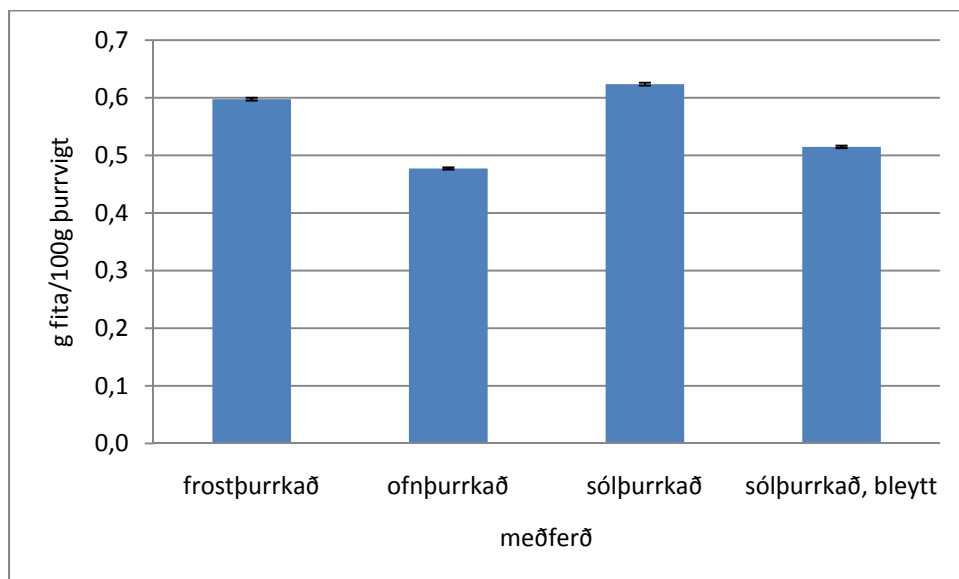


Mynd 2. Próteininnihald í sölvum þurrkuðum á mismunandi hátt.



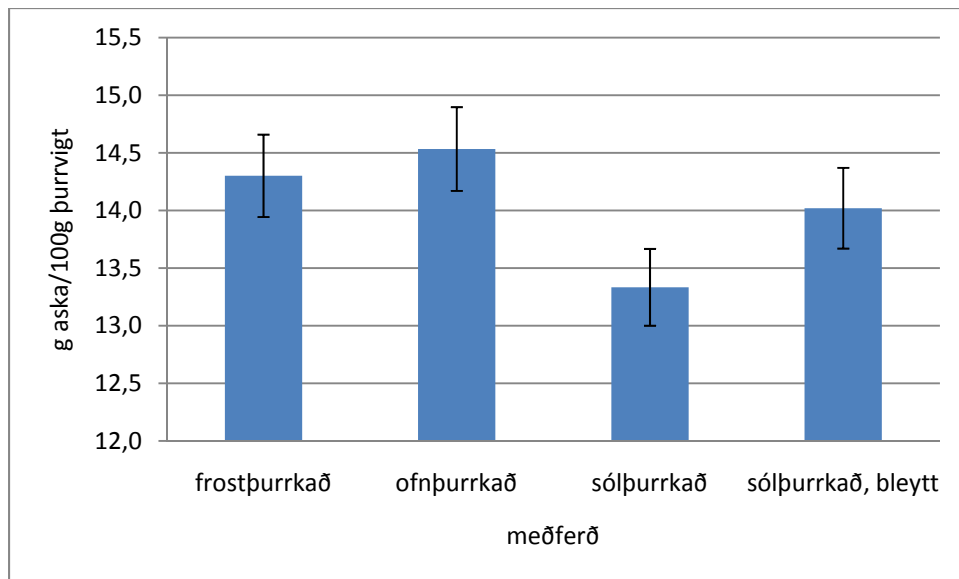
Mynd 3. Kolvetnainnihald í sölvum þurrkuðum á mismunandi hátt.

Fituinnihald mældist lægra í sölvum þurrkuðum með stýrðri loftþurrkun en með hinum þurrkaðferðunum (mynd 4).



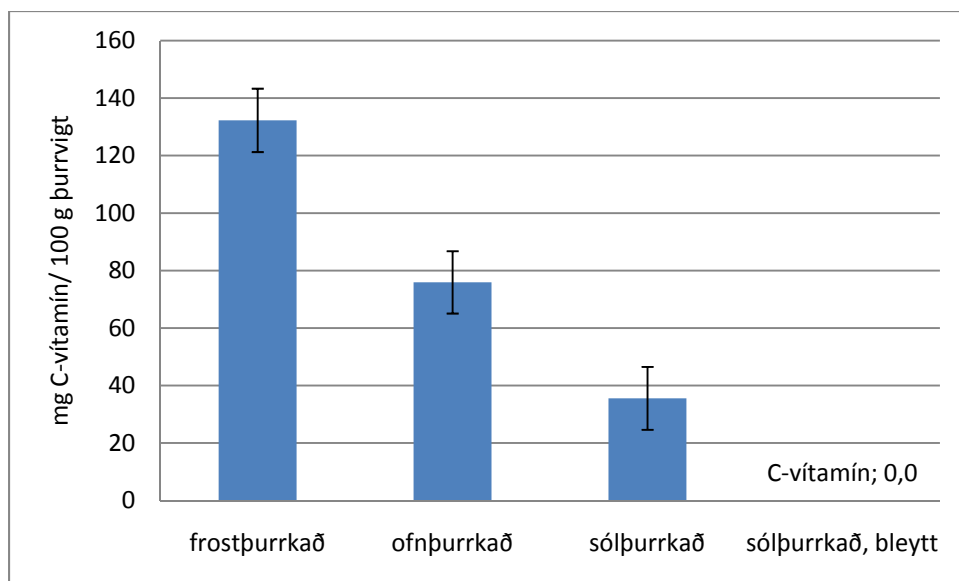
Mynd 4. Fituinnihald í sölvum þurrkuðum á mismunandi hátt.

Öskuinnihald er mælikvarði á magn steinefna í sölvum. Askan mældist lægst í sólþurrkuðum sölvum (mynd 5).



Mynd 5. Öskuinnihald í sölvum þurrkuðum á mismunandi hátt.

Þurrkaðferð hafði mest áhrif á C-vítamín innihald sölvva af þeim næringarefnum sem mæld voru. Hæst mælist það í frostþurrkuðum sýnum en lægst í sólþurrkuðum. Með því að bleyta sólþurrkuð söl, lækkar C-vítamínið enn frekar og mælist ekki (mynd 6).



Mynd 6. Magn C-vítamíns í sölvum þurrkuðum á mismunandi hátt.

3.2 Eðliseiginleikar

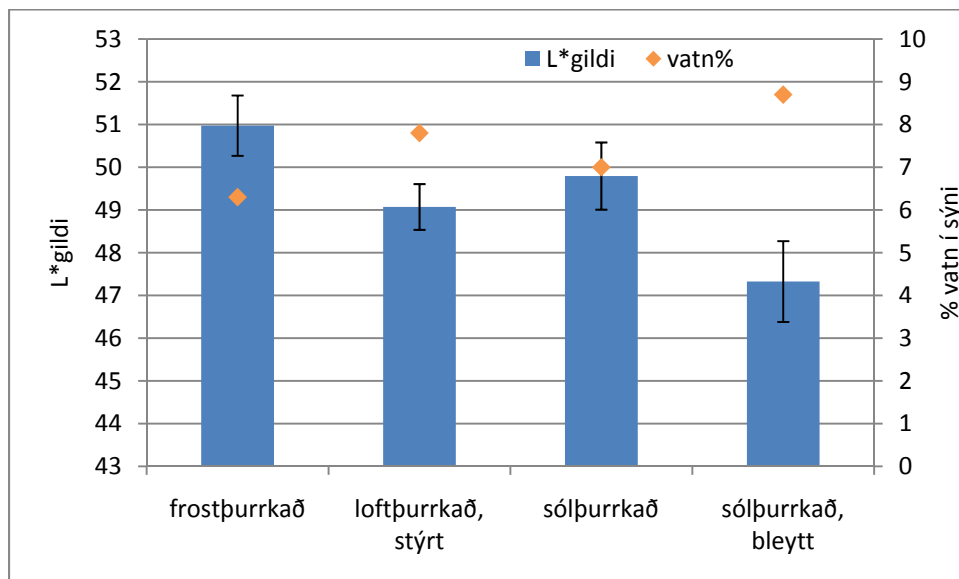
Mölun á sýnunum var heldur erfið með þeim búnaði sem var notaður. Því lengur sem var malað því meira hitnuðu sýnin og urðu dekkri. Betri búnaður (klippa sölin í stað þess að skera þau) með kælingu væri æskilegur ef mala ætti sölin í meira magni. Auðveldast var að mala frostþurrkuðu sýnin en erfiðast þau loftþurrkuðu. Sólþurrkuðu söl sem höfðu verið bleytt voru svipuð og þau loftþurrkuðu. Vatnsinnihald sýnanna virðist því hafa haft áhrif á hversu auðveld mólunin var.

Töluverður litamunur mældist á milli sýna. Útreikningar á heildarlitamun (ΔE_{ab}^*) á milli þurrkaðferða sýnir að sjáanlegur munur ($\Delta E_{ab}^* > 1,5$) var á milli frostþurrkaðra sölva og annars vegar loftþurrkaðra og hinsvegar sólþurrkaðra sölva (tafla 4). Með því að bleyta sölin eftir þurrkun breyttist litur þeirra, þau urðu dekkri. Heildarlitamunur greindist ekki á milli loft- og sólþurrkaðra sölva.

Tafla 4. Heildarlitarmunur á milli malaðra sölva (250-500 μ m) þurrkaðra með mismunandi aðferðum.

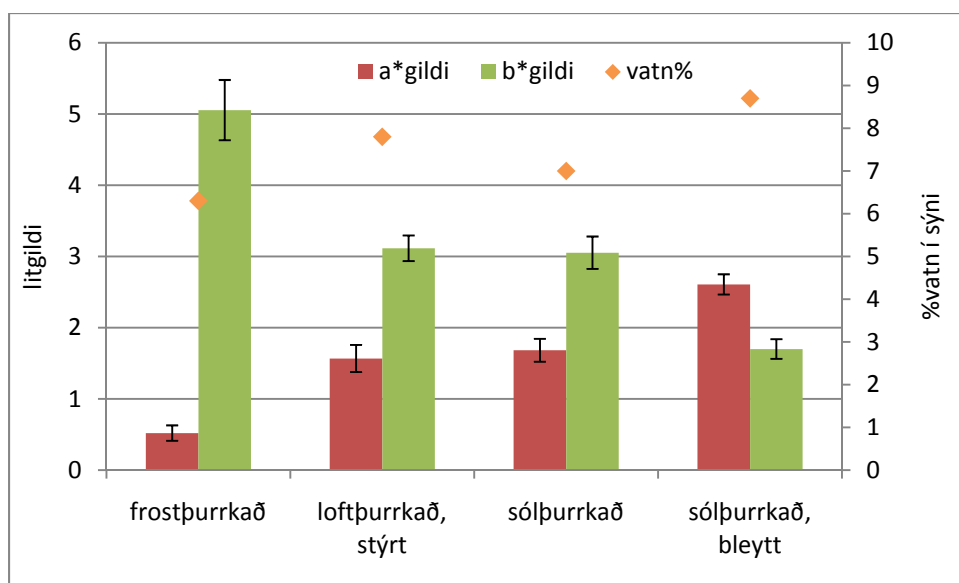
Þurrkaðferð	ΔE_{ab}^*
frost- vs loftþurrkun	2,91
frost- vs sólþurrkun	2,60
loft- vs sólþurrkun	0,73
sólþurrkun eingöngu vs bleytt eftir þurrkun	2,96

Frostþurrkuð söl mældust ljósari en söl þurrkuð með stýrðri loftþurrkun, sólþurrkuð söl virtust falla á milli þeirra (mynd 7).



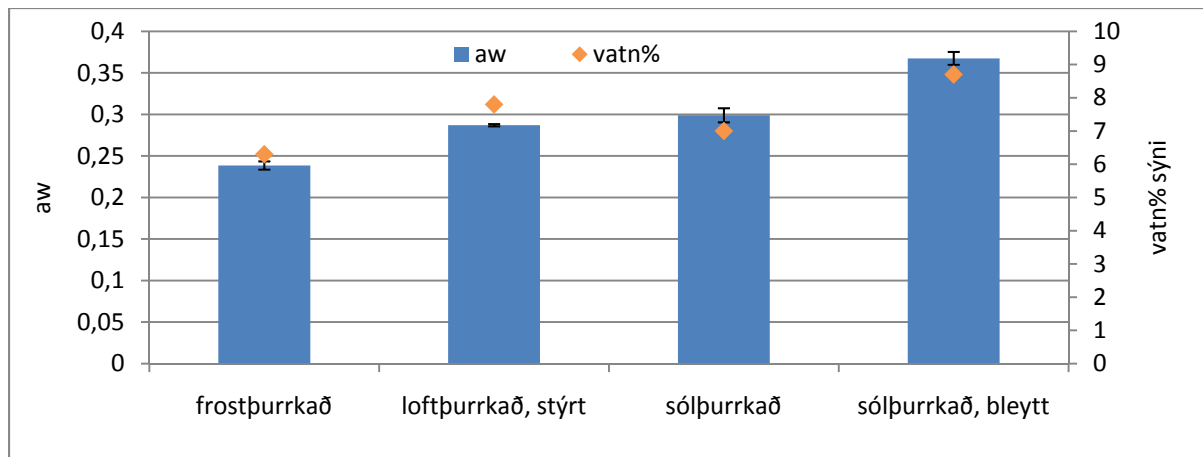
Mynd 7. Litur dufts (kornastærð 250-500 μ m) af þurrkuðum sölvum eftir þurrkunaraðferð. L* gildi segir til um hversu hvítt sýnið er (L = 100 er hvítt og L = 0 er svart). Vatnsinnihald er sýnt á vinstri y-ás.

Frostþurrkuðu sölin mældust minna rauð en meira gul en hin sýnin. Með því að bleyta sólþurrkuðu sölin urðu þau rauðleitari en minna gul. Eins og sjá má á mynd 8 var vatnsinnihaldið í sýnunum aðeins mismunandi (frá 6,3-8,7%) og því mætti leiða að því líkum að vatnsinnihaldið hafi áhrif á lit þeirra. Sé tekið mið af rannsóknum á lit paprikudufts virðist vatnsinnihald hinsvegar ekki áhrif á lit duftsins nema að það hækki um meira en 3% (Horváth, 2007; Chen ofl., 1999). Sambærilegar rannsóknir hafa ekki fundist fyrir sól. Hafa ber þó í huga að það mælist minni munur á vatnsinnihaldi milli frostþurrkaðra sýna og sólþurrkaðra en milli sólþurrkaðra og loftþurrkaðra þó að litamunur mælist meiri. Það er því líklegt að litamunurinn sé tilkominn vegna mismunandi þurrkunaraðferða fremur en mismunandi vatnsinnihalds. Þetta þyrfti þó að kanna nánar.



Mynd 8. Litur þurrkaðra sölvu eftir þurrkunaraðferð. a* gildi segir til um hversu rautt eða grænt sýnið er (+a* gildi er rautt, -a* grænt). b*gildi segir til um hversu gult eða blátt sýnið er (+b* gult og -b* blátt). Vatnsinnihald er sýnt á vinstri y-ás.

Vatnsvirkni mældist lægst í frostþurrkuðum sölvum (mynd 9). Heldur hærri vatnsvirkni mældist í sölvum sem voru sólþurrkuð en þurrkuð með stýrðri loftþurrkun. Með því að bleyta sölin, hækkaði vatnsvirknin úr 0,30 í 0,37. Vatnsvirknin í öllum sýnunum var á því bili sem örverur vaxa ekki og efnabreytingar eru í lágmarki (Fennema, 1996).



Mynd 9. Vatnsvirkni í þurrkuðum sölvum eftir þurrkaðferð. Vatnsinnihald er sýnt á vinstri y-ás.

Hegðun þurrkaðra og malaðra sölva í lausn var metin með mælingum á þangetu, vatnsbindingu og olíubindingu skv. aðferðum Ruberez et al. (2001). Þá var vatnsdrægni, vatnsleysni og þankraftur metinn skv. aðferðum Lee ofl. (2008). Þetta var gert til samanburðar, til að átta sig á því hvort tengsl væru á milli þessarra aðferða og þá hverjar væru líklegar til að henta til að meta eiginleika sölvadufts í lausn.

Lofþurrkuð söl mældust með hæstu gildin í flestum mælingum á eiginleikum í lausn (tafla 5). Frostþurrkuð söl mældust hinsvegar með lágsta vatnsbindingu, vatnsdrægni og þankraft. Það kemur á óvart því að fyrirfram var talið að frostþurrkun varðveitti best þessa eiginleika. Ef frostþurrkun er gerð rétt þá á varan að halda rúmtaki sýnu og á þurru formi er hún yfirleitt mjög gljúp, stökk og vatnssækin með afbragðs vatnsupptöku. Uppbygging margra efna, einkum þeirra sem innihalda kolvetni, getur fallið saman við frostþurrkun ef hitastig íss innan efnisins er hærri en samföllum hitastig (e. collapse temperature) efnisins. Efnin sem falla saman hafa þá lélega vatnsupptökugetu og gæði (Bellows & King, 1972). Getur verið að aðstæður við frostþurrkunina hafi leitt til meiri breytinga á gerð sölva en var gert ráð fyrir vegna óþekktrar hegðunar efnisins (samspil vegna hás trefja- og saltinnihalds)? Getur verið að lágbræðslupunktur sölva (e. eutectic melting point; T_e) sé lægri en miðað var við í frostþurrkuninni og því falli þeir saman? Til þess að átta sig á þessu þyrfti að gera samanburð á mismunandi frostþurrkunaraðstæðum og samhliða mæla eðlisbreytingar efnis við frystingu s.s. með því mæla frystanlegt vatn með DSC-mæli (Differential Scanning Calorimetry).

Samband virðist vera á milli vatnsbindingu og vatnsdrægni. Mælingar á þangetu og þankrafti sýndu hinsvegar ekki jafn gott samræmi því frostþurrkuð söl mældust með lægri þankraft en hærri í þangetu en sólþurrkuð söl. Loftþurrkuð sýni sýndu þó hæstu gildin í báðum tilfellum. Sólþurrkuð söl mældust með lágsta þangetu. Munur mældist ekki í vatnsleysni (VL).

Olíubinding (OB) var lág í öllum tilfellum, þó hæst í loftþurrkuðum sölvum. Ekki virtist vera beint samband á milli vatnsinnihalds sýna og eiginleika í lausn.

Tafla 5. Mælingar á eiginleikum þurrkaðra, malaðra sölva í lausn. Þangeta (ÞG; e. swelling capacity), vatnsbinding (VB), olíubinding (OB), vatnsdrægni (VD), vatnsleysni (VL), þankraftur (ÞK) á 1 g sýnis.

meðferð	vatn		ÞG		VB		OB		VD		VL%		ÞK	
	g/100g		ml		g vatns		g olía		g botnfall		g í vatnfasa		g botnfall	
	±		±		±		±		±		±		±	
frostþurrkun	6,3	0,01	5,13	0,06	3,27	0,01	1,02	0,10	3,8470	0,0008	12,74	2,16	4,41	0,11
ofnþurrkun	7,8	0,01	5,15	0,07	4,21	0,03	1,16	0,01	4,47	0,02	15,69	5,15	5,31	0,34
sólþurrkun	7,0	0,02	4,84	0,07	3,49	0,00	0,99	0,06	4,06	0,02	13,94	5,20	4,72	0,26
sólþurrkun, bleytt	8,7	0,02	4,89	0,28	3,92	0,08	1,09	0,02	4,44	0,04	16,15	3,01	5,30	0,24

4 Ályktun

Í þessari rannsókn voru borin saman áhrif þriggja mismunandi þurrkaðferða á nokkra eiginleika sölvva. Frostþurrkun varðveitir yfirleitt best næringargildi matþörunga (Chan o.fl., 1997) en hún krefst jafnframt mun dýrari tækjabúnaðar. Sólþurrkun er ódýrust en erfitt er að stýra henni og fá jöfn gæði. Við þurrkun sölvanna var hitastig í öllum tilfellum lágt (hæst í loftþurrkun, 18°C) en lofthraði og rakastig í umhverfi var mismikill og þar með hraði þurrkunar (hár lofthraði og rakastig við sólþurrkunina). Vatnsinnihald sólþurrkaðra sölvva getur verið mjög mismunandi eftir því hvernig skilyrði í umhverfinu eru hverju sinni. Frostþurrkun og ofnþurrkun gefa hinsvegar möguleika á betri stýringu og stillingu á vatnsinnihaldi en er mögulegt með sólþurrkun. Þrátt fyrir ólíkar aðferðir og mismikla stjórn á áhrifaþáttum þá mældist ekki mikill munur í vatnsinnihaldi sölvanna í framangreindri rannsókn. Vatnsvirkni var þó aðeins mismunandi, lægst í frostþurrkuðum sölvum og hæst í sólþurrkuðum sölvum. Það má vera að hér komi fram munur á stýrðri loftþurrkun (ofnþurrkun) og óstýrðri (sólþurrkun) því þrátt fyrir að vatnsinnihald væri hærra í ofnþurrkuðum sölvum þá var vatnsvirkni aðeins lægri. Erfitt er þó að meta út frá þessum gögnum hvort að um raunverulegan um hafi verið að ræða.

Mölun reyndist miserfið og virtist vatnsinnihald þeirra hafa áhrif þar á. Mikilvægt er að velja vel þann búnað sem nota á við mölun á sölvum (klippa í stað þess að skera og nota kælingu) til að fá fram æskileg gæði.

Sambærilegar breytingar mældust á næringarefnum eftir þurrkaðferð. Helsta mun m.t.t. þurrkaðferða greindist í magni C-vítamíns. Hæst mældist það í frostþurrkuðum sýnum en lægst í sólþurrkuðum. Þetta er í samræmi við niðurstöður Chan ofl. (1997) við þurrkun *Saragassum Hemiphyllum* með sömu aðferðum. Með því að bleyta sólþurrkuð söl, lækkaði C-vítamínið enn frekar og mældist ekki. Þessi verkunaraðferð virðist einnig hafa haft áhrif á fituinnihald (lækkar). Má vera að aukið niðurbrot fitu eigi sér stað við verkunina sem gæti haft áhrif á bragðeiginleika. Við þurrkun og verkun sölvva er líklegt að það eigi sér einnig stað eitthvað niðurbrot á sykrum og próteinum sem einnig geta haft áhrif á bragðeiginleika. Þetta þarf þó að skoða nánar með greiningum á sykrum, peptíðum og fitusýrum auk skynmats.

Margir þættir geta haft áhrif á lit vöru, burtséð frá því magni litarefnis sem hún inniheldur og þeim aðstæðum sem liturinn er metinn. Þurrkun breytir yfirborði matvæla og því áhrif á endurkast og lit. Efnabreytingar á karoteníðum og blaðgrænu verða vegna hita og oxunar við þurrkun. Almennt séð veldur lengri þurrktími og hærra hitastig meira litartapi (Fellows, 1997). Við mat á þurrkuðum og möluðum sölvum mældist töluverður litamunur. Sjáanlegur

munur var á milli frostþurrkaðra sölvu og annars vegar loftþurrkaðra og hinsvegar sólþurrkaðra sölvu. Frostþurrkuðu sölin voru ljósari, gulleitari og minna rauð. Með því að bleyta sölin eftir þurrkun breyttist litur þeirra, þau urðu dekkri. Niðurstöður mælinga benda til þess að litamunurinn sé tilkominn vegna mismunandi þurrkunaraðferða fremur en mismunandi vatnsinnihalds. Þetta þyrfti þó að kanna nánar. Aðrir þættir við vinnslu í sölvanna geta einnig skipt máli t.a.m. kornastærð og aðstæður við mölun. Eftir því sem sölin voru smækkuð meira urðu þau dekkri. Það getur hafa komið til af tvennu, annars vegar að hitinn sem myndaðist við mölunina hafi brennt þau að hluta (Maillard brúnun) eða að smækkunin sem slík hafi kallað fram dekkri lit. Maillard brúnun getur átt sér stað niður í lága vatnsvirkni, allt niður í 0,20, þó að hún sé hvað mest við aw 0,6-0,7. Vatnsvirkni sölvanna mældist á bilinu aw 0,24-0,37 og var hún lægst fyrir frostþurrkuðu sölin sem voru ljósust en hæst fyrir bleyttu sólþurrkuðu sýnin sem voru dekkst. Þó að vatnsvirknin í möluðu sölvunum hafi verið mjög lág er því ekki hægt að útiloka að litabreyting hafi átt sér stað við mölunina.

Ekki var gerð geymslupólspöfun á þurrkuðu sölvunum en allar þurrkaðferðirnar gáfu af sér afurðir með æskilega vatnsvirkni m.t.t. örveruvaxtar (of lág fyrir vöxt þeirra) og stöðugleika m.t.t. efnahvarfa. Það er því unnt að áætla að geymslupól þeirra sé tiltölulega gott séu þær geymdar við góðar aðstæður (rakapéttar umbúðir, á dimmum stað við stofuhita).

Megin fjölsykran í sölvum er vatnsleysanlegt xylan sem er samsett af β -(1→3) og β -(1→4) tengt D-xylósa einingum sem innihalda engar súlfatester eða methoxyl hópa. Þessi fjölsykra er ólík xylan sem finnst í landplöntum sem er yfirleitt óleysanleg (Morgan ofl., 1980). Helsta forðasykran í sölvum er hinsvegar floridean sterkja sem er samsett af α -(1→4)- og α -(1→6) tengdum glúkósaeyningum, dreift stundum með α -(1→3) tengjum svipuð að uppbyggingu og amilopektín í háplöntum (Percival og McDowell, 1967).

Ef nýta á söl t.a.m. sem bragðefni eða bindiefni í matvæli er mikilvægt að kanna hverjir vinnslueiginleikar þeirra eru t.a.m. hegðun í lausn. Hefðbundin vinnsla á þessum efnunum úr matþörungum felur yfirleitt í sér töluvert niðurbrot á þeim (efni yfirleitt dregin úr hráefninu með flóknari efnavinnslu s.s. alginöt). Lítið hefur verið birt af rannsóknum hvað þetta varðar á heilþurrkuðum matþörungum s.s. sölvum og því var ákveðið að prófa nokkrar mismunandi mæliaðferðir til að kanna hverjar gætu verið hentugar til að meta þá t.a.m. leysanleiki, vatnsbinding, olíubinding og þaneiginleikar.

Lítill munur mældist milli þurrkaðferða m.t.t. mismunandi mælinga á hegðun í lausn. Það kom þó á óvart að í sumum tilfellum mældust frostþurrkuð söl með lægstu gildin þrátt fyrir að

fyrirfram hafði verið talið að frostþurrkunin ætti að varðveita best þá eiginleika. Getur verið að aðstæður við frostþurrkunina hafi leitt til meiri breytinga á gerð sölva en var gert ráð fyrir vegna óþekktrar hegðunar efnisins (samspil vegna háa trefja- og saltinnihalds)? Til þess að átta sig á þessu þyrfti að gera samanburð á mismunandi frostþurrkunaraðstæðum og samhliða mæla eðlisbreytingar efnis við frystingu s.s. með því mæla frystanlegt vatn með DSC-mæli (Differential Scanning Calorimetry).

Þó að marktækur munur hafi mælst þá er óljóst hvort að hann komi fram í notkun í matvæli. Gildi fyrir þangetu og vatnsbindingu voru á svipuðu reiki og hefur mælst hjá skyldum rauðþörungum (*Nori*: Ruberez, 2001). Þessi gildi voru þó töluvert lægri en hafa mælst í brúnþörungum (*Laminaria*, *Wakame*: Ruberez, 2001; *Wakame*: Suzuki ofl, 1996; *Laminaria*: Fleury & Lahaye, 1991). Hafa ber í huga að erfitt er að bera saman gildi fyrir vatnsbindingu því þau byggjast á tilraunaaðstæðum (hitastig, tími, skilvindun) sem og sýnaundirbúning (Michel ofl., 1988). Olíubinding reyndist vera lág sem er í samræmi við mælingar á öðrum matþörungum (Ruberez, 2001; Fleruy & Lahaye, 1991). Lág olíubinding hefur verið tengd við vatnsdrægnieiginleika hlaðinna vatnsleysanlegra trefja (alginöt, fucans, agar, carrageenan etc.) (Ruberez, 2001). Ruberez (2001) og Suzuki ofl. (1996) fundu tengsl á milli þangetu og vatnsbindingu í matþörungum. Ekki var unnt að staðfesta þau tengsl í framangreindum mælingum.

Ásamt samsetningu malaðrar vöru er kornastærð líklega einn mikilvægasti áhrifavaldurinn á leysanleika. Mælingar Lee ofl. (2008) á leysanleika dufts úr fræhvítu, hýði og klíði hrísgrjóna sem höfðu verið möluð mismunandi mikið (<0,1, <106, <300 μm) sýndu að með því að mala trefjaríkt hráefni eins og hýði og klíði mjög smátt var hægt að fá fullnægjandi leysanleika til að geta nýtt það sem hráefni í matvæli sem krefjast góðrar leysni (t.a.m. drykki). Þrátt fyrir að vera ekki eins torleyst og hrísgrjónahýði og –klíði þá er ljóst að góð mölun þurrkaðra sölva getur skipt sköpum um hversu víðtæk notkun þess getur orðið sem hráefni í ýmis matvæli og bætt þannig næringarsamsetningu þeirra.

Samanburður á mæliaðferðum þeirra Ruberez (2001) og Lee ofl. (2008) við að meta eiginleika þurrkaðra, malaðra matþörunga (Ruberez, 2001) annars vegar og hinsvegar þurrkaðs, malaðs, hrísgrjónahýðis og –klíðis (Lee ofl., 2008) í lausn benti til þess að samband væri milli vatnsbindingar (Ruberez, 2001) og vatnsdrægni (Lee ofl., 2008). Samband mældist hinsvegar ekki milli þangetu (Ruberez, 2001) og þankrafts (Lee ofl., 2008). Virðist því sem um ólíka eiginleika sé að ræða. Nánari rannsókn er þörf til að ákvarða hvaða mæliaðferðir henta best til að meta eiginleika malaðra sölva í lausn og túlkun þeirra yfir í raunaðstæður.

Í upphafi var lagt upp með að bera saman mismunandi þurrkaðferðir á næringargildi og eðliseiginleika sölvva. Þrátt fyrir að svör hafi fengist þá má af framangreindu sjá að margar spurningar vakna við túlkun á niðurstöðunum. Þörf er því á því að afla meiri þekkingar á eiginleikum sölvva og samspili þeirra við mismunandi vinnsluþætti.

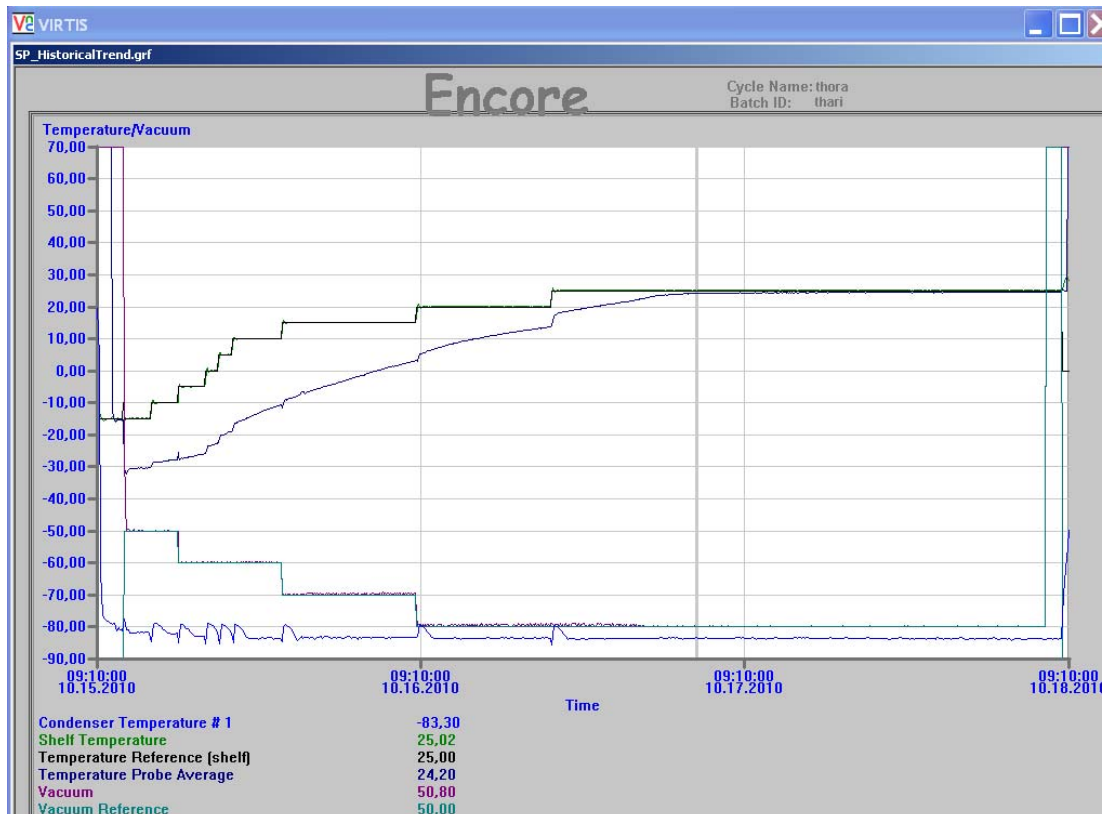
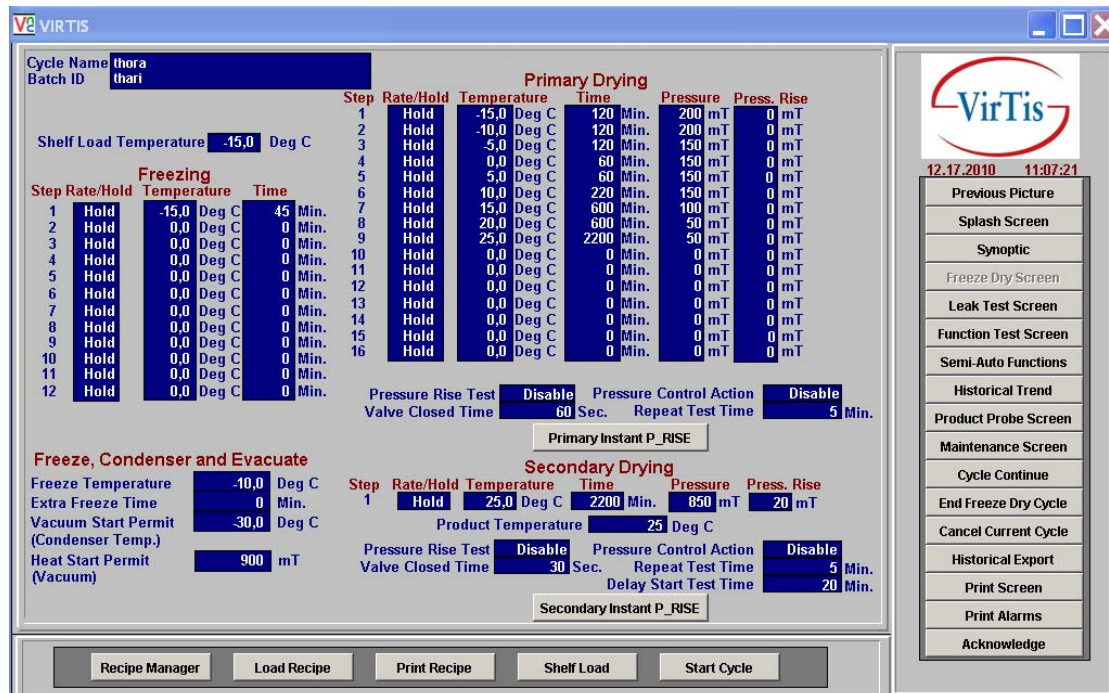
5 Þakkir

Höfundar þakka AVS-sjóði veittan styrk til verkefnisins *Söl.Útbreiðsla, verkun og nýting* sem þessi skýrsla er hluti af. Þá er Sigríði Gestsdóttur og Hrafnkeli Karlsson á Hrauni í Ölfusi þakkað þeirra framlag til verkefnisins.

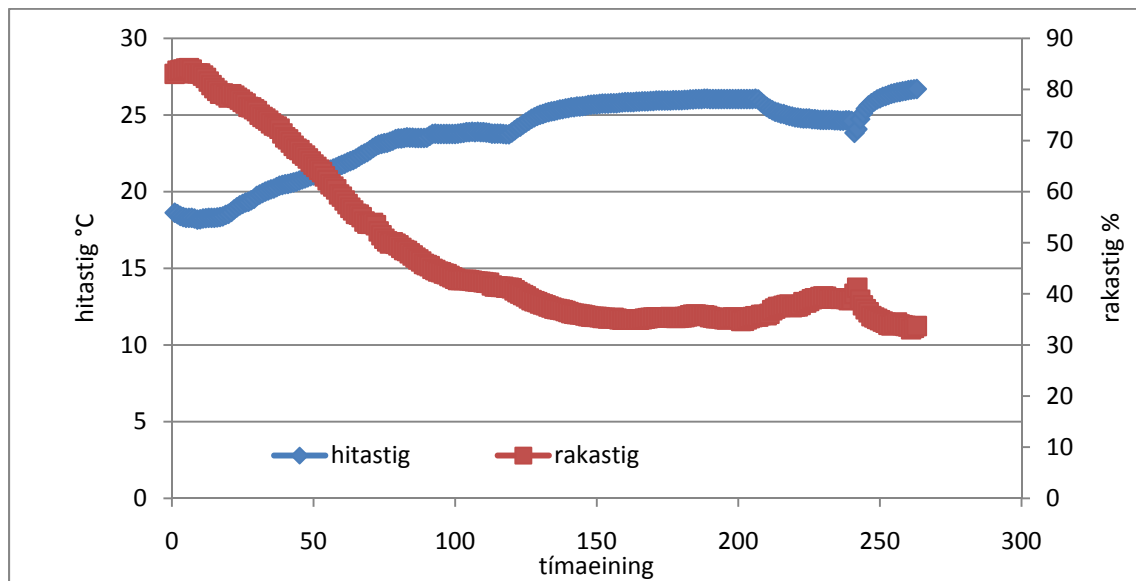
6 Heimildir

- AOAC Official Method 967.21 "Vitamin C (ascorbic acid) in Vitamin Preparations and Juices, 2,6-Dichloroindophenol Titrimetric Method".
- Bellows R. J. & King C. J. 1972. Freeze-drying of aqueous solutions: Maximum allowable operating temperature. *Cryobiology*, 9 (1972) 559.
- Bligh, E. Dyer, W. 1959. A rapid method of total extraction og purification. *Canadian Journal of Biochemistry og Physiology*. 37, 911-917.
- Bragadóttir M, Reynisson E, Þórarinsdóttir KA, Arason S. 2007. Stability of fish powder from saithe (*Pollachius virens*) as measured by lipid oxidation and functional properties. *Journal of Aquatic Food Product Technology* 16(1), 115-136
- Chan, J. C. C., Cheung, P. C. K., & Ang, P. O. 1997. Comparative studies on the effect of three drying methods on the nutritional composition of seaweed *Sargassum hemiphyllum* (Turn) C Ag. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(8), 3056-3059.
- Chen Q., Hak-kyun-koh., Jae-Bok-Park. 1999. Color evaluation of red pepper powder. *Transaction-of-the-ASAE*., 42(3), 749-752.
- Dreher ML. 1987. Handbook of dietary fibre. An applied approach. Marcel Dekker, New York, pp 1–468
- Fennema O.R. 1996. Food chemistry. 3rd edition. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Fleury N, Lahaye M. 1991. *J Sci Food Agric* 55:389–400
- Hanson, S.W.F & Olley, J. 1963. *Biochem. J.* 89, 101P.
- Hotchkiss, S. 2010. Investigation of the Flavouring and Taste Components of Irish Seaweeds Industry-Led Award, Final Report. Marine Research Sub-Programme (NDP 2007-'13) Series. Marine Institute, Ireland 2010
- Horváth, C. Hodúr. 2007a. The colour of paprika powders with different moisture content. *International Agrophysics*, 21: 67-72 p.
- Hunter R. 1987. The measurement of appearance. Wiley Press, New York
- ISO 5983-2:2009. Prótein. AE 3. Animal feeding stuffs -- Determination of nitrogen content and calculation of crude protein content -- Part 2: Block digestion and steam distillation method. International Organization for Standardization.
- ISO 6496:1999. Vatn. AE 4. Animal feeding stuffs -- Determination of moisture and other volatile matter content. International Organization for Standardization.
- ISO 5984:2002. Aska. AE 5. Animal feeding stuffs -- Determination of crude ash. International Organization for Standardization.
- Michel F, Thibault J-F, Barry J-L, Baynast R..1988. *J Sci Food Agric* 42:77–85
- Morgan K.C., Wright J.L.C., Simpson F.J. 1980. Review of Chemical Constitutents of the Red Alga *Palmaria palmata* (Dulse). *Economic Botany*, 34(1), 1980, pp. 27-50.
- Suzuki T, Ohsugi Y, Yoshie Y, Shirai T, Hirano T. 1996. *Fisheries Sci* 62:454–461
- Percival, E. & McDowell, R.H. 1967. Chemistry and Enzymology of Marine Algal Polysaccharides. Academic Press, New York.
- Roos E H. 1997. Frozen state transitions in relation to Freeze drying. *Journal of Thermal Analysis*, Vol. 48 (1997) 535-544.
- Rupérez P. & Saura-Calixto F. 2001. Dietary fibre and physicochemical properties of edible Spanish seaweeds *Eur Food Res Technol* (2001) 212 :349–354. Springer-Verlag 2001.
- Þóra Valsdóttir & Karl Gunnarsson. 2011. Eiginleikar sölva. Áhrif staðsetningar og árstíma. Matís skýrsla 14-11.

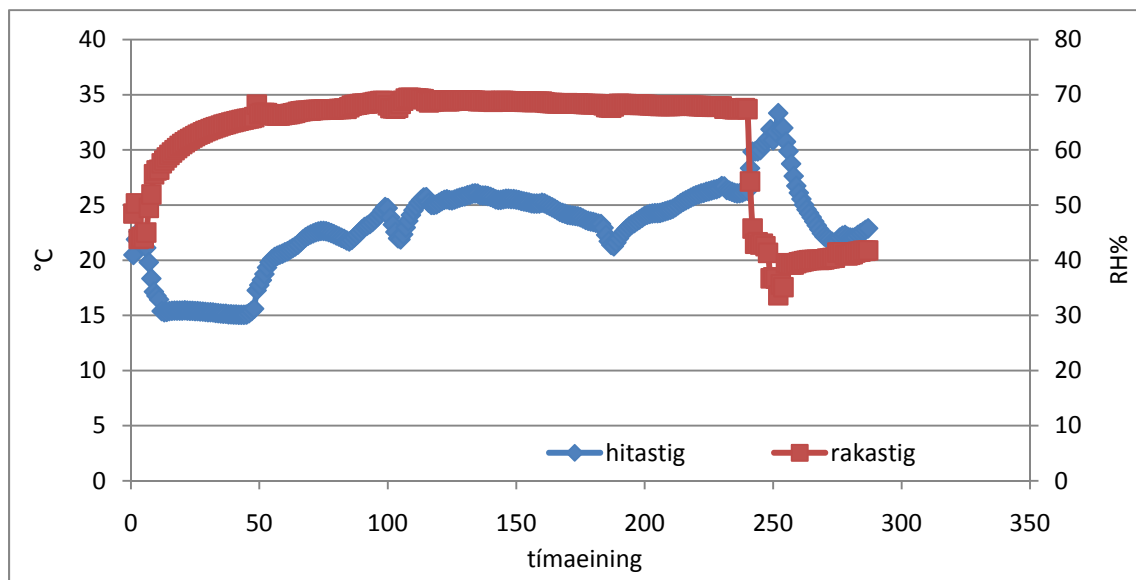
7 Viðauki



Mynd V1. Þurrkferli fyrir frosthurrkun á sölvum. Stillingar (efri mynd) og breytingar á hitastigi (neðri mynd).



Mynd V2. Stýrð loftþurrkun, ofnþurrkun. Breytingar á hita- og rakastigi á tímaeiningu (5 mín).



Mynd V3. Sólþurrkun. Breytingar á hita- og rakastigi á tímaeiningu (30 mín).

Tafla V1. Næringarefni í sölvum eftir þurrkaðferð (g/100g þurrvigt) og vatnsvirkni (aw). Óvissa í mælingum er gefin undir ±.

meðferð	aska	±	prótein	±	fita	±	kolvetni	±	aw	±
frostþurrkað	14,30	0,36	15,37	1,54	0,60	0,00	69,73	3,79	0,239	0,005
ofnþurrkað	14,53	0,36	14,86	1,49	0,48	0,00	70,13	3,70	0,287	0,001
sólþurrkað	13,33	0,33	15,38	1,54	0,62	0,00	70,67	3,75	0,299	0,008
sólþurrkað, bleytt	14,02	0,35	16,32	1,63	0,51	0,00	69,15	3,97	0,368	0,008