

Verkefnaskýrsla

24 - 03



# Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins

SEPTEMBER 2003

**SÝRUSTIG VATNS OG ÁHRIF  
KLÓRS TIL SÓTTREINSUNNAR  
Í MATVÆLA VINNSLU**

Kristín Björnsdóttir



<i>Titill / Title</i>	<b>Sýrustig vatns og áhrif klórs til sótthreinsunar í matvælavinnslu/Acidity of water and the effect of chlorine for disinfection in food processing</b>		
<i>Höfundar / Authors</i>	<i>Kristín Björnsdóttir</i>		
<i>Skýrsla Rf / IFL report</i>	24 - 03	<i>Útgáfudagur / Date:</i>	September 2003
<i>Verknr. / project no.</i>	1575		
<i>Styrktaraðilar / funding:</i>	<i>ÍSAGA og Nýsköpunarsjóður námsmanna</i>		
<i>Ágríp á íslensku:</i>	<p>Markmiðið með þessu verkefni var að kortleggja sýrustig á heitu og köldu vatni á Íslandi og að hámarka virkni klórs við sótthreinsun í matvælaíðnaði með því að stilla sýrustig vatns fyrir blöndun og minnka um leið magn þess við notkun. Sýrustig í vatns- og hitaveitum er nokkuð breytilegt eftir landshlutum en hæst var það í Reykjavík (pH 8,9). Hitaveitur hafa í öllum tilfellum hærra sýrustig heldur en kalda vatnið. Tilraunir á rannsóknastofu bentu til þess að klórstyrkur 100 ppm með snertitíma 15 mín er ekki nægjanlegur til að drepa <i>Listeria innocua</i> sem er föst á plastyfirborði. Lækkun á sýrustigi úr pH 8,9 í pH 7,2 virtist ekki hafa áhrif þar á.</p>		
<i>Lýkilorð á íslensku:</i>	<i>Klór, sýrustig, koldíoxíð, sótthreinsun</i>		
<i>Summary in English:</i>	<p>The aim of this project was to map the acidity of hot and cold water in Iceland and to maximise the antimicrobial activity of hypochlorite by changing the pH of water mixed with chlorine solution and to decrease the amount used. Acidity of the water supplies (hot and cold) was variable and it was highest in Reykjavik (pH 8,9). Hot water had always higher pH compared to cold water. Experiments in laboratory indicate that chlorine concentration of 100 ppm with contact time 15 min is not enough to kill <i>Listeria innocua</i> attached to a plastic surface. Reduction of pH 8,9 to pH 7,2 did not have any influence</p>		
<i>English keywords:</i>	<i>Chlorine, pH, CO<sub>2</sub>, disinfections</i>		

# Sýrustig vatns og áhrif klórs til sótthreinsunar í matvælavinnslu

Leiðbeinandi: Birna Guðbjörnsdóttir

Tengiliður ÍSAGA: Eggert Eggertsson

<i>Titill / Title</i>	<i>Sýrustig vatns og áhrif klórs til sótthreinsunar í matvælavinnslu/Acidty of water and the effect of chlorine for disinfection in food processing</i>		
<i>Höfundar / Authors</i>	<i>Kristín Björnsdóttir</i>		
<i>Skýrsla Rf / IFL report</i>		<i>Útgáfudagur / Date:</i>	
<i>Verknr. / project no.</i>	1575		
<i>Styrktaraðilar / funding:</i>	<i>ÍSAGA og Nýsköpunarsjóður námsmanna</i>		
<i>Ágrip á íslensku:</i>	<p>Markmiðið með þessu verkefni var að kortleggja sýrustig á heitu og köldu vatni á Íslandi og að hámarka virkni klórs við sótthreinsun í matvælaiðnaði með því að stilla sýrustig vatns fyrir blöndun og minnka um leið magn þess við notkun. Sýrustig í vatns- og hitaveitum er nokkuð breytilegt eftir landshlutum en hæst var það í Reykjavík (pH 8,9). Hitaveitur hafa í öllum tilfellum herra sýrustig heldur en kalda vatnið. Tilraunir á rannsóknastofu bentu til þess að klórstyrkur 100 ppm með snertitíma 15 mín er ekki nægjanlegur til að drepa <i>Listeria innocua</i> sem er föst á plastyfirborði. Lækkun á sýrustigi úr pH 8,9 í pH 7.2 virtist ekki hafa áhrif þar á.</p>		
<i>Lykilorð á íslensku:</i>	<i>Klór, sýrustig, koldíoxíð, sótthreinsun</i>		
<i>Summary in English:</i>	<p>The aim of this project was to map the acidity of hot and cold water in Iceland and to maximise the antimicrobial activity of hypochlorite by changing the pH of water mixed with chlorine solution and to decrease the amount used. Acidity of the water supplies (hot and cold) was variable and it was highest in Reykjavik (pH 8,9). Hot water had always-higher pH compared to cold water. Experiments in laboratory indicate that chlorine concentration of 100 ppm with contact time 15 min is not enough to kill <i>Listeria innocua</i> attached to a plastic surface. Reduction of pH 8,9 to pH 7,2 did not have any influence.</p>		
<i>English keywords:</i>	<i>Chlorine, pH, CO<sub>2</sub>, disinfections</i>		

## EFNISYFIRLIT

<b>1. INNGANGUR .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Þrif. ....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Aðferðir til að meta árangur sótthreinsunar .....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Helstu sótthreinsiefni.....</b>	<b>3</b>
<b>1.4 Virknieiginleikar klórs .....</b>	<b>4</b>
<b>1.5 Vatn og sýrustig .....</b>	<b>5</b>
<b>1.6 Tilgangur - Markmið .....</b>	<b>7</b>
<b>2. EFNI OG AÐFERÐIR.....</b>	<b>7</b>
<b>2.1. Aðferðir.....</b>	<b>7</b>
<b>2.2. Penslun.....</b>	<b>7</b>
<b>3. NIÐURSTÖÐUR OG UMRÆÐA .....</b>	<b>8</b>
<b>3.1. Sýrustig vatns.....</b>	<b>8</b>
<b>3.2. Fiskvinnsluhús .....</b>	<b>10</b>
<b>3.3. Tilraun á rannsóknastofu .....</b>	<b>11</b>
<b>4. LOKAORÐ.....</b>	<b>13</b>
<b>5. HEIMILDARSKRÁ .....</b>	<b>14</b>
<b>VIÐAUKI 1 SÝRUSTIG HELSTU VATNSVEITA OG HITAVEITA.....</b>	<b>15</b>
<b>VIÐAUKI 2 SÝRUSTIG – FISKVINNSLUR .....</b>	<b>17</b>

# 1. INNGANGUR

## 1.1 Þrif.

Hreinlæti og þrif skipta megin máli í vörnum gegn matareitrunum og matarsýkingum en einnig til að tryggja geymsluþol afurða. Aukin tíðni matarsýkinga á borð við *Listeria* og *E.coli* O157:H hafa leitt til þess að aukin áhersla hefur verið lögð á þrif. Aukin áhersla á fullunnin matvæli hefur einnig kallað á meiri áherslu á hreinlæti.

Sóttþreinsun er í raun síðasta skrefið í framkvæmd þrifa. Þrifaferlið skiptist í tvö skref: hreinsun og sóttþreinsun. Við hreinsun eru óhreinindi fjarlægð en við sóttþreinsun eru örverum eytt af hreinu yfirborðinu. Ef yfirborðið er enn óhreint verja óhreinindin örverurnar fyrir sóttþreinsiefnunum. Þess vegna þarf yfirborðið að vera laust við óhreinindi fyrir sóttþreinsun (Marriott, 1997). Þrif eru því framkvæmd á eftirfarandi hátt:

1. **Grófhreinsun:** Laus óhreinindi eru fjarlægð með vatni og bleytt í þeim sem eftir sitja. Mestu óhreinindin sköfuð af gólfi.
2. **Þvottur:** Föst óhreinindi leyst upp með kvoðun og sápun, fylgt eftir með vatnsþrýstingi og sprautun.
3. **Skolun:** Uppleyst óhreinindi skoluð í burt með vatni.
4. **Sóttþreinsun:** Gerileyðandi efni uppleyst í vatni notuð til að drepa þá gerla sem eftir sitja.
5. **Eftirskolun:** Í sumum tilvikum þarf að framkvæma eftirskolun þar sem fjarlægja þarf gerileyðandi efni af flötum þar sem matvæli komast í snertingu.

Fiskur veiddur úr ómengduðum sjó er laus við sýkla. Léleg meðferð og óþrifnaður við framleiðslu getur hins vegar leitt til aukinnar hættu á tilvist skemmdar- og sjúkdómsvaldandi baktería. Þrif og sóttþreinsun geta dregið úr slíkri mengun.

Tilgangur sóttþreinsunar er að eyða eða stöðva vöxt örvera sem eru til staðar eftir þvott og koma þannig í veg fyrir að örverur berast í matvæli og valdi sjúkdómum hjá neytendum eða stytti geymsluþol afurðar. Sóttþreinsun er hægt að framkvæma með hita, geislun t.d. útfjólubláum geislum eða með efnameðferð. Hér verður aðeins fjallað um sóttþreinsun með efnum.

Sóttþreinsiefnum er hægt að flokka á marga vegu en þeir þættir sem mest hafa áhrif á virkni þeirra eru: verkunartími, hitastig, styrkur, sýrustig, hreinleiki yfirborðs og myndun biofilma.

**Verkunartími:** Því hærri upphafsþjöldi því lengri tíma þarf að nota sóttþreinsiefnið. Einnig skiptir aldur kólónía og tegund örvera máli.

**Hitastig:** Sóttþreinsiefni fækka örverum hraðar við hærri hitastig. Tæring er meiri við hærri hitastig.

**Sýrustig:** Smávægis breytingar í sýrustigi geta haft mikil áhrif á virkni sóttþreinsiefna, einkum klór. Mjög súrt klórað vatn hefur mikil tæringaráhrif á tæki og tól en þar að auki myndast banvænt gas þegar sýru og klór er blandað saman.

**Hreinleiki yfirborðs:** Óhreinindi geta hvarfast við sóttþreinsiefni eins og ýmis klórefni og gert þau óvirk.

**Biofilmur:** Myndun biofilma gera bakteríur þólnari gegn sóttþreinsiefnum.

## 1.2 Aðferðir til að meta árangur sóttþreinsunar

Til að fá staðfestingu á að þrif hafi verið nægjanlega þarf að vera hægt að mæla árangurinn á einhvern hátt. Aðferðir eins og penslun, skálastimplun-RODAC og ATP-ljósmæling eru aðferðir sem eru oft notaðar til að mæla örverufræðilegt ástand í vinnsluumhverfum.

**Penslun:** Við penslun er pensli strokið yfir afmarkað svæði í vinnsluumhverfi eftir að hann hefur verið vættur í t.d D/E neutralizing broth sem gerir sóttþreinsiefnið óvirkt. Pensillinn er síðan brotinn og settur í litla dauðhreinsaða plastflösku og þynningarvatni er bætt í. Tífoldum þynningum er síðan dreift á yfirborð næringarætis. Eftir ræktun við tiltekið hitastig er örverufjöldinn á  $\text{cm}^2$  metinn.

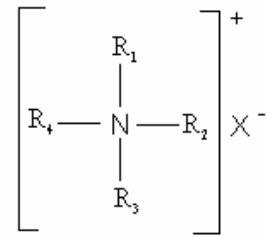
**RODAC – skálastimplun:** Skál sem inniheldur barmafylli af storknu næringaræti er þrýst á yfirborð. Skálin er svo sett í ræktun og örverufjöldi talinn eftir tiltekinn tíma.

**ATP - ljósmæling:** Orkuefnið ATP (adenosine-5- triphosphate) finnst í öllum lifandi frumum. Mæling á ATP getur gefið niðurstöður um almennt hreinlæti á mjög fljótvirkan hátt. Aðferðin byggir á því að ATP er látið hvarfast við luciferin og eldflugu luciferasa og við það myndast ljós sem er mælt í ljósmæli. Niðurstöður eru gefnar upp í ljóseiningum sem eru í réttu hlutfalli við ATP sem er til staðar. Þessi mæling hentar vel

t.d. í framleiðslueftirliti og gefur vísbendingar um óhreinindi bæði af örverufræðilegum uppruna og vegna leifa af matvælum. Hún gefur því ágæta mynd af árangri þrifa.

### 1.3 Helstu sótthreinsiefni

Sótthreinsiefnum er hægt að skipta í óoxandi og oxandi efni. **Óoxandi efni** eru efni eins og fjörgild ammoníumsambönd og amfóter-tensíðar. Fjörgild ammóníusambönd (FAS) eru ammoníum sölt þar sem eitt eða fleiri vetnisatóm í  $[NH_4]^+$  jóninni hefur verið skipt út fyrir alkyl eða aryl hóp og eru því yfirborðsvirk (Mynd 1). Anjónin er venjulega brómíð eða klóríð (Hayes, 1985). FAS eru virk gegn allflestum gram-jákvæðum örverum en síður gegn gram-neikvæðum örverum eins og *E. coli* og *Pseudomonas*. Þau virka einnig vel gegn *Listeria*



*monocytogenes* og gegn myglugróum (Marriott, 1997, **Mynd 1.** Fjörgild ammoníumsambönd

Ólafur Oddgeirsson, 1989). Í þynntu formi eru þessi efni lyktarlaus, litlaus, ekki eitruð og dreifast vel um tækin. Þau eru einnig stöðug við mjög hátt hitastig, virk yfir breytt sýrustigsbil og í násvist lífrænna efna. Helsti ókostur er að þau hafa þrengra virknisvið heldur en klórefnin (Ólafur Oddgeirsson, 1989). Amfóter-tensíðar eru yfirborðsvirk efni sem eru ýmis kat- eða anjónísk eftir sýrustigi. Katjóníska formið er virkt sótthreinsiefni (Hayes, 1985). Þau virka vel á flestar örverur og eru bragð og lyktarlaus. Þau geta hinsvegar verið freyðandi og henta því illa í úða og þess háttar tæki.

**Oxandi efni** eru efni eins og klór, klórgjafar, jodfór, súrefnisgefandi efni og bróm. Klórsambönd eru mikið notuð í matvælavinnslu til sótthreinsunar. Dæmi um klór og klórgjafa eru klórgas, hypoklórít, klóramín, cyanuric sýru afleiður og klórdíoxíð. Helstu kostir klórs og klórgjafa eru: Þau eru mjög virk gegn öllum tegundum örvera (fyrir utan gró), ódýr, ekki er nauðsynlegt að skola þau af yfirborði ef þau eru notuð í minni styrkleika en 200 ppm og þau fást bæði á fljótandi og föstu formi. Helstu ókostir klórsambanda eru hinsvegar að þau eru mjög óstöðug gagnvart sýrustigi, hita og lífrænum efnum og eru þau mjög tærandi fyrir ryðfrítt stál og aðra málma (Marriott, 1997).

Jodfór samanstendur af vatnleysanlegri blöndu af jodí og ýruefnum sem virka sem burðarefni fyrir jodíð. Jodíð hefur bakteríueyðandi eiginleika. Vanalega er fosfórsýru



einnig bætt í blönduna til að auka virkni jóðs. Jóðofórar eru dýrir og hafa virkni yfir breytt sýrustigsbil en hafa mesta virkni við pH 3-5 þar sem fosfórsýra hefur einnig mestu buffereiginleika (Hayes, 1985). Þeir verka á gram-jákvæðar og gram-neikvæðar bakteríur, ger og myglu en verka frekar illa á gró. Einnig halda þeir virkni sinni í tilvist lífrænna efna Sumt plast getur dregið í sig jóð og litast eftir því hve lengi það er í snertingu við jóð. Þetta getur orðið til þess að hráefni litast. Jóð er aðallega notað í mjólkuriðnaðinum og í bruggiðnaðinum.

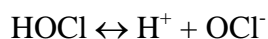
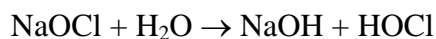
Súrefnisgefandi efni eru efni sem mynda súrefni ( $O_2$ ) og hydroxyradical ( $OH\cdot$ ) t.d. vetnisperoxíð ( $H_2O_2$ ) og peredikssýra ( $CH_3COOOH$ ). Þessi efni eru því talin nokkuð umhverfisvæn.

Vetnisperoxíð hefur frekar breytt virknisvið og vinnur á veirum, bakteríum, gersveppum og bakteríugróum (McDonnel & Russel, 1999). Það vinnur frekar lítið á málum og öðrum efnum, mun minna en klór og klórgjafar. Í matvælaíðnaðinum er það mikið notað til að gerileyða umbúðir rétt fyrir pökkun.

Peredikssýra er mun virkara við lægri styrk en vetnisperoxíð. Peredikssýran er mjög virk gegn gersveppum og því er hún oft notuð í drykkjavöruframleiðslu. Peredikssýra virkar yfir mjög breytt sýrustigsbil og hægt er að nota hana í heitu og köldu vatni. Hreinar lausnir geta verið mjög ertandi fyrir hörund og eru sterk oxandi. Hún brotnar mjög auðveldlega niður í edikssýrur og vatn og er því töluvert umhverfisvænni en klór.

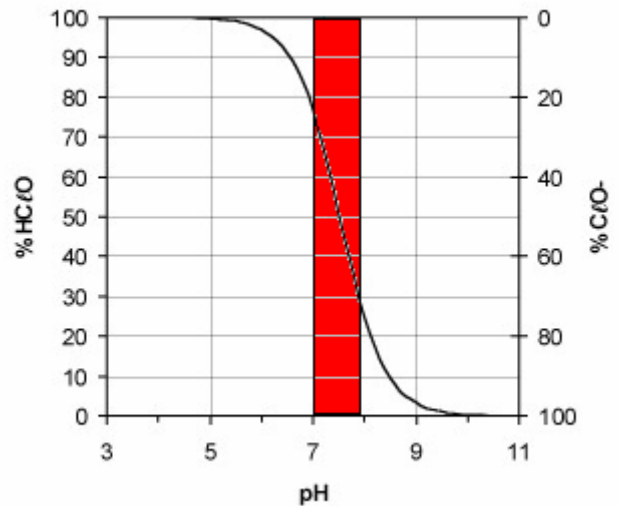
#### 1.4 Virknieiginleikar klórs

Algengast er að notað sé hypóklórít,  $NaOCl$  eða  $Ca(OCl)_2$  í vatni við sótthreinsun. Vanalega er notaður styrkleiki milli 50 og 200 ppm af fríu klóri í 3 til 30 mínútur (Hayes, 1985). Í vatni jónast natríumhypoklóríð í  $Na^+$  og hypoklóríðjón ( $OCl^-$ ) sem myndar jafnvægi með hypóklóríðsýru ( $HOCl$ ) (undirklórsýra):



Jafnvægið þarna á milli er háð sýrustigi og er mjög viðkvæmt milli pH 7 og 8 (Mynd 2). Milli pH 4 og 7 er klór aðallega á formi HClO sem er virkasta formið til sótthreinsunar en við pH fyrir ofan 9 er aðeins 5% á formi HOCl (McDonnel & Russel, 1999). HOCl er talið hafa 80-100 sinnum meiri virkni en OCl<sup>-</sup> (Bremer et al., 2002). Af þessu má sjá að virkni klórs er mjög háð sýrustigi og er virkni þess mest við pH 6,0-7,5, þá eru einnig minnst tæringaráhrif. Örverudrepani áhrif eru í beinu hlutfalli við magn af óbundinni hypoklórsýru í vatnslausn. Mjög súrt klórað vatn hefur mjög tærandi áhrif á tæki auk þess að við það að blanda síru við klór myndast banvænt gas. Mjög basískt klórað vatn er einnig mjög tærandi og hefur einnig minni sótthreinsieiginleika. Magn klórs segir því ekki allt um sótthreinsieigileika þess heldur skiptir samspil klórs og sýrustigs megin máli.

Klór er mjög oxandi efni en nákvæm virkni þess er ekki þekkt. Það er meðal annars talið eyða virkni frumpróteina og hvarfast við kjarnsýrur.

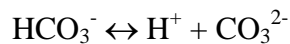
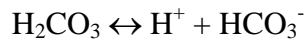
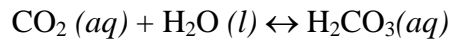


Mynd 2. Áhrif pH á ClO<sup>-</sup> og HClO

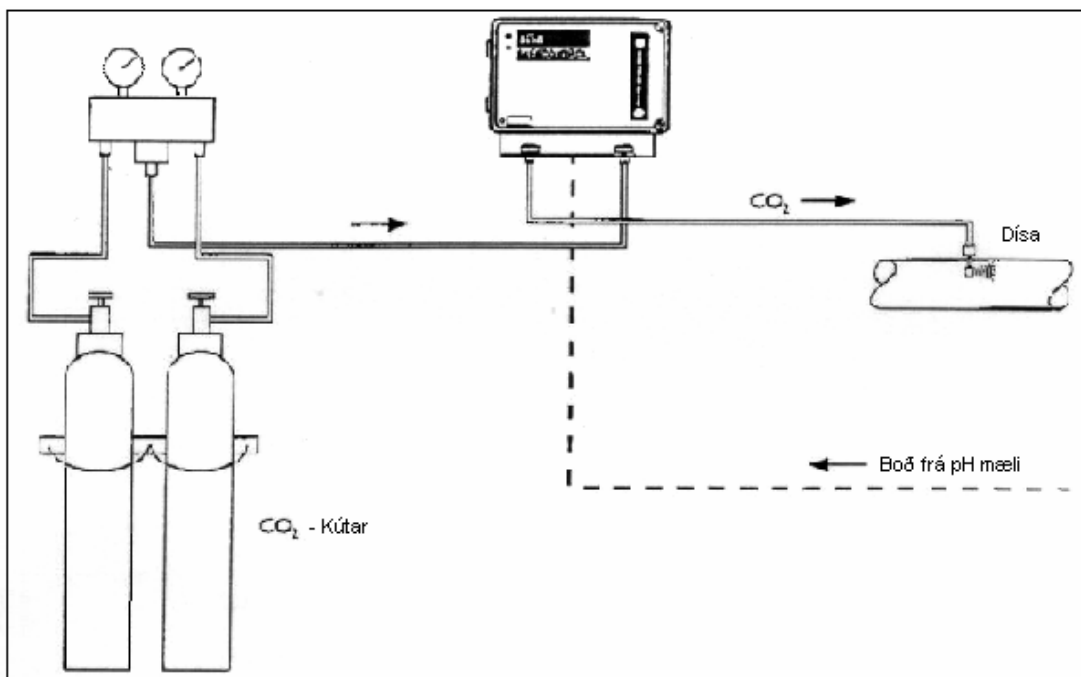
## 1.5 Vatn og sýrustig

Klór er blandað við vatn fyrir notkun og því skiptir sýrustig vatnsins miklu máli fyrir virkni klórs. Sýrustig vatns er mjög mismunandi frá einum stað til annars og er háð ýmsum þáttum eins og t.d. hvort um er að ræða yfirborðsvatn eða grunnvatn (Mynd 3 og 4) (Viðauki 1). Allt grunnvatn á Íslandi er basískt en yfirborðsvatn hefur lægra sýrustig. Það sem mestur ræður um sýrustig er gerð berggrunns og hvarfstíminn. Þannig er sýrustig að jafnaði lægra í grunnvatni frá gömlum blágrýtissvæðum en í vatni sem hvarfast hefur við ung hraun, einkum fersk og glerkennd. Yfirborðsvatn hefur yfirleitt pH milli 6,5 og 8 en grunnvatn 9-10 (Stefán Arnósson et al., 1995). Lághitavatn á Íslandi hefur yfirleitt mjög hátt sýrustig, með pH á bilinu 8,6–10,8 (Hrefna Kristmannsdóttir og Magnús Ólafsson, 1998).

Til þess að lækka sýrustig og þar með auka virkni klórs er mögulegt að nota koldíoxíð og halda þannig sýrustiginu á milli 7,2 og 7,6. Koldíoxíð er áhrifaríkur sýrustillir, því er dælt út í vatnið sem á að blanda við klórinn. Það hvarfast við vatnið og lækkar sýrustigið:



Þessi tækni er t.d. notuð í sundlaug í Reykjavík en fyrirtækið ÍSAGA hefur sett upp búnað þar sem koldíoxíð er notað til að stilla sýrustigið á sundlaugavatninu (Mynd 3). Skömmtun á koldíoxíð er sjálfvirk og er skömmtunin tengd við sýrustigsmæli. Hlutlaust sýrustig vatnsins tryggir að klór helst á sínu virkasta formi til sótthreinsunar. Þannig fæst hámarksvirkni klórs auk þess sem minna magn þarf til að ná sama árangri og minni hætta er á tæringu.



*Mynd 3. Tæki og búnaður til að stilla sýrustig á vatni*

## 1.6 Tilgangur - Markmið

Markmið með þessu verkefni var að kortleggja sýrustig á heitu og köldu vatni á landinu og að hámarka virkni klórs við sótthreinsun í matvælaíðnaði með því að stilla sýrustig vatns fyrir blöndun og minnka um leið magn klórs við notkun.

## 2. EFNI OG AÐFERÐIR

### 2.1. Aðferðir

**2.1.1. Sýrustig á vatni.** Teknar voru saman upplýsingar um sýrustig vatns víðsvegar um landið. Upplýsingar um sýrustig helstu vatns- og hitaveita voru fengnar frá heilbrigðiseftirlitum, Orkustofnun og úr ýmsum greinum. Vatnssýni voru fengin frá fiskvinnslustöðvum víðsvegar á landinu. Sýrustig var mælt, lesið af eftir 1 mín og hitastig skráð.

**2.1.2. Hreinlætisúttekt.** Hreinlæti var metið í einni fiskvinnslu með penslun á 15 stöðum í vinnslunni: þvottakar, flokkun-band, hausari, flökunarvél, roðflettivél, band, flæðilína, stálhólf, ljósaborð-vinstri-blautt og þurrt, flakabakki, pökkunarborð, gróft band-plast, ljósaborð-hægri, gólfmotta. Eftir að vinnslan hafði verið í gangi í 2 tíma voru tekin 5 vinnslusýni: heill fiskur-roð, heill fiskur – hold, flökun, snyrting og pökkun.

**2.1.3. Tilraunir á rannsóknastofu.** Framkvæmdar voru þrjár tilraunir á rannsóknarstofu annarsvegar þar sem fiskhakk var mengað með *Pseudomonas* bakteríum og hinsvegar með *Listeria innocua*. Hakkið var sett á þrenns konar yfirborð, 2 tegundir af plasti (gamalt og nýtt) og stál. Eftir að hakkið hafði legið á yfirborðinu í um sólarhring var það skafið af og sótthreinsað með klórlausn í tveimur mismunandi styrkleika (50 ppm og 100 ppm) og kranavatn haft til viðmiðunar sem kontrol. Klórlausn var látin liggja á 15 mín.

### 2.2. Penslun

Líftala við 15°C var ákvörðuð með penslun. 50 cm<sup>2</sup> ramma var dýft ofna í spritt og hann brenndur til hreinsa í burt allar bakteríur (alltaf gert á milli sýna). Rammi var lagður á yfirborð sem átti að pensla. Bleytt var í dauðhreinsuðum pensli í D/E neutralizing broth

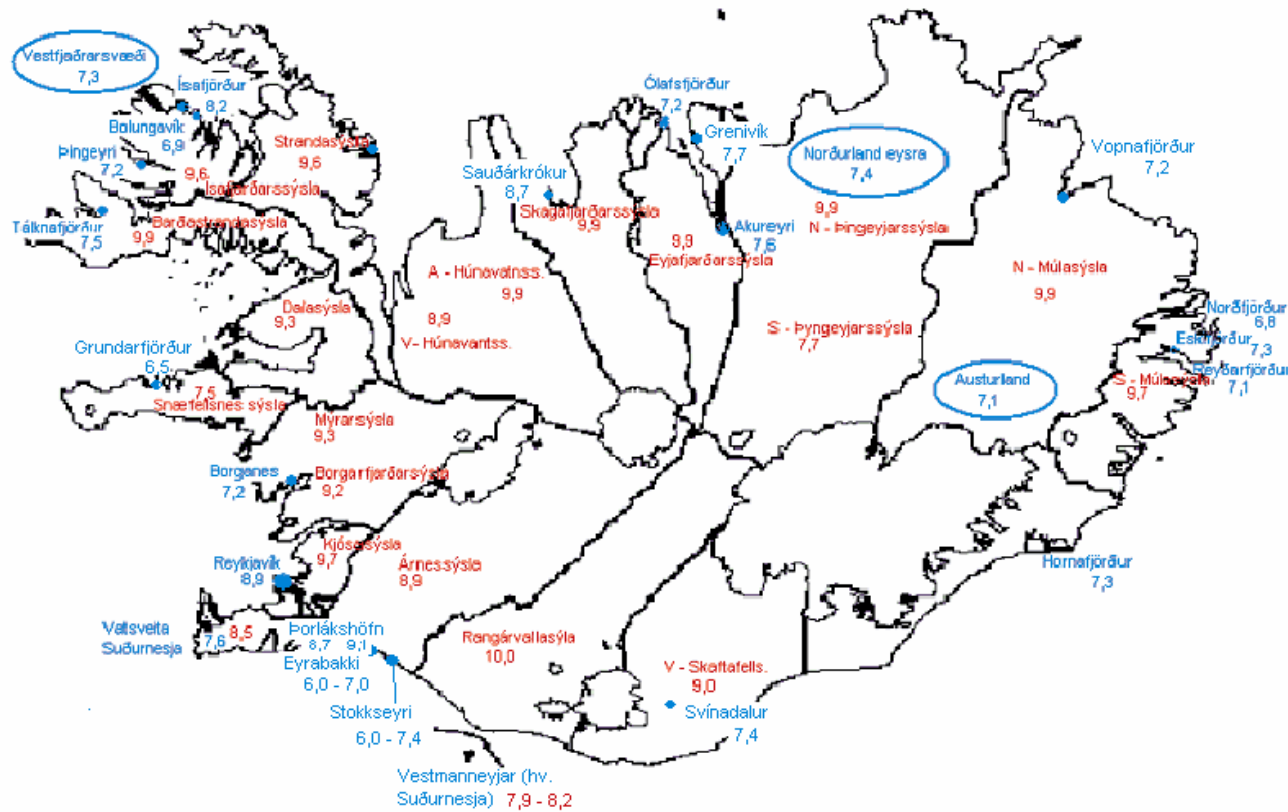
(Difco) til að gera leifar af sótthreinsiefni óvirkar áður en honum var rúllað á yfirborð innan rammans, sex til sjö sinnum þversum og langsum. Pensillinn var síðan brotinn í dauðhreinsað glas og 5 ml af þynningarvatni bætt í. 0,5 eða 0.1 ml af sýninu var dreift á skálar með 0,5% PCA (plate count agar – Difco með 0,5 % NaCl) og skálarnar ræktaðar við 15°C í 6 daga. Örverufjöldi á cm<sup>2</sup> var ákvarðaður.

### **3. NIÐURSTÖÐUR OG UMRÆÐA**

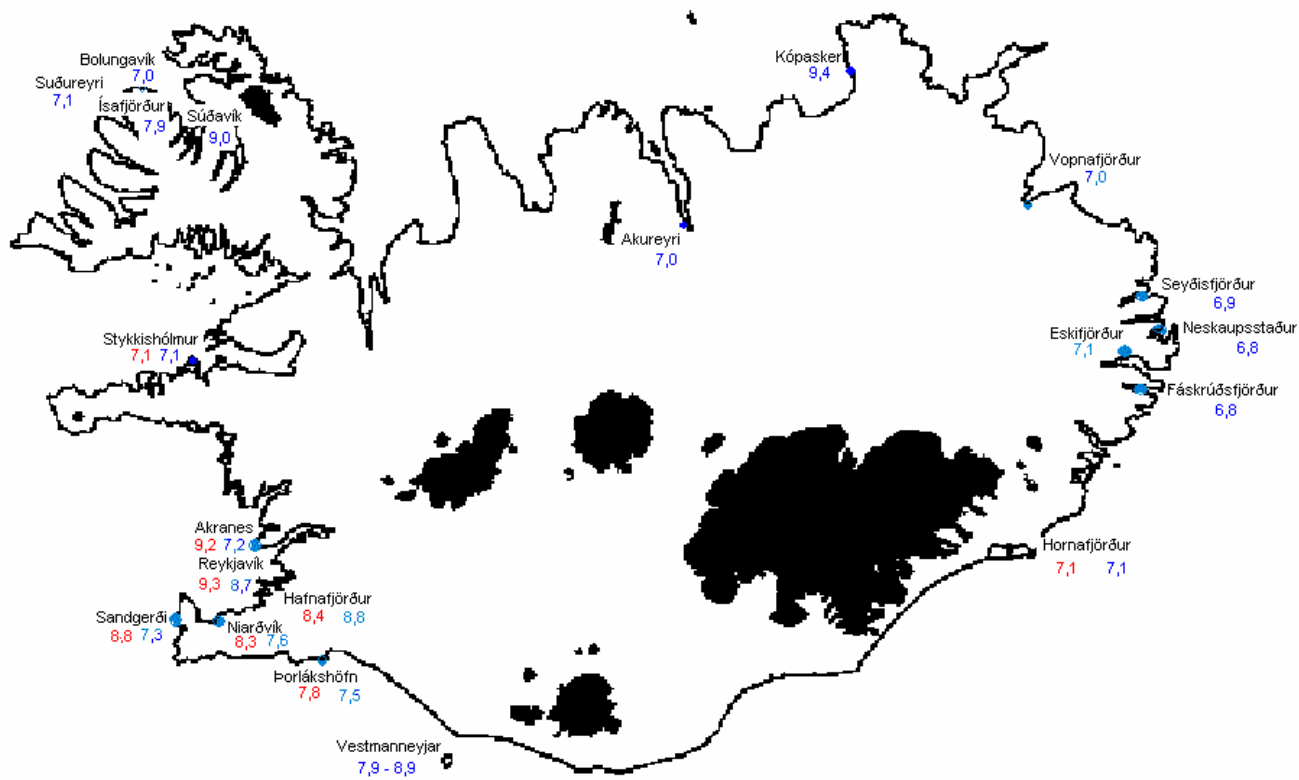
#### **3.1. Sýrustig vatns**

Sýrustig í vatns- og hitaveitum er nokkuð breytilegt eftir landshlutum (Mynd 4) (Viðauki). Sýrustig í vatnsveitum er hæst í Reykjavík (pH 8,9) og fyrir ofan pH 7,5 á Ísafirði, Sauðárkróki, Grenivík, Suðurnesjum og í Þorlákshöfn. Hitaveiturnar hafa í öllum tilvikum hærra pH heldur en kalda vatnið og kemur það líklega til þess að hvarf sýru í vatninu við steindir í berginu er heldur meira en einnig skiptir berggrunnurinn máli. Sýrustig vatns í hitaveitum er hæst í Rangárvallarsýslu (Mynd 4). Sýrustig vatns í fiskvinnslum er hæst í Reykjavík og nágrenni en auk þess mældist það nokkuð hátt í Hraðfrystihúsinu Gunnvöru í Súðavík og í Silfurstjörnunni í Axarfirði (Mynd 5, Tafla 5 viðauki).

Við sýrustig hærra en 7,6 hefur klór 80-100 sinnum minni virkni en við lægra sýrustig eins og fyrir segir. Á stöðum sem hafa hærra sýrustig en 7,6 getur það leitt til lakari árangurs við sótthreinsun eða yfirskömmtun klórs sem getur valdið tæringu auk annarra óæskilegra áhrifa. Stjórnun á sýrustigi er því mikilvæg á þessum stöðum til að ná hámarksvirkni klórs auk þess sem minna magn þarf til að ná sama árangri og því minni hætta er á tæringu.



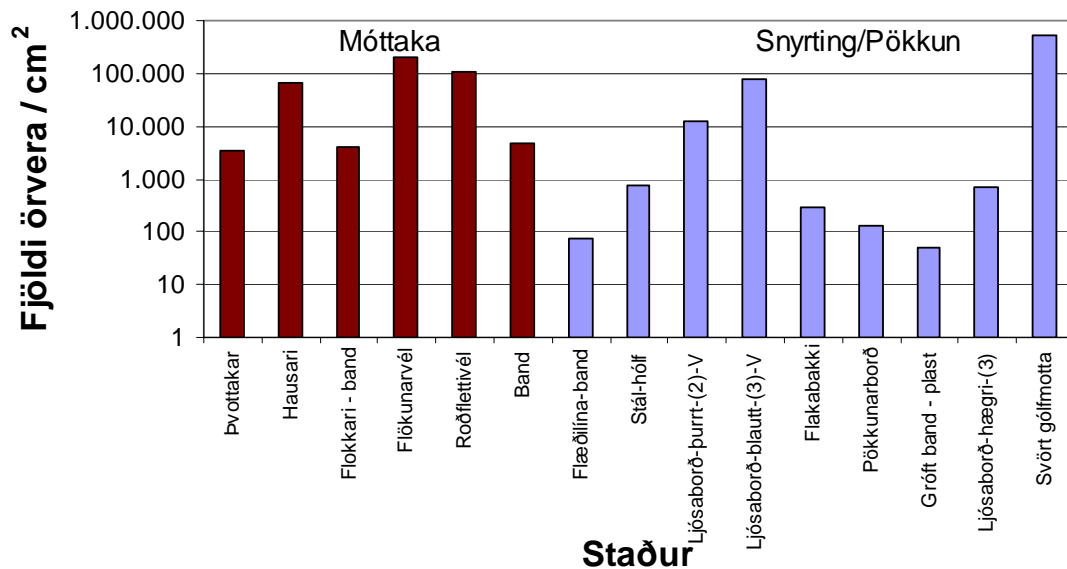
Mynd 4. Vatns – og hitaveitur



Mynd 5. pH fiskvinnslur

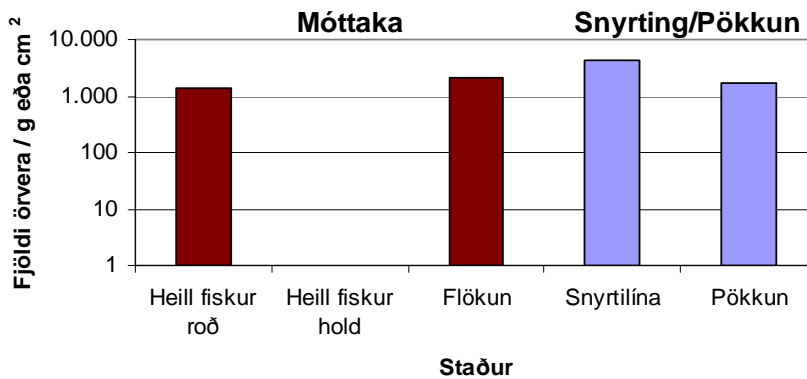
### 3.2. Fiskvinnsluhús

Niðurstöður úr hreinlætisúttekt í fiskvinnsluhúsi eru sýndar á mynd 6. Sýni voru tekin eftir þrif þ.e. áður en vinnsla hófst. Örverufjöldinn var mjög hár og hærri í móttöku en í snyrtingu/pökkun. Í snyrtingu/pökkun er örverufjöldinn hæstur á ljósaborðinu sem var blautt en raki ýtir undir örveruvöxt. Viðmiðunarreglur Rf miða við að fjöldi örvera á snertifleti matvæla megi ekki fara yfir 5 örverur /cm<sup>2</sup>.



Mynd 6. Örverufjöldi í vinnsluumhverfi. Sýni tekin eftir þrif.**Error!**

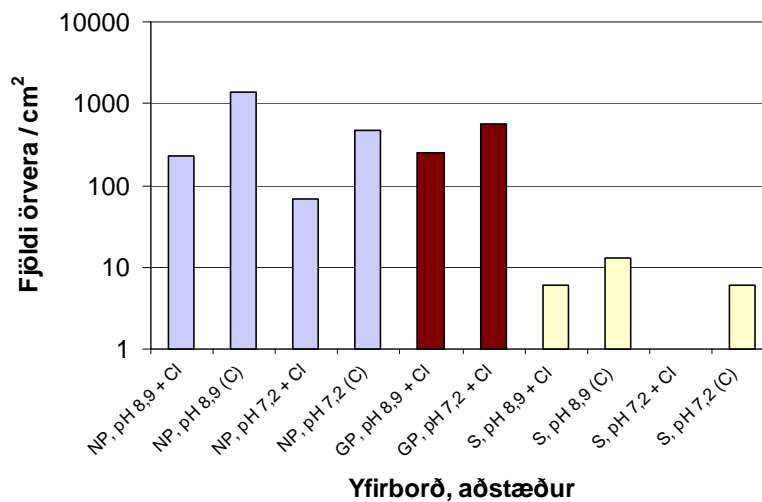
Vinnslusýni voru tekin eftir að vinnslan hafði verið í gangi í um 2 klst (mynd 7). Örverufjöldinn er ekki mjög hár í vinnslusýnunum þó svo að vinnsluumhverfið hafi ekki talist mjög hreint en hæst fór örverufjöldinn í 4300 örverur/g (Mynd 7). Skýringin á þessum lága örverufjölda getur verið að fiskurinn sem verið var að vinna var mjög ferskur og tíminn sem fiskurinn er á leið í gegnum vinnslulínuna er mjög stuttur. Engar örverur greindust úr sýnum í holdi heils fisks og eru þær því færri en 10 örverur/g og koma því ekki fram á súluritinu hér fyrir aftan.



Mynd 7. Örverufjöldi í afurðasýnum

### 3.3. Tilraun á rannsóknastofu

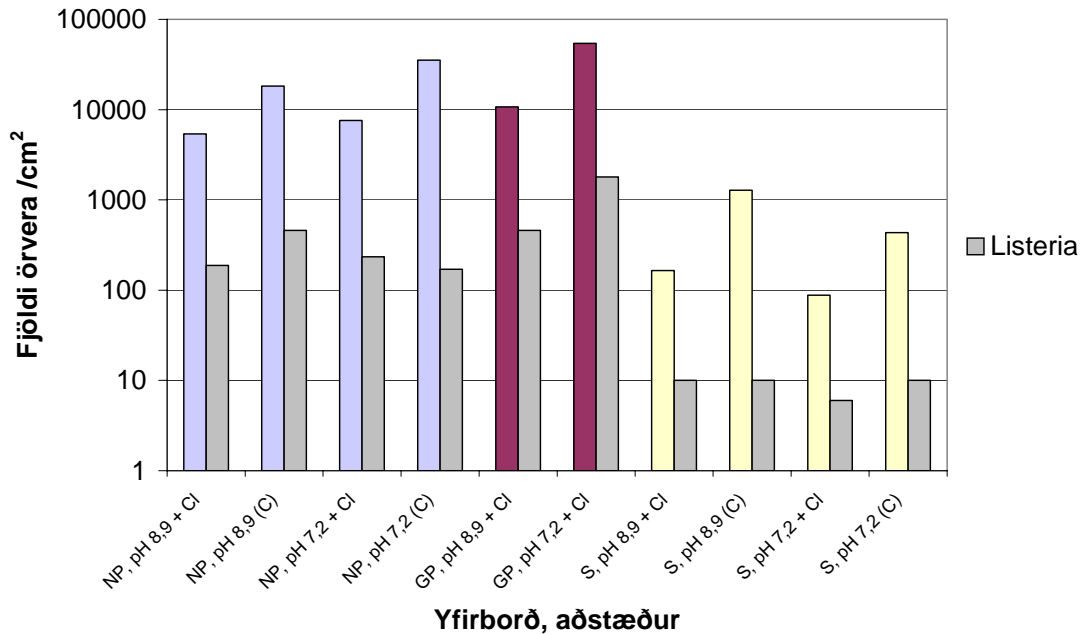
Niðurstöður tilrauna á rannsóknastofu eru sýndar á myndum 8, 9 og 10. Tvær súlur eru sýndar fyrir hvert pH og er önnur fyrir kontrol (C) og hin fyrir klórlausnina (Cl). Örverufjöldinn var lægri á nýja plastinu (NP) og stályfirborðinu (S) þar sem klór var blandaður við buffer með pH 7,2 miðað við blöndun í vatn með pH 8,9 (Mynd 8). Ekki fannst eins mikill munur lausnum sem voru settar á gamla plastið (GP). Það gæti stafað af því að klórinn kemst ekki að örverunum þar sem plastið er mjög rispað. Þessar niðurstöður gefa til kynna að klórinn hafi meiri sóttreinsivirkni við pH 7,2, heldur en 8,9. Niðurstöðurnar sýna einnig að auðveldar er að losa og hindra vöxt örvera á stáli en á plasti.



Mynd 8. Niðurstöður tilraunar með 50 ppm klór og *Pseudomonas* teg (NP: nýtt plast, GP: gamalt plast, S: stál, Cl: klór, C: kontrol)



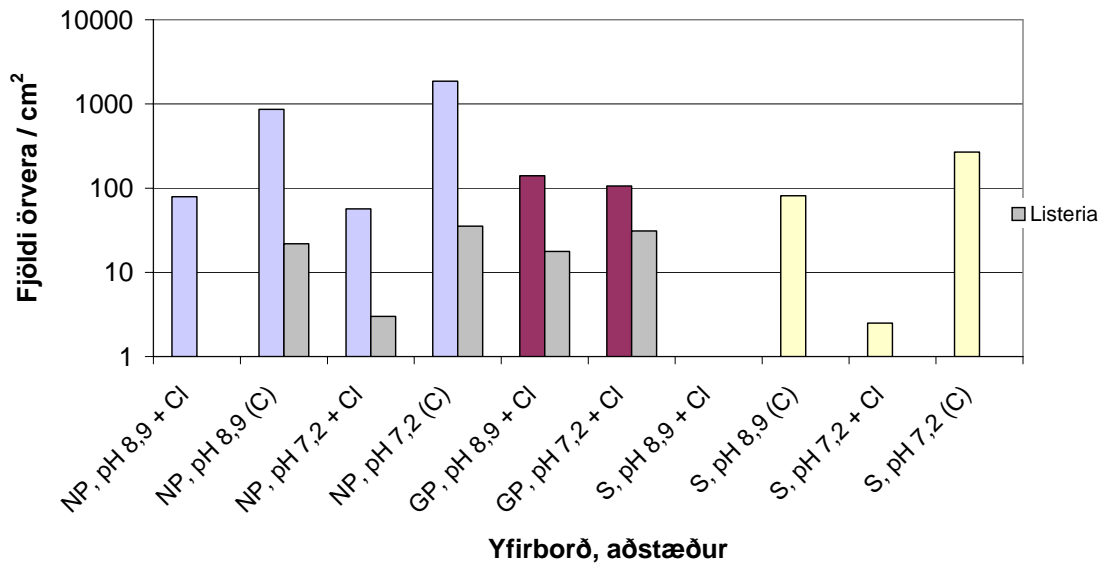
Klór í styrkleika 50 ppm nægir ekki til að hindra vöxt *Listeria innocua* en það kemur skýrt fram á mynd 9 þar sem of lítil munur er á örverufjölda á kontrol sýnum og þeim sem voru sótthreinsuð. Örverufjöldinn er svipaður í báðum klórlausnum, jafnvel aðeins hærri við pH 7,2 en sá munur er varla marktækur. Sama kemur fram hér eins og á mynd 8 að greinilega er auðveldar að losa eða hindra vöxt örvera á stályfirborði.



**Mynd 9.** Niðurstöður tilraunar með 50 ppm klór og *Listeria innocua*.

(NP: nýtt plast, GP: gamalt plast, S: stál, Cl: klór, C: kontrol)

Ekki var heldur hægt að greina mikinn mun á milli sótthreinsivirkni klórlausna með pH 7,2 og pH 8, 9 þegar styrkurinn hafði verið aukinn í 100 ppm. (Mynd 10). Aftur kemur fram þessi skýri munur á milli þess örveruvaxtar sem greinist á stályfirborði samanborið við þann vöxt sem greindist á plastyfirborði. Í þessu tilfalli nægir 100ppm klórlausn að drepa *Listeria innocua* á stályfirborði. Þessar niðurstöður styðja áður nefndar ályktanir að mun erfiðara er að fjarlægja og/eða drepa örverur á plasti en þær sem eru á stáli.



*Mynd 10. Niðurstöður 100 ppm klór og Listeria innocua*  
 (NP: nýtt plast, GP: gamalt plast, S: stál, Cl: klór, C: kontrol)

#### 4. LOKAORÐ

Kortlagning á sýrustigi gaf til kynna að sýrustigið er mjög mismunandi á landinu en eins og áður sagði þá getur sýrustigið haft áhrif á sóttþreinsivirkni og tæringaráhrif klórs.

Ætlunin var að setja upp búnað til sýrustillingar á klór í fiskvinnsluhúsi. Fyrstu niðurstöður úr tilraunum á tilraunastofu gáfu til kynna að nauðsynlegt er að kanna betur samband milli styrkleika á klórlausn og sýrustigs áður en farið er út í stóra og kostnaðarsama framkvæmd sem fylgir því að gera tilraun úti í fiskvinnslu.

## 5. HEIMILDARSKRÁ

- Bremer, P.J., I. Monk and R. Butler. (2002). Inactivation of *Listeria monocytogenes/Flavobacterium* spp. Biofilms using chlorine: impact of substrate, pH, time and concentration. *Letters in Applied Microbiology* 35:321-325.
- Hayes, P.R.. (1985). Food Microbiology and Hygiene. Elsevier applied science publishers, London and New York. Bls. 284-297.
- Hrefna Kristmannsdóttir og Magnús Ólafsson. (1998). Flokkun hitaveituvatn og ferskvatns efitr efnasamsetningu. Lagnafréttir (Námsstefna 1. og 2. október 1998). Bls. 13-14.
- Marriott, Norman G.. (1997). Essentials of Food Sanitation. Champman & Hall. New York and London. Bls. 76-87.
- McDonnel, G. and A. Denver Russel. (1999). Antiseptics and Disinfectants: Activity, Action and Resistance. *Clinical Microbiology Reviews* 12:147-179
- Ólafur Oddgeisson. (1989). Hreinsun og sótthreinsun í mjólkuriðnaði. Námsgögn frá námskeiði um notkun sótthreinsiefna 11. október 1989. Örverufræðifélag Íslands og Háskóli Íslands- endurmenntunarnefnd.
- Sigríður Hjaltadóttir. (2002). Val og hönnun minni vatnsbóla. Umhverfisstofnun. Skýrsla Hvr-2002/002-matvælasvið. 50 bls.  
[http://www.ust.is/media/fraedsluefni/Val\\_og\\_honnun\\_minni\\_vatnsveita\\_08.09.02\\_SH.pdf](http://www.ust.is/media/fraedsluefni/Val_og_honnun_minni_vatnsveita_08.09.02_SH.pdf)
- Stefán Arnórsson, Sigurður R. Gíslason & Auður Andrésdóttir. (1995). Processes influencing the pH of geothermal waters. Í Proceedings of the World Geothermal Congress, Florence, Italy. International Geothermal Association. Inc., Auckland, New Zealand. Edt. Barbier, E., Frye, G., Iglesias, E. og Guðmundur Pálmason Bls. 957-962.

## VIÐAUKI 1 SÝRUSTIG HELSTU VATNSVEITA OG HITAVEITA

Tafla 1. Sýrustig helstu vatnsveita

Staður	pH	pH mælt við (°C)
Vatnsveita Árborgar	9,1	
Vatnsveita Borgarness	7,2	
Vatnsveita Garðabæjar	8,9	
Vatnsveita Hafnarfjarðar	8,6	25
Vatnsveita Hveragerðis	7,9	21
Vatnsveita Neskaupsstaðar	6,8	22
Vatnsveita Reykjavíkur	8,9	25
Vatnsveita Sauðárkróks	8,7	
Vatnsveita Stykkishólms	7,2	21
Vatnsveita Suðurnesja	7,6	22
Orkuveita Húsavíkur	8,3	

Tafla 2. Upplýsingar um neysluvatn frá heilbrigðiseftirlitum

Staður	pH	pH bil
Vestfjarðarsvæði	7,3	6,9 - 8,2
Norðurland eystra	7,4	6,9 - 8,4
Austurland	7,1	6,8 - 7,3
Þorlákshöfn (Vatnsveita Þorlákshafnar)	-	8,7 - 9,1
Flúðir (Vatnsveita Flúða)	-	6,9 - 7,8
Eyrabakki	-	6,0 - 7,0
Stokkseyri	-	6,0 - 7,4

Tafla 3. Sýrustig helstu hitaveita

Sýsla	Hiti (°C)	pH	Sýrustigsbil
Reykjavík		9,3	8,5-9,7
Gullbringusýsla	111	8,5	8,2-8,8
Kjósasýsla	77	9,7	
Borgarfjarðarsýsla	89	9,2	6,8-9,9
Mýrarsýsla	74	9,3	9,0-9,6
Snæfellnessýsla	62	7,5	6,4-8,4
Dalasýsla	52	9,3	8,9-9,3
A - Barðarstrandasýsla	85	9,7	9,6-9,7
V - Barðarstrandasýsla	55	9,9	9,8-9,9
Barðastrandasýsla	38	10,7	
N - Ísafjarðarsýsla	70	9,6	9,1-10,0
Strandasýsla	48	9,6	8,9-9,4
Eyjafjarðasýsla	72	9,9	9,3-10,3
Skagafjarðasýsla	59	9,9	9,3-10,3
V - Húnavatnssýsla	99	8,9	8,6-9,2
A - Húnavatnssýsla	75	9,9	
S - Þingeyjarsýsla	69	9,9	9,2-10,8
N - Þingeyjarsýsla	97,6	7,7	
N - Múlasýsla	75	9,9	9,6-10,1
S - Múlasýsla	43,5	9,7	
V - Skaftafellsýsla	26	9,0	
Rangárvallasýsla	64	10,0	8,7-10,5
Árnessýsla	80	8,9	6,7-10,1

Viðauki 2 **SÝRUSTIG – FISKVINNSLUR**

Tafla 4. **Sýrustig – Fiskvinnsalur**

Sýnatökustaður	Staður	Heitt vatn		Kalt vatn		Tegund
		pH	Hitastig	pH	Hitastig	
Salthólmi ehf - Akranes	Akranes			7,3	23	V
HB - Akranes	Akranes	9,2	19	7,1	19	Y
Grandi hf	Reykjavík	9,3	20	8,7	22	G
Toppfiskur ehf	Reykjavík	9,3	20	8,7	21	G
Fiskkaup hf	Reykjavík	9,3	20	8,8	19	G
Tros ehf	Sandgerði	8,8	22	7,3	19	G
Portland ehf	Þorlákshöfn	7,8	19	8,4	19	G
Bakkavör hf	Njarðvík	8,3	21,5	7,6	20	G
Ora ehf	Kópavogur	8,3	24	8,8	23	G
Fjarðarfiskur ehf	Hafnarfjörður	8,4	24	8,6	23	G
Arctic-Fiskur ehf	Hafnarfjörður	8,4	25	8,8	23	G
Ferkvinnslan ehf	Hafnarfjörður	8,4	25	8,8	23	G
SÍF hf	Hafnarfjörður	8,4	25	8,8	23	G
S. Gunnarsson ehf	Hafnarfjörður	8,3	24	8,8	23	G
Bræðslan	Fáskrúðsfjörður			6,8	16	G
Bræðslan	Seyðisfjörður			6,9	20	Y
Bræðslan	Neskaupstaður			6,8	20	G
Bræðslan	Eskifjörður			7,1	21	Y
Bræðslan	Vopnafjörður			7,0	21	Y
Fiskbitar	Bolungarvík			7,0	6	Y
Gná	Bolungarvík			7,1	6	Y
Bakkavík	Bolungarvík			6,8	16	Y
Hraðfrystihúsið Gunnvör	Hnífsdal			7,3	13	G
Miðfell	Ísafjörður			8,0	18	G
Sindrabergr	Ísafjörður			7,7	10	G
Hraðfrystihúsið Gunnvör	Súðavík			9,0	6	G
S. Ágústsson	Stykkishólmur	7,1	21	7,1	21	G
Kútmagakot	Vestmannaeyjar			8,3	12,5	G
Godthaab í Nöf	Vestmannaeyjar			8,9	10,6	G
Hlíðardalur	Vestmanneyjar			7,9	13	G
Skinney-Pinganes	Hornafjörður	7,2	20	7,2	18	
Silfurstjarnan	Öxarfjörður			9,5		G

Klofningur	Suðureyri	7,2
------------	-----------	-----

Tafla 5. **Sýrustig Vestmannaeyjar (Navision)**

<b>Sýnatökustaður</b>	<b>pH</b>
Fiskmark. Vest	8,2
Vinnslustöðin	8,3
Kinn ehf	8,3
Ísfélag Vestmannaeyja	8,2
Björg VE-Vatnstankur	8,5
Narfi ehf	8,4
Ós ehf - sjór	8,0
Hlíðardalur ehf	8,3

Tafla 6. **pH skip**

<b>Skip</b>	<b>pH</b>
Arnar H4 - 1	6,4
Vestmannaeyjar VE	8,1