

**Sp. 535. Tillaga til þingsályktunar [278. mál]**

um kynningu á líftækni.

Flm.: Guðmundur Einarsson.

Alþingi ályktar að fela ríkisstjórninni að skipa sjö manna nefnd til að annast kynningu á aðferðum og möguleikum líftækni. Iðnaðarráðherra skal skipa formann nefndarinnar án tilnefningar. Aðrir nefndarmenn skulu skipaðir samkvæmt tilnefningu frá eftirtöldum aðilum:

- 1) Alþýðusambandi Íslands.
- 2) Háskóla Íslands.
- 3) Rannsóknaráði ríkisins.
- 4) Sambandi íslenskra sveitarfélaga.
- 5) Tækniskóla Íslands.
- 6) Vinnuveitendasambandi Íslands.

Nefndin skal ljúka störfum innan eins árs frá skipun hennar. Kostnaður vegna nefndarinnar greiðist úr ríkissjóði.

**Greinargerð.**

Líftækni er vaxandi framleiðsluvið á Vesturlöndum. Að mati kunnáttumanna munu aðferðir líftækninnar hasla sér völl í fjölmörgum greinum, s.s. matvælaframleiðslu, eldsneytisvinnslu, eyðingu úrgangs, umhverfisvernd, efnaiðnaði o.fl. Ýmsir telja að líftæknin muni valda byltingu á þessum sviðum og verða einkennandi fyrir atvinnurekstur 21. aldarinnar.

Á vegum Rannsóknaráðs ríkisins hefur tekið til starfa stór hópur vísindamanna sem mun gera tillögur um mótun framtíðarstefnu í líftækni. Störf þess hóps munu óumflýjanlega taka nokkurn tíma. Líftæknin er nú þegar stórtækur þáttur í atvinnulífi Vesturlanda og fyrirsjáanleg staðreynd í atvinnulífi okkar.

Það er löngu tímabært að hefja kynningu á grundvallaraðferðum og möguleikum líftækninnar. Sú kynning þarf að fara fram meðal almennings, skólamanna, sveitarstjórnarmanna, verkafólks og atvinnurekenda.

Nú fara fram í þjóðfélaginu miklar umræður um nýsköpun íslensks atvinnulífs. Það er nauðsynlegt að líftæknin tengist þeirri umræðu með þeirri þekkingu sem þegar er fyrir hendi. Framtíðarhlutverk líftækninnar, fjölbreytileiki aðferða hennar og hráefna og möguleikar til starfrækslu smárra jafnt sem stórra eininga, gera hana að girnilegasta kosti okkar í dag. Fjöldi atvinnurekenda og framtakssams athafnafólks vill kynnast framtíðarsýn þessara nýju hugmynda.

Íslendingar hafa oft nagað sig í handarbökin vegna sofandaháttar og þunglamalegra viðbragða í síbreytilegri samtíð sinni. Við höfum **nú þegar** næga þekkingu til að hefja almenna kynningu meðal lærðra og leikra. Hver ársfjórðungur sem þjóðin lifir við skert líf skjör er henni dýr og verður ekki bættur. Hér er lagt til að nefndin láti semja fræðsluefni

um líftækni, t.d. greinargóðan bækling, myndbönd og blaðagreinar. Þessum upplýsingum ætti síðan að dreifa sem víðast m.a. til:

- a) skóla
- b) verkalyðsfélaga
- c) fyrirtækja, t.d. í landbúnaði, sjávarútvegi, matvælaíðnaði, mjólkuriðnaði, efnaiðnaði o.þ.h.
- d) sveitarstjórna.

Einnig væri eðlilegt að skipuleggja fræðsluerindi og fundi í tengslum við þessa kynningu.

Lagt er til að nefndarmenn fái laun samkv. reglum um nefndarstörf hjá hinu opinbera. Nefndinni verði heimilað að kaupa ráðgjöf og aðstoð, sem svarar einu ársverki samkvæmt launaflokki BHM. (115). Kostnaður nefndarinnar, s.s. vegna launa nefndarmanna, aðstoðarfólks og ráðgjafa, vegna prentunar og dreifingar bæklinga og kynningarfunda o.þ.h. skal greiðast úr ríkissjóði.

Lagt er til að nefndin miði störf sín við eftirfarandi tímabil **frá skipunardegi**.

- a) **1.—2. mánuður.** Drög að kynningarstarfinu samin og kynnt iðnaðarráðuneyti og atvinnumálanefnd sameinaðs þings.
- b) **3.—6. mánuður.** Kynningargögn samin og framleidd og fundir skipulagðir með félagasamtökum og í einstökum byggðarlögum.
- c) **7.—12. mánuður.** Kynningarstarf samkv. framansögðu. Áhersla skal lögð á að hvetja fólk til fyrirspurna og safna hugmyndum.

Í lok þessa 12 mánaða tímabils skal nefndin skila skýrslu um starfsemi sína til iðnaðarráðuneytis, atvinnumálanefndar sameinaðs þings og þeirra aðila sem tilnefndu fulltrúa í nefndina.

Nefndin skal skila öðrum gögnum sínum til Rannsóknaráðs ríkisins sem skal annast vörslu þeirra og frekari dreifingu ef óskað er.

## Fylgiskjal I.

RAUNVÍSINDASTOFNUN HÁSKÓLANS  
Reykjavík, 26. jan. 1984.

### **Dr. Jón Bragi Bjarnason dósent í lífefnafræði við Háskóla Íslands: GREINARGERÐ UM LÍFEFNATÆKNI.**

Ég sendi yður hér með stutta greinargerð um lífefnatækni til kynningar og upplýsingar. Hér er um aðferðafræði og atvinnugreinar að ræða sem byggja að hluta til á nýtingu úrgangs frá fiskvinnslu og sláturhúsum, auk þess sem þær bjóða upp á víðtæka möguleika í iðnaði og þjónustu. Framfarir á þessu sviði gætu skipt sköpum í íslenskri atvinnuuppbyggingu næstu ára og áratuga. Vert er að hyggja að þessum málum strax með öflugri rannsóknarstarfi og menntun ungs fólks á viðeigandi sviðum, en umfangsmiklar rannsóknir eru forsenda þess að unnt verði að kanna grundvöll fyrir framleiðslu og notkun lífefna á Íslandi.

Virðingarfyllst,  
Jón Bragi Bjarnason.

### **Inngangur.**

Lífefnatækni má skilgreina sem þá aðferðafræði sem notar lífverur eða kerfi og aðferðir lífheimsins til lausnar á viðfangsefnum í framleiðslu- og þjónustugreinum. Hér er fyrst og

fremst átt við notkun lífhvata (ensíma), ýmist hreinsaðra eða lífverubundinna, til þess að hvetja efnahvörf sem annars mundu aðeins gerast með aðstoð dýrra og mengandi miðla.

Lífefnatækni er ekki að öllu leyti ný af nálinni. Aðferðir hennar hafa verið notaðar frá fornu fari. Þar má nefna matvælaframleiðslu af mörgum toga, svo sem osta- og jóгурtgerð, öl- og víngerð og ýmislegt fleira. En þau svið lífefnatækninnar, sem talin eru mikilvægust í nútíð og framtíð, eru ensímtækni, þ. e. einangrun og notkun hreinna lífhvata, og genatækni, þ. e. flutningur erfðaefnis milli lífvera. Sem dæmi má nefna ensímframleiðslu fyrir iðnað, heilsugæslu og rannsóknarstarfsemi og framleiðslu insúlíns og interferons með erfða-breyttum örverum.

Staða ensímiðnaðar árið 1981 var á þann veg að framleiðslan var um 65 000 tonn að verðmæti um 400 milljónir bandaríkjadala. Spáð er aukningu í 75 000 tonn að verðmæti 600 milljónir dala fyrir árið 1985. Ensímiðnaður er ung en ört vaxandi iðngrein þar sem um 25 fyrirtæki sjá um nær alla heimsframleiðsluna, en sex þeirra eru langtum stærst. Meðal vestrænna þjóða eru þær þjóðir, sem stunda mikinn matvælaútflutning, stærstu ensímframleiðendurnir, t. d. Danir með tæplega helming framleiðslunnar og Hollendingar með um fimmtung. Skýringin á þessu kann að vera tengd nauðsyn matvælaútflutningsþjóðanna til þess að gera sem mest verðmæti úr hráefninu, en mörg ensímanna eru einmitt úr matvælaúrgangi. Slíkt er vitanlega lærdómsríkt fyrir okkur Íslendinga, ekki síst á tímum minnkandi hráefnis fyrir okkar mikilvæga matvælaíðnað, fiskiðnaðinn. Af ensímframleiðslunni 1981 voru 59% próteinkljúfandi ensím, 28% kolhydratakljúfandi ensím, 3% fitukljúfandi ensím en 10% annað.

Samkvæmt skýrslu sænska verkfræðingafélagsins var heildarvelta lífefnatæknimarkaðarins 25 milljarðar bandaríkjadala árið 1980 og er þar spáð rúmlega þúsundfaldri aukningu til ársins 1990. Ólíklegt verður að teljast að aukningin verði svo ör, en engu síður er vist að hún verður mjög ör og miklu örrari en á flestum ef ekki öllum öðrum sviðum.

Þær greinar, sem hafa orðið fyrir eða munu líklega verða fyrir áhrifum lífefnatækninnar, eru matvælaíðnaður, fóðuriðnaður, olíuiðnaður, annar orkuiðnaður, nýting úrgangs og endurvinnsla, mengunarvarnir, lyfjaiðnaður og heilsugæsla. Á alþjóðavettvangi eru jafnmiklar vonir bundnar lífefnatækni og hinni svonefndu rafeinda- og örtölvubyltingu. Breska tímaritið Economist spáir því að iðnaður leiddur af þessari tækni muni setja svip sinn á atvinnulíf næstu aldar í jafnríkum mæli og iðnaður, sem leiddur er af eðlisfræði og efnafræði (stóriðja og efnaíðnaður), hefur sett á atvinnulíf tuttugustu aldarinnar.

### **Þróun lífefnatækni á Íslandi.**

Umfjöllun um lífefnatækni hefur verið afar lítil á Íslandi. Þó eru margar atvinnugreinar hér á landi sem starfa á sviði hefðbundinnar lífefnatækni eða nýta afurðir og aðferðir lífefnatækninnar. Þetta eru atvinnugreinar eins og mjólkuriðnaður, ölgerð, sýtun, brauðgerð, sælgætisgerð og fleiri. Þó eru hinar trúlega fleiri sem gætu og ættu að nýta þessa tækni. Er þar fyrst að nefna fiskiðnað, landbúnað, orkuiðnað og lyfjaiðnað. Á þessum sviðum eru möguleikar miklir og margvíslegir.

Í október 1973 skipaði þáverandi iðnaðarráðherra nefnd til þess að fjalla um lyfja- og lífefnavinnslu. Dr. Sigmundur Guðbjarnason prófessor var formaður nefndarinnar. Nefndin skilaði álit í maí 1974. Þar segir m. a. að nefndin telji að lífefnaíðnaður eigi almennt mjög bjarta framtíð og muni búa við ört vaxandi markaði á næstu áratugum. Nefndin benti á að mikið væri til af innlendu hráefni fyrir lífefnaíðnað og vísaði þar einkum til úrgangsefna í sjávarútvegi og landbúnaði. En nefndin tók einnig fram að umfangsmiklar rannsóknir væru forsenda þess að unnt væri að kanna grundvöll fyrir framleiðslu lífefna og að nauðsynlegt væri að ráða hæfa starfsmenn til þess að sinna þessum rannsóknum. Spár og niðurstöður nefndarinnar hafa reynst réttar að því er best verður séð, en hins vegar hefur rannsóknum

lítt verið sinnt. Þá hafa opinberir aðilar ekki markað neina stefnu í þessum málum, né heldur heitið stuðningi við rannsóknir á sviði lífefnatækni, með þeim alvarlegu afleiðingum að ungt fólk aflar sér síður menntunar á þessu sviði, en þekking og kunnátta er undirstaða þessarar tækni sem og annarrar háþróaðrar tækni.

Hinn 4. maí 1982 samþykkti Alþingi svohljóðandi þingsályktun um innlendan lífefna-  
iðnað:

„Alþingi ályktar að fela ríkisstjórninni að kanna hvort hagkvæmt sé að koma á fót innlendum lífefnaiðnaði“.

Ítarleg greinargerð fylgdi tillögunni. Ekki virðist nein hreyfing hafa komist á málið við þetta.

Í skýrslu Rannsóknaráðs ríkisins, „Rannsóknir og þróunarstarfsemi í þágu atvinnuveganna. Langtímaáætlun 1982—1987“, segir um verkefnaval fyrir langtímaverkefni m. a. eftirfarandi:

„Því er nauðsynlegt að unnið verði markvissara en verið hefur að öflun færni á ýmsum sviðum, sem þörf er fyrir í framtíðinni. Af þeim tæknisviðum, sem líkleg eru til að verða mikilvæg, má m. a. nefna: Raf- og rafeindatækni, tölvu- og upplýsingatækni, orkunýtingar-  
tækni, lífefnatækni, vatns- og sjávareldistækni og fóður- og matvælatækni.“

Ljóst er af skýrslunni að ofangreindum sviðum er fundinn samastaður a. m. k. að einhverju leyti í Rannsóknastofnunum atvinnuveganna, nema lífefnatækni þar sem hvergi er aðstaða í mannafla og tækjum til slíkra rannsókna. Hins vegar eru forsendur nokkuð góðar til rannsókna á sviði lífefnatækni við ýmsar stofnanir Háskóla Íslands, svo sem við Raunvísindastofnun, Líffræðistofnun, Verkfræðistofnun og Tilraunastöðina að Keldum. Á það er einnig bent í skýrslu Rannsóknaráðs að rannsóknir í þágu úrvinnslugreina gætu í verulegum mæli farið fram innan Háskólans. Hins vegar skortir fjárveitingu til þess að ráða rannsóknarfólk til starfans. Að öðru leyti er flest til reiðu að hefja öflugt rannsóknarstarf á sviði lífefnatækni. Á næstu missirum hyggst Rannsóknaráð beita sér fyrir könnun á lífefnatækni með það fyrir augum að gera tillögur að stefnumótun og er það vel. Það er hins vegar ljóst að rannsóknarviðleitnina verður að styðja nú þegar.

#### **Lífefnatæknirannsóknir á Raunvísindastofnun.**

Á efnafræðistofu Raunvísindastofnunar hafa á undanförunum árum farið fram athuganir á möguleikum ýmissa þátta lífefnatækninnar á Íslandi. Rannsóknir hafa hingað til farið fram með aðstoð lausráðins fólks og hefur í því sambandi komið til aðstoð ýmissa aðila, svo sem Vísindasjóðs, Framleiðsluráðs landbúnaðarins, Fiskimálasjóðs og Rannsóknasjóðs Háskólans. Hafa þessar rannsóknir fyrst og fremst miðað að því að athuga það hráefni sem fellur til hér á landi, sérstaklega í landbúnaði og sjávarútvegi og að kanna vinnsluáferðir sem falla best að þessu hráefni og aðstæðum innanlands. Í öðru lagi hafa þær miðað að því að rannsaka þá framleiðsluvöru sem úr hráefninu fæst, sérstaklega ef um hráefni frá sjávarútvegi er að ræða. Þá hafa einnig verið athugaðir möguleikar á beitingu nýrra aðferða lífefnatækninnar við hefðbundna atvinnuvegi innlenda, svo sem við fiskvinnslu, mjólkuriðnað og fleiri. Nokkur dæmi um athuganir okkar og niðurstöður fara hér á eftir.

Mikið er af lyfjaefninu heparin í sauðfjárgörnum og er það auðvinnanlegt eftir aðferð sem hönnuð var á Raunvísindastofnun. Þrjár skýrslur liggja fyrir um vinnslu heparins og höfum við þar með lokið rannsóknum á því sviði.

Vinnsla lífhvata úr fiskúrgangi hefur verið til athugunar um nokkurt skeið. Hefur í því sambandi mest áhersla verið lögð á vinnslu próteinkljúfandi lífhvata úr skúfum og görnum þorsks. Nú liggur fyrir aðferð til þess að vinna grófhreinsaða ensímlöndu úr þessu hráefni sem nota má í ýmsan iðnað, en mikil vinna er framundan við fullhreinun ýmissa ensíma í

blöndunni. Fullhreinsuð ensím eru edlilega verðmætari en hálfhreinsaðar ensímblöndur. Undanfarið hafa þessar rannsóknir legið niðri vegna fjárskorts.

Á undanfögnu ári hafa rannsóknir á verkun saltsíldar farið fram á Raunvísindastofnun og miða þær að því að skilja feril verkunarinnar. Fyrsta áfanga þessara rannsókna er nú senn lokið og bendir margt til þess að verkun saltsíldar verði fyrst og fremst fyrir tilstilli próteinkljúfandi ensíma úr meltingarvegi síldarinnar. Ef það reynist rétt opnast ýmsir athyglisverðir möguleikar á síldarverkun með ensímum úr síld eða þorski.

### **Framtíðarmöguleikar lífefnatækni á Íslandi.**

Möguleikar lífefnatækninnar á Íslandi eru fjölmargir og fer fjöldi þeirra fyrst og fremst eftir hugmyndaauðgi og kunnáttu fróðra manna. Því má segja að möguleikarnir séu óteljandi og þess vegna ekki vettvangur hér til þess að tína þá alla til. Þó skal þess freistað að nefna nokkur dæmi.

#### **1. Vinnsla lífefna.**

Heparin og lífhvatar úr sauðfjárgörnum.  
Lífhvatar úr fiskúrgangi.  
Lífhvatar og hormón úr sláturúrgangi.  
Fiskafóður úr loðnumjöli.  
Lífhvatar úr hitaþolnum hveraörverum.  
Lyfjaefni úr blóðvökva blóðgjafa.  
Örverufóður úr slógmeltu og mysu.

#### **2. Ný notkun lífefna.**

Síldarverkun með lífhvötum.  
Sætefni úr mysu með lífhvötum.  
Roðfletting síldar með lífhvötum.  
Ostagerð með lífhvötum úr þorski.

Hér eru aðeins nokkur dæmi tiltekin sem gætu skilað verðmætum upp á nokkur þúsund milljónir króna árlega. En það er deginum ljósara að ekkert þessara dæma verður að veruleika, né heldur lífefnaíðnaður yfirleitt, án kostnaðarsamra rannsókna og innlendrar þekkingaröflunar.

### **Lokaorð.**

Eins og fyrr greindi er helsti þrándur í götu þróunar lífefnatækninnar á Íslandi áhugaleysi og skortur á rannsóknarviðleitni. Áhugaleysi fjárveitingavaldsins og forustumanna atvinnuveganna stafar fyrst og fremst af edlilegum þekkingarskort, en máttleysi rannsóknarstarfsmanna af andvaraleysi stjórnámálanna og forsvarsmanna rannsóknastofnana. Hinn auðfengni afli undanfarinna ára og áratuga hefur auðvitað haft slævandi áhrif á viðleitni til nýjunga, en það er lífsnauðsyn að nýta betur innlent hráefni, einkum þegar skortur er á því. Hér er um háþróaðan iðnað að ræða sem ekki er mannfreckur en skilar miklu í aðra hönd, og það er sú tegund atvinnustarfsemi sem mannfá neyslufrek þjóð þarf á að halda.

Ef til vill getur könnun Rannsóknaráðs haft veruleg áhrif til að auka áhuga manna á lífefnatækni, en ljóst er þó að meginviðurstöður hennar verða á sama veg og könnunar iðnaðarráðuneytisins fyrrum, þ. e. að lífefnatækni lofar góðu en að rannsókna sé jafnframt þörf. Það þarf því að fylgja fast eftir með öflugu rannsóknarstarfi.

Þegar er fyrir hendi vísir að rannsóknum á sviði lífefnatækni við Háskóla Íslands. Þennan vísir verður að styrkja og efla nú þegar svo unnt verði að viðhalda þeirri þekkingu og reynslu sem búið er að byggja upp og samfelldni nái að haldast í þessum rannsóknum. Ekki er fært að bíða eftir niðurstöðum könnunar Rannsóknaráðs og tilvonandi jákvæðum viðbrögðum.

## Fylgiskjal II.

Grímur Valdimarsson örverufræðingur, deildarstjóri  
hjá Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins.

### Efna- og fódurvinnsla úr örverum

Erindi flutt á ráðstefnu Verkfræðingafélags Íslands 2.—3. apríl 1982.

(Tímarit Verkfræðingafélags Íslands 1982:6.)

Í hugum margra er efna- og fódurvinnsla úr örverum nokkuð sem heyrir framtíðinni til. Þetta er misskilningur. Afurðir örveranna hafa nú þegar verulega efnahagslega þýðingu í mörgum löndum. Söluverðmæti örveruafurða hefur á síðustu árum numið tugum milljarða dala á ári í Bandaríkjunum einum saman.

Hér verður fjallað um örverurnar á breiðum grundvelli, með það fyrir augum, að gefa nokkurt yfirlit yfir stöðu þessara mála.

#### ALMENT UM ÖRVERUR OG AFURÐIR ÞEIRRA

Gerlar (= bakteríur), gersveppir og myglusveppir teljast til lífríkis örvera ásamt smásæjum þörungum, frumdýrum og yeirum. Þessar lífverur hafa það sameiginlegt að þær eru einfrumungar, eða lítt sérhæfðir fjölfrumungar, sem eru ósýnilegir með berum augum og fjölgar aðallega á kynlausan hátt.

Næringu taka örverurnar inn um yfirborðið og úrgangsefnin eru skilin út sömu leið. Vegna smæðar sinnar er yfirborð þeirra miðað við rúmmál mjög mikið. Þetta gerir þeim kleift að taka upp mjög mikið magn næringarefna á skömmum tíma, og vaxa þ.a.l. geysihratt. Við hagstæð skilyrði geta hraðvöxnustu gerlar tímgað á 10 mín. fresti. Þetta leiðir til þess að próteinmyndun örveranna er margfalt hraðari en t.d. við framleiðslu sojabauanapróteins eða nautakjöts.

Vart er til það umhverfi á jarðri sem einhverjar örverur lifa ekki vel í. Þær vaxa frá hitastigi undir frostmarki og upp að suðumarki, í eimudu vatni, í mettuðum saltlausnum, í sterkum sýrum og bösum. Það náttúrulega efni er torfundid sem einhverjar örverur geta ekki unnið á. Auk þess eru þær sérlega færar um að fullnægja næringarþörf sinni með fábreyttum kosti. Úr einföld-

ustu kolefnis- og orkugjöfum geta þær sjálfar framleitt öll þau efni sem þær þurfa til vaxtar og viðhalds, t.d. aminósýrur og vítamín. Að þessu leyti standa þær mun betur að vígi en margar æðri lífverur, sem þurfa að fá mörg þessara efna tilbúin í fæðunni. Þess vegna eru hráefnin til framleiðslu örveruafurða yfirleitt mjög ódýr, jafnvel þegar vinna á verðmæt efni.

Talið er að hver örverufruma hafi að geyma a.m.k. 100.000 mismunandi ensím (efnahvata), sem hvert um sig getur framkvæmt ákveðna efnabreytingu. Örverufruman er því í raun geysiflókin efnaverksmiðja, þar sem úir og grúir af ensínum og margs konar efnasamböndum eins og lífrænum sýrum, alkóhólum og vítamínum.

Fruman býr yfir fullkomnu stjórnunarkerfi, sem örvar eða hemur hin ýmsu efnahvörf eftir þörfum. Með því að grípa inn í þetta stjórnkerfi er hægt að fá frumuna til að framleiða gnótt þeirra efna sem óskað er eftir. Á undanförunum árum hafa orðið geysiorar framfarir í því að beita erfðarfræðilegum aðferðum í þessu skyni, t.d. með vali á stökkbreyttum afbrigðum, með flutningi gena milli örverustofna, og með margföldun gena, en hvert gen hefur að geyma nákvæma forskrift fyrir byggingu ákveðins próteins. Sú grein erfðarfræðinnar sem fæst við að breyta erfðaeiginleikum lífvera í því skyni að nýta þær til framleiðslu verðmætra efna hefur verið nefnd erfðaverkfræði. Með þessum aðferðum hefur tekist að auka framleiðslugetu örverustofna á ævintýrilegan hátt. Til dæmis framleiða iðnaðarstofnar af *Penicillium* myglusveppum 10.000 falt magn penicillins miðað við náttúrulega stofna. Við framleiðslu á cobalamíni (B<sub>12</sub> vítamíni) er notaður gerlastofn sem framleiðir 50.000 falt eðlilegt magn sitt af þessu vítamíni, og þannig mætti lengi telja.

Þá er hægt að hafa áhrif á framleiðsluhætti örveranna með því að

*Grímur Valdimarsson lauk BS prófi frá Háskóla Íslands 1973, PhD. í örverufræði við University of Strathclyde, Glasgow 1977. Örverufræðingur við Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins 1977, deildarstjóri frá 1978. Stundakennari í matvælaörverufræði við Háskóla Íslands 1978—1982.*

stjórna fódruninni, t.d. með því að svelta þær á einstökum næringarefnum. Þannig er hægt að fá myglusveppinn *Aspergillus niger* til að framleiða sitrónusýru úr glúkósa með u.þ.b. 70% nýtingu.

Flestir þekkja hefðbundna notkun örvera við framleiðslu matvæla og áfengra drykkja. Nægir þar að minna á mjólkurafurðirnar skyr, osta og jógúrt, bruggun víns og notkun lifandi gers við brauðgerð.

Verður ekki fjallað meira um þessar afurðir hér, en áhersla lögð á þær framleiðslugreinar, sem eru minna þekktar, en kunna að valda byltingu í framleiðslugreinum næstu áratuga og hafa ýmsa snertifleti við landbúnað, sjávarútveg, iðnað og fleiri greinar. Þar er annars vegar um að ræða framleiðslu ýmissa efnasambanda, sem örverurnar skilja út í umhverfi sitt við vöxt og hins vegar ræktun örveranna (single cell protein, SCP) til matar eða fódurs.

#### EFNAVINNSLA MED ÖRVERUM

Því fer fjarri, að efnaframleiðsla úr örverum sé ný af nálinni. Í fyrri heimsstyrjöldinni framleiddu Þjóðverjar 1000 tonn af glyseróli á mánuði til sprengjuefnagerðar, þegar þrengdist um hjá þeim með aðflutninga. Framleiðslan byggdist á þeirri uppgötvun, að bisulfite breytir venjulegri gerjun á alkóhóli yfir í glycerol.

Talið er, að nú sé hægt að framleiða u.þ.b. 200 eftirsótt efni með örveru-

fræðilegum aðferðum, þótt einungis lítill hluti þeirra sé framleiddur með þeim hætti í stórum stíl.

**Ensim.** Þótt ensím séu bæði unnin úr plöntu- og dýravefjum, þá er yfirleitt langóðyrast að framleiða þau með örverum, sé þess kostur. Í dag eru það einkum þrjár flokkar örveruensíma sem framleiddir eru í verulegu magni.

(a) Próteasar til niðurbrots á próteínum. Þessi ensím eru einkum notuð sem hjálparefni í þvottaefni, meyrnunarefni í kjömeti og til að auka á meltanleika dýrafóðurs.

(b) Sykruensím. Hér er einkum um þrjú ensím að ræða,  $\alpha$ -amylasa, glucamylasa og glucose isomerasa. Hvert þeirra hvetur ákveðna efnabreytingu við vinnslu ávaxtasykurs (fructose) úr mjólva. Hefur þessi tækni þegar valdið byltingu í sykuríðnaðinum. Heimsframleiðslan á ávaxtasykri með þessum hætti úr korni, nemur nú meira en tveim milljónum tonna á ári, og fer ört vaxandi. Þessi sykur kemur í stað matarsykurs (sucrose) í ýmsum matvælum, en hefur átt mestum vinsældum að fagna í gosdrykkjaiðnaðinum.

(c) Rennin. Þetta ensím er notað sem hleypir við ostagerð. Framleiðslumagn-

ið er ekki mikið í tonnum, en verðmætið þvi meira, sbr. töflu 1.

**TAFLA 1.**  
Framleiðslumagn og verðmæti helstu iðnaðarensíma sem framleidd eru úr örverum.

Ensim	Árleg heims- framleiðsla (tonn)	Verðmæti (millj. dala)
Protease	530	66
Glucamylase	350	36
X-Amylase	320	12
Glucose isomerase	70	56
Rennin	26	64

Scientific American, Sept., 1981.

**Liffrænar sýrur.** Af liffrænum sýrum er lang mest framleitt af glutarsýru (glutamic acid), en Na-salt, hennar er m.a. notað í matvælaíðnaði sem bragðaukandi efni. Á Íslandi hefur þetta efni hlotið nafnið „þriðja kryddið“. Af öðrum mikilvægum sýrum má nefna sitrónusýru og aminósýruna lysíne.

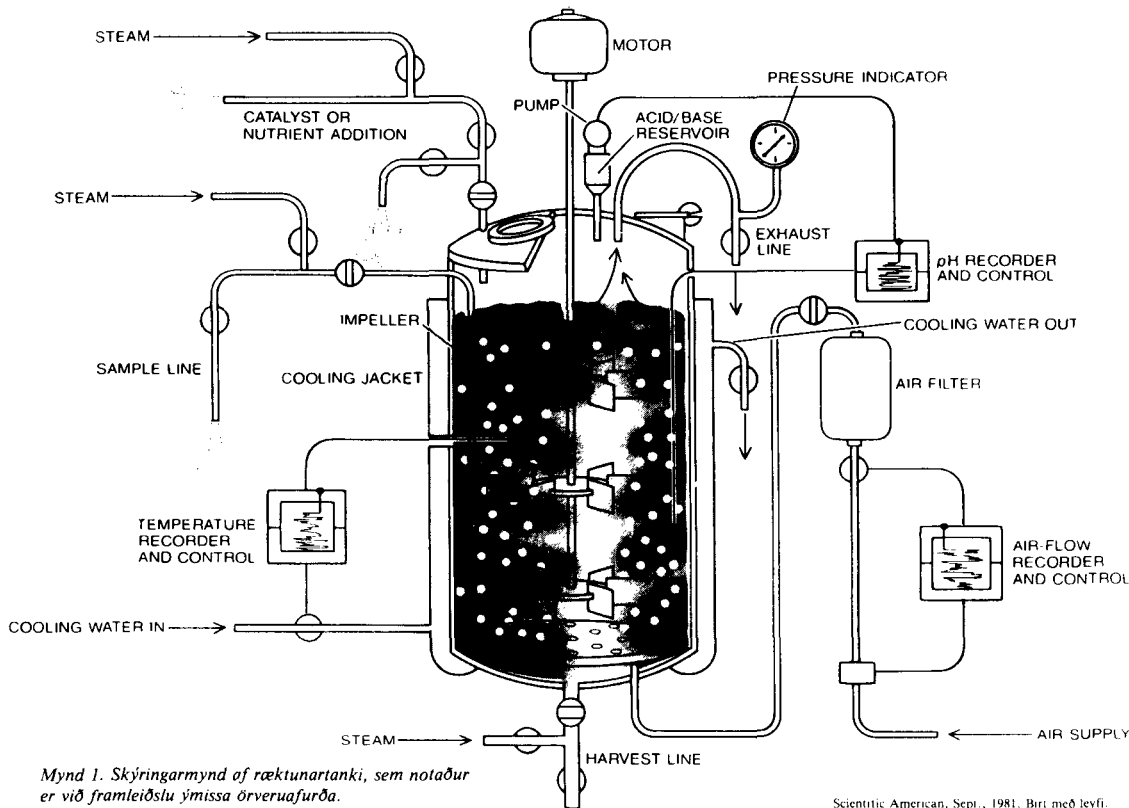
Átta (8) hinna 20 aminósýra, sem eru byggingareiningar próteinanna, eru svo nefndar lífsnauðsynlegar aminósýrur, þvi þær verða að vera í nægjanlegu magni í fæðu aðri lífvera. Sérstaka

þýðingu í þessu tilliti hafa aminósýrurnar lysíne og methioníne, þvi þær eru af skornum skammti í fæðu úr jurta-rikinu. Þvi er hægt að auka næringargildi t.d. korns með viðbót þessara efna. Um 80% af lysíni í heiminum er nú framleitt með örverum. Hins vegar hefur ekki ennþá tekist að framleiða methioníne með þessum hætti þrátt fyrir verulegar rannsóknir, en árleg notkun methioníns í heiminum nemur 105.000 tonnum. Talið er, að þess verði ekki langt að biða að hagkvæmt verði að framleiða iðnaðareðiksýru með gerjun, en í Bandaríkjunum er árleg notkun 1.430.000 tonn.

**TAFLA 2**  
Framleiðslumagn og verðmæti helstu liffrænna sýra sem framleiddar eru með örverum

Sýra	Árleg heims- framleiðsla (þús. tonn)	Verðmæti (milljónir dala)
Glutarsýra	300	1.080
Lysíne	40	206
Sitrónusýra	175	—

Scientific American, Sept. 1981.

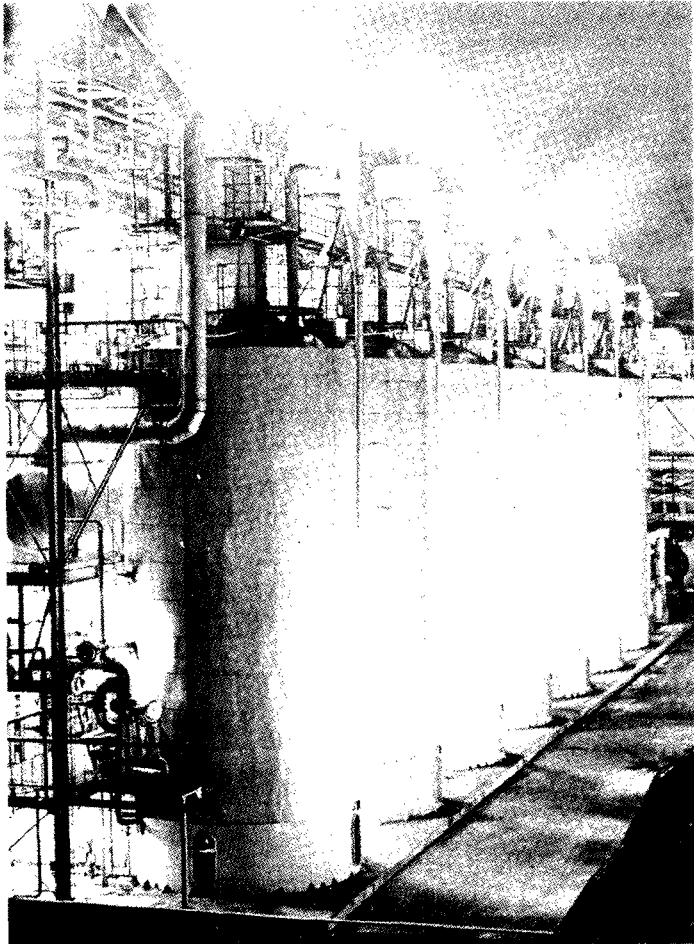


Mynd 1. Skýringarmynd af ræktunartanki, sem notaður er við framleiðslu ýmissa örveruafurða.

Scientific American, Sept., 1981. Birj. með leyfi.

**Alkóhól.** Í Bandaríkjunum eru árlega framleidd rúmlega 600.000 tonn af ethanolu, og eru þá áfeng drykkjarföng ekki meðtalin. Ethanol er mjög mikilvægt hráefni í efnaiðnaði auk þess að vera mikið notað sem leysiefni. Mest af ethanolinu er ennþá framleitt úr olíu með efnafræðilegum aðferðum, en gerjun úr sykurgangi eða mjólva er að verða æ hagkvæmari. Til dæmis hefur Brasilíumönnum orðið verulega ágengt í því að nota ethanol sem orkugjafa í stað olíu. Upp úr 1990 ráðgera þeir að fullnægja eldsneytisþörf sinni algjörlega með ethanolu, sem gerjað er úr korni.

Upp úr aldamótunum var fundin aðferð til að vinna n-butanol úr mjólva eða sykri með *Clostridium* gerli. Úr þessari gerjun fæst einnig acetone sem aukaafurð, og færðu menn sér það í nyt í fyrri heimsstyrjöldinni til sprengiefna-gerðar.



Scientific American, Sept., 1981. Birt með leyfi.

Mynd 2. Gerjunartankar til framleiðslu á glútarýru og lysini.

Í dag er mest af n-butanolu í heiminu framleitt úr olíu, en í kjölfar alþjóðlega oliubannsins á S-Afríku var hafin þar í landi framleiðsla á butanolu með gerjun. Mjög mun vera mjótt á mununum nú um hvor framleiðsluaðferðin sé hagkvæmari.

Það sem helst stendur frekari efnavinnslu með örverum fyrir þrifum er takmarkað framboð á ódýrum, kolvetnaríkum hráefnum. Takist hins vegar að finna hagkvæmar leiðir til að nýta trjávið sem hráefni til gerjunar, breytist dæmið verulega. Viða er ótullega unnið að slíkum rannsóknum. Um þessar mundir beinast rannsóknirnar einkum að því að breyta gerlinum *Zymomonas* þannig, að hann geti gerjað sellulósa, sem er glúkósa fjölliða. Þá eru vonir bundnar við að geta unnið ethanol úr xylan hluta viðarins með því að breyta xylan fjölliðunni (pentósa sykur) yfir í

xylulose, sem síðan má gerja með gersveppi.

**Lyf og önnur lífefni.** Best þekktu örveruafurðirnar eru vafalítið fúkalýfin, en framleiðsla þeirra hófst fyrir alvöru upp úr 1941. Árið 1979 voru framleidd í Bandaríkjunum fúkalýf að jafnvirði 1.000.000.000 dala. Þá nam sala á vítamínum framleiddum með örverum 133.000.000 dólum.

Á undanföllum árum hafa erfðafræðingar fundið leiðir til að flytja gen úr frumum æðri lífvera yfir í örverur. Þetta þýðir, að hægt er að láta t.d. gerla framleiða efni sem þeim eru ekki eiginleg. Best þekkt dæmið um þetta er hið víðfræga interferon, sem talið er geta komið að gagni við lækningu veirusjúkdóma og krabbameina. Nú þegar er til stofn af gerlinum *Escherichia coli* sem framleiðir svipað magn af interferoni í einum lítra ræktunarætis, og vinna verður úr meira en 1000 lítrum af mannablóði. Á hliðstæðan hátt hefur verið hafin framleiðsla á insúlíni með *E. coli* gerli, en til þessa hafa sykursjúkir orðið að notast við insúlín úr svínunum og nautgripum. Úr 200 lítra rækt er hægt að vinna svipað magn af insúlíni og fæst úr 800 kg af briskirtlum.

Einnig hafa örverur verið notaðar til að breyta byggingu lífefna. Þannig tókst að einfalda efnafræðilega framleiðslu á hormóninu cortison, með því að láta myglusvepp oxa ákveðinn stað á steroíð grindinni. Með þessu móti tókst að lækka framleiðslukostnað á cortisoni úr 200 dólum/g niður í 6 dali/g.

#### ÖRVERUR NÝTTAR BEINT TIL MATAR EÐA FÖÐURS

Um langt skeið hafa menn gert tilraunir með að nýta örverur beint til matar eða til föðurs fyrir sláturdýr, en örverumassi er einkar próteinauðugur.

Í fyrri heimsstyrjöldinni voru í Þýskalandi þróaðar aðferðir til að rækta gersveppinn *Saccaromyces cerevisiae* í stórum stíl. Var sveppmassinn einkum notaður til blöndunar í súpur og pylsur. Þessi gersveppur er sömu tegundar og sá, sem er notaður við vingerjun og við brauðgerð.

Í síðari heimsstyrjöldinni reistu Þjóðverjar sérstakar verksmíðjur til ræktunar á gersveppamassa, en í þetta skipti notuðu þeir aðra tegund gersvepps, *Candida utilis*, og þótti sá mun betri, enda nefndur „matarsveppurinn“. Upp úr 1950 vaknaði áhugi á því að framleiða próteinauðug matvæli í stórum stíl með þessum hætti fyrir þróunarlöndin. Fundist hafði gersveppurinn *Candida*



*lipolytica*, sem hefur mjög svipaða eiginleika og matarsveppurinn, nema hvað hægt er að rækta hann á alkóhólum, sem unnin eru úr jarðolíu. Sáumenn fram á, að hægt væri að framleiða mun ódýrari gersveppamassa úr olíu en með því að nota korn eða sykurgang sem næringaræti.

Oliufélög víða um heim sýndu þessu máli mikinn áhuga, en einkum þó British Petroleum. Lét félagið m.a. byggja stóra og fullkomna verksmiðju á eyjunni Sardiníu. Átti gersveppaafurðin að seljast undir heitinu „Toprina“. Verksmiðjan var þó aldrei starfrækt einkum vegna oliuverðhækkana, sem gerðu sojabauanamjöl og fiskmjöl mun samkeppnisfærara en áður. Í kjölfarið lögðu önnur fyrirtæki hliðstæðar áætlanir á hilluna.

Í Sovétríkjunum, þar sem markaðsöflin ráða ekki ferðinni, munu hins vegar vera starfræktar 86 verksmiðjur, sem framleiða örverupróteín, og nota a.m.k. 12 þeirra alkana sem hráefni. Talið er að framleiðsla örverumjols þar í landi nemi hundruðum þúsunda tonna á ári. Til gamans má geta þess, að fræðilega væri hægt að framleiða nægjanlegt próteín handa öllum jarðarbúum úr u.þ.b. 5% þeirrar olíu, sem dælt er úr jörðu árlega.

Á síðari árum eru það einkum tvö fyrirtæki á Vesturlöndum, sem hafa haldið áfram rannsóknum á framleiðslu örverupróteína. eru það v-þýska fyrirtækið Hoechst A.G. og Imperial Chemical Industries (ICI) í Bretlandi. Bæði þessi fyrirtæki hafa lagt áherslu á tilraunir með að nota methangas til framleiðslunnar. ICI ræktar gerilinn *Methylophilus methylotrophus* á methanoli, sem unnið er úr methangasi, en gerillinn getur einnig nýtt gasið beint til vaxtar. Fyrirtækið hefur nú reist verksmiðju í Bretlandi, sem getur framleitt 75.000 tonn af þurrkuðu gerlamjoli árlega, en á síðasta ári var framleiðslan 45.000 tonn. Til samanburðar má geta þess, að árið 1981 var öll fiskmjölsframleiðsla Íslendinga rúmlega 150.000 tonn.

Gerlamjöl ICI er selt undir heitinu „Pruteen“ og er efnasamsetning þess

TAFLA 3  
Nokkur hráefni  
til framleiðslu örveruafurða

	Sulfít vökvi	Sykur
Alkanar		
Methanol	Mysa	Mjölvi
Ethanol	Ávaxtaafskurður	Melassi
Ediksýra		

TAFLA 4  
Hlutfallslegur kostnaður  
við framleiðslu örverupróteína (SCP)

	% framleiðslukostnaður	
	Alkanar (Gia Cobbie)	Methanol (ICI)
Kolefnisgjafi	42	65
Önnur efni	13	
Rekstrarkostnaður	13	11
Laun	2	3
Afskr., skattar, tryggingar og viðhald	30	29

Cooney o.fl. 1980

svipuð og á góðu fiskmjöli, þ.e. 72% próteín og 8—9% fita. Föðurframleiðendur telja þó, að fiskmjöl sé betra efni í föðurblöndur, og vilja því a.m.k. nota það með gerlamjölínu.

Helstu vandkvæðin við að nota örverumassa beint til manneldis, er að hann getur innihaldið allt að 25% af kjarnsýrum. Neyti menn mjög kjarnsýruauðugrar fæðu er þeim hætt við að fá þvagsýrugigt og nýrnasteina, en öðrum spendýrum eru kjarnsýrurnar skaðlaugar. Stafar þessi sérstaða mannsins af því, að hann vantar ensím, sem breytir þvagsýru, niðurbrotsefni kjarnsýranna, yfir í allantoin.

Víða er unnið að rannsóknum, sem miða að því að minnka kjarnsýruinnihald örverumassa, m.a. með ensímatískum aðferðum.

#### RÆKTUNARAÐFERÐIR

Hvort heldur á að vinna efni úr örverunum, eða nýta massann sjálfan, eru ræktunaraðferðirnar svipaðar. Notaðir eru ræktunartankar (sjá mynd 1), sem hreinrækt af örverustofninum er sáð í.

Síðan er næringarefnum dælt inn og nýttu ætinu út. Hita- og sýrustigi er haldið stöðugu með sjálfvirkum hætti, sömuleiðis oxunarspennu og öðrum vaxtarþáttum. Ræktunartankarnir geta verið stórir í sniðum, t.d. notar japanska fyrirtækið Kyowa Hakko Kogyo Co 20 gerjunartanka til framleiðslu á lysini og glutarsýru, og er hver þeirra um 250 m<sup>3</sup> að stærð (mynd 2).

#### LOKAORD

Tölur 3—5 gefa nokkra mynd af því hvað þarf til við framleiðslu örverupróteína. Af töflu 3 er ljóst, að Ísland er fátækt af hráefnum, sem til greina koma við slíka vinnslu og í töflu 4 kemur fram, að stærsti hluti framleiðslukostnaðarinnar liggur einmitt í hráefninu. Sé hins vegar um að ræða mjög sérhæfa vinnslu, t.d. dýra lifefna, þá er ljóst að hráefnakostnaður er mjög litill hluti af afurðaverðinu. Þar er hins vegar verið að vinna úr tækniþekkingu og af-rakstri rannsókna. Sem dæmi um góðan árangur á þessu sviði má nefna danska fyrirtækið Novo Industri, en það hefur ásamt hollenska fyrirtækinu Gist-Brocades NV náð 60% hlutdeild í heimsmarkaði á ensímum.

#### HEIMILDIR

- Cooney, C.L. o.fl. (1980). Single-cell protein: engineering, economics, and utilization in foods. *Advances in Food Research* 26, 1—52.
- Kharatyan, S.G. (1978). Microbes as food for humans. *Annual Review of Microbiology*, 32, 301—327.
- Industrial Microbiology. Greinaflokkur. *Scientific American* 245 (3); 1981.
- Single Cell Protein & Tissue culture. Greinaflokkur. *Process Biochemistry* 13(3); 1978.

TAFLA 5  
Hráefniskostnaður við framleiðslu örverupróteína (SCP)

Hráefni	Teg. örvera	Proteinheimtur (G/G ætis)	Kostnaður (cent) pr kg SCP
N-Paraffin	gersveppur	0.50	66
	gerill	0.80	41
Methanol	gersveppur	0.20	75
	gerill	0.40	38
Glúkósi	gersveppur	0.31	55
	gerill	0.41	41

Cooney o.fl. (1980).

## Fylgiskjal III.

### Umræður um lífefnaíðnað á fundi sameinaðs þings 6. mars 1984.

**Fyrirsprjandi (Guðmundur Einarsson):** Herra forseti. Í apríl 1980 kom út skýrsla í Bretlandi frá nefnd sem var skipuð fulltrúum úr Konunglega vísindafélaginu breska, ráðgjafarstofnuninni fyrir rannsóknir og þróun í þágu atvinnuveganna og ráðgjafarnefnd rannsóknaráðanna bresku. Í þeirri skýrslu segir orðrétt, með leyfi forseta, í íslenski þýðingu minni:

„Við lítum svo á að líftækni muni skapa algjörlega nýtt atvinnulíf með litilli orkuþörf og muni skipta sköpum fyrir efnahagslíf heimsins á næstu öld.“

Breska tímaritið *Economist* sagði, að mig minnir, 1979 eða 1980 að lífefnaíðnaður mundi setja svip sinn á atvinnulíf næstu aldar í jafnríku mæli og stóriðja efna- og málmíðnaðarins hefur sett svip sinn á þessa öld. Erlendis er lífefnaíðnaður þegar orðinn stórvirk atvinnugrein. Að mati sænska verkfræðingafélagsins, sem athugaði þessi mál 1980, var talið að lífefnateknimarkaðurinn í heiminum velti þá um 737 milljörðum ísl. kr. Það eru þrítug til fertugföld fjárlög íslenska ríkisins eftir því hvort við teljum þau með eða án gats.

Allir vita hvað örtölvubyltingin og örtölvutækni hefur haft mikið efnahagslegt gildi fyrir hinn vestræna heim. Nú er jafnvel talið að líftækni muni hafa meiri áhrif á 21. öldinni en örtölvubylting og örtölvutækni hafa haft á þeirri 20.

Í skýrslu, sem dr. Jón Bragi Bjarnason hjá Raunvísindastofnun Háskóla Íslands hefur dreift meðal þm., kemur fram að í okt. 1973 skipaði þáv. iðnrh. nefnd til að fjalla um lyfja- og lífefnavinnslu. Nefndin skilaði álit í maí 1974. Þar segir m. a. að nefndin telji að lífefnaíðnaður eigi almennt mjög bjarta framtíð og muni búa við ört vaxandi markaði á næstu áratugum. Nefndin bentí á að mikið magn væri til af innlendu hráefni fyrir lífefnaíðnaðinn og vísaði þar einkum til úrgangsefna í sjávarútvegi og landbúnaði. Nefndin tók einnig fram að umfangsmiklar rannsóknir væru forsenda þess að unnt væri að kanna grundvöll fyrir framleiðslu lífefna.

Í skýrslu Rannsóknaráðs ríkisins, sem heitir Rannsóknir og þróunarstarfsemi í þágu atvinnuveganna, langtímaáætlun 1982—1987, segir um verkefnaval fyrir langtímaerkefni m. a. eftirfarandi, með leyfi forseta:

„Því er nauðsynlegt að unnið verði markvissara en verið hefur að öflun færni á ýmsum sviðum sem þörf er fyrir í framtíðinni. Af þeim tæknisviðum sem líkleg eru til að verða mikilvæg má m. a. nefna raf- og rafeinda-tækni, tölvu- og upplýsingatækni, orkunýtingartækni, lífefnatekni, vatns- og sjávarældistækni og fódur- og matvælatækni.“ Þetta er 1982. Augljóst er af þessari skýrslu, sé hún lesin, að ofangreindum rannsóknarsviðum er flestum fundinn ákveðinn samastaður í rannsóknastofnunum atvinnuveganna að einhverju leyti. Þetta á hins vegar ekki við um lífefnatekni. Henni hefur ekki verið markaður neinn bás, hvorki hvað varðar mannafla né aðstöðu til rannsókna. Hins vegar eru ágæt forsendur til rannsókna á þessu sviði við ýmsar stofnanir Háskóla Íslands, svo sem Raunvísindastofnun, Líffræðistofnun, Verkfræðistofnun og Tilraunastöðina á Keldum. Einnig eru til sérfræðingar og tæki í

þessum efnum á rannsóknastofnunum atvinnuveganna, svo sem Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins.

Hinn 4. maí 1982 samþykkti Alþingi svohljóðandi þál. um innlendan lífefnaíðnað:

„Alþingi ályktar að fela ríkisstj. að kanna hvort hagkvæmt sé að koma á fót innlendum lífefnaíðnaði.“

Eins og ég kem að síðar er þessi þál. raunar tilefni til fsp. nú í dag frá mér til hæstv. iðnrh. Ég held raunar að menn þurfi ekki lengur að spyrja þeirrar spurningar hvort hagkvæmt sé að koma á fót þessum iðnaði. Spurningin er heldur, að ég tel, hvernig menn ætla að hefja undirbúning og hvernig þeir ætla að taka þátt í þessari atvinnuótun. Víða er hægt að leita fanga um þessi mál. Í erindi, sem Grímur Valdimarsson örverufræðingur og deildarstjóri á Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins flutti á ráðstefnu Verkfræðingafélags Íslands í apríl 1982, segir m. a., með leyfi forseta:

„Í hugum margra er efna- og fódurvinnsla úr örverum nokkuð sem heyrir framtíðinni til. Þetta er misskilningur. Afurðir örveranna hafa nú þegar verulega efnahagslega þýðingu í mörgum löndum. Söluverðmæti örveruafurða hefur á síðustu árum numið tugum milljarða dala á ári í Bandaríkjunum einum saman.“

Þessu til viðbótar má nefna að í Danmörku er umfangsmikill iðnaður á þessu sviði þar sem fyrirtækið Nova er raunar eitt stærsta fyrirtæki í heimi á sviði ensímiðnaðar.

Svona mætti lengi telja. Lýsa mætti íslenskum tækifærum, séríslenskum verkefnum, á þessu sviði sem náttúrulega beinast mjög að efnum sem falla til í sjávarútvegi og landbúnaði. Þar er gífurlegt magn hráefna sem þegar eru þekktar aðferðir, bæði hérlendis og erlendis, til að nýta og skapa milljarða verðmæti. Þetta er í fóduríðnaði, leðuríðnaði, matvælaíðnaði, lyfjaíðnaði og í efnaiðnaði, svo sem þvottaefnaíðnaði. Og þarna mætti lengur við bæta.

Mér sýnist raunar að hið háa Alþingi og hæstv. ríkisstj. þurfi ekki lengur að velta því fyrir sér hvort líftækni og lífefnaíðnaður verði hagkvæm. Við þurfum að velta því fyrir okkur hvernig við ætlum að hefja innreið Íslendinga inn á þetta svið. Þetta er jafn óumflýjanlegt að mínu mati og bílarnir, traktorarnir og tölvurnar. Þetta er ekki spurning um hvort eða hvenær, heldur hvernig. Ég vona að hæstv. iðnrh., þegar hann svarar fsp. minni um framkvæmd þál. frá því í maí 1982, geti gefið okkur einhverjar hugmyndir um ætlun ríkisstj. á þessu sviði.

**Iðnrh. (Sverrir Hermannsson):** Herra forseti. Á þskj. 315 ber hv. 4. landsk. þm. upp fsp. um framkvæmd þáltill. um innlendan lífefnaíðnað sem samþykkt var á Alþingi þann 4. maí 1982. Flm. þeirrar þáltill. var Guðmundur G. Þórarinnsson þáv. þm. en hún hljóðaði svo:

„Alþingi ályktar að fela ríkisstj. að kanna hvort hagkvæmt sé að koma á fót innlendum lífefnaíðnaði.“

Það verður að segja hverja sögu eins og hún gengur. Þál. þessi barst iðnrh. þann 18. maí 1982. Þál. var lögð

— eða virðist hafa verið lögð — í málafsn rn. og hlaut enga efnislega meðferð. Hvorki í fjárlögum 1983 né 1984 var gert ráð fyrir sérstakri fjárveitingu vegna athugana og/eða rannsókna varðandi lífefna- og/eða líftækniðnað. Við svo búð má ekki standa og hef ég ákveðið að nú verði tekið til hendi á þessu þýðingarmikla sviði. Við eigum ekki að velta þeirri spurningu fyrir okkur hvort hagkvæmt sé að koma á fót innlendum lífefnaðnaði eða ekki, heldur með hvaða hætti.

Fimm stofnanir hafa haft þennan málaflokk til athugunar, Háskóli Íslands, Tilraunastöð Háskólans í meinafræði að Keldum, Iðntæknistofnun Íslands, Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins og Rannsóknaráð ríkisins. Nú í mars mun starfshópur Rannsóknaráðs um lífefnaðnað og -tækni taka til starfa. Starfshópi þessum er ætlað að

gera úttekt á þróunarmöguleikum og rannsóknþörf á þessu sviði með tilliti til íslenskra aðstæðna.

Varðandi einstaka verkþætti má geta þess að fyrir nokkrum dögum kom út skýrsla Iðntæknistofnunar Íslands um frumkönnun á framleiðslu C-vítamins hér á landi, en slík framleiðsla mundi flokkast undir lífefna- og lyfjaiðnað. Iðnrn. og Samband sunnlenskra sveitarfélaga stóðu straum af kostnaði við þá lönnun.

Fsp. hv. þm. var mjög þörf. hún vekur málið af of værum blundi. Ég þarf ekki að minna á að framkvæmdvaldinu ber að fara að ályktunum hins háa Alþingis og það er áreiðanlega ekki af vilja gert að þessi till. hefur mislagst með þeim hætti sem komið hefur í ljós. En eins og ég segi, ég hef þegar undirbúið að ýtt verði myndarlega úr vör að þessu leyti.

#### Fylgiskjal IV.

**Guðmundur Einarsson alþm.:**

**ATVINNA NÝRRAR ALDAR.**

(Kjallaragrein í DV 5. mars 1984.)

Bismarck sagði að framtíðin væri þeirrar þjóðar sem ætti bestu skólana. Það hefur aldrei verið sannara en nú.

Stórkostlegar breytingar ganga yfir Vesturlönd. Nú er hafin þriðja iðnbyltingin. Sú fyrsta einkenndist af tilkomu vélarafslins, gufuvélarinnar. Sú næsta einkenndist af stóriðju-rekstri, t.d. málm- og efnaiðnaði, eins og við þekkjum dæmi um frá Straumsvík og Grundartanga.

En hver eru einkennismerki þriðju iðnbyltingarinnar? Það eru nýtæknigreinarnar svokölluðu. Þær þarfnast ekki ódýrs mannafla eins og verksmiðjur fyrstu iðnbyltingarinnar. Þær þarfnast ekki orku og fjármagns í líkingu við verksmiðjur annarrar iðnbyltingarinnar.

En þessar nýju greinar þarfnast **hugsvits** og **þekkingar** frammar öllu öðru. Þar kemur til kasta skólanna.

Hverjar eru þessar nýju greinar? Sú þeirra, sem best er þekkt, er **örtölvutækni**. Hún hefur bylt efnahagslífi, atvinnuháttum og mun hafa veruleg áhrif á þjóðfélagsgerð. Undirstaða þessarar tækni er hugkvæmni. Einstaklingar geta aflað sér lífsviðurværis í ódýrum, litlum sjálfstæðum einingum.

Önnur grein þriðju iðnbyltingarinnar er **líftækni**. Það er talið að líftækni muni hafa meira efnahagslegt gildi en örtölvutækni hvað varðar framleiðslu, atvinnu og afkomu.

Á Vesturlöndum er stóriðjan að verða stefna gærdagsins. Annarri iðnbyltingunni er að ljúka þar. Orkufrekja, umhverfisspjöll og atvinnuhættir stóriðjunnar valda því að Vesturlönd hafna henni í auknum mæli svo hún hrekst til þriðja heimsins.

Líftækni byggist á því að sameina kunnáttu í líffræði og verkfræði til að virkja framleiðsluáðferðir náttúrunnar til nýrra verkefna. Þannig má vinna meltingarhvata úr innyflum þorska og gefa þeim þau nýju verkefni að mýkja nautshúðir eða verka síld. Með áðferðum líftækninnar er líka hægt að láta gerla framleiða hormón fyrir sykursýkissjúklinga úr ódýrum, algengum hráefnum.

En hvað er merkilegt við þetta? eru þetta ekki bara venjuleg dæmi um framfarir í líffræði, líkar þeim sem við höfum öll orðið vitni að á undanförunum árum, sbr. hjartaflutninga og heilaskurðlækningar?

Svarið er nei.

Líftækni felur í sér stórkostlega möguleika til að fela örverum og efnakljúfum náttúrunnar framleiðslu á því sem heiminn vanhagar mest um. Þar má nefna breytingu á einföldum, ódýrum efnum, eins og grasi og lýsi, yfir í dýrmæt fæðuefni, lyf eða eldsneyti.

Með því að breyta örverum, þ.e. sveppum og bakteríum, á viðeigandi hátt getum við notað þær til að framleiða efni á sama hátt og kýr framleiða mjólk. Munurinn er sá að örveruadferðin er margfalt ódýrari og afkastameiri en kúabúskapurinn og framleiðslan langtum fjölbreyttari en mjólk, kjöt og húðir.

Tímaritið Economist telur að líftækni verði jafneinkennandi fyrir atvinnulíf 21. aldarinnar og stóriðja efna- og málmiðnaðarins er fyrir öldina sem er að líða.

Meðal kosta þessarar nýju tækni eru þeir að hún mengar ekki umhverfi sitt, hún þarfnast lítillar orku og hún notar náttúrleg hráefni sem endurnýjast og ganga inn í lífkeðjurnar.

Einn dýrmætasti kostur líftækninnar er e.t.v. sá að með afkastamiklum aðferðum hennar er hugsanlegt að lina hungur og þjáningu í þriðja heiminum. Það eru verkefni sem núverandi atvinnuhættir hafa ekki valdið.

Líftæknin er sú atvinnugrein sem spáð er mestum vexti á Vesturlöndum. Fjármagn streymir að henni og möguleikarnir virðast óþrjótandi. Þetta verður líklega höfuðatvinnugrein 21. aldar, aldar sem er aðeins rúm 15 ár í burtu. Börn, sem fæðast í dag, munu verða atvinnurekendur og launþegar þess tíma.

En hvað gerum við í málefnum framtíðarinnar? Það er heldur lítið. Við erum á kafi í gömlu iðnbyltingunni og erum að skuldbreyta í landbúnaði og sjávarútvegi eina ferðina enn svo milljónahundruðum skiptir. Byltingarmenn stóriðjudrauma okkar eru á ferðalögum um allan heim til að laða hingað atvinnuhætti gærdagsins. Þeir eru einni byltingu á eftir.

Ef við ætlum okkur hlut í framtíðinni verðum við að kaupa hlutabréf strax í dag. Við gerum það með því að segja námsfólki okkar frá möguleikunum og hugmyndum okkar um lífshætti morgundagsins. Við gerum það með því að styrkja rannsóknir á íslenskum möguleikum líftækninnar. Þar myndi stórkostlega muna um fjárstyrk þótt ekki væri meira en sem nemur ferðastyrkjum og dagpeningum stóriðjunefndarinnar.

Við skulum þurrka móðuna af framrúðunni áður en 21. öldin rennur upp. Ef við horfum einungis í baksýnispegilinn gætum við orðið umheiminum nokkurs konar Árbæjar-safn í atvinnuháttum.

## Fylgiskjal V.

**Rannsóknaráð ríkisins**

8. mars 1984.

### **Bréf Vilhjálms Lúðvíkssonar varðandi skipun starfshóps um þróun líftækni.**

Framkvæmðanefnd Rannsóknaráðs ríkisins hefur ákveðið að skipa starfshóp til að kanna þróunarforsendur líftækni hér á landi.

Með líftækni er hér átt við beitingu vísindalegra og verkfræðilegra aðferða til að umbreyta efnum með aðstoð lífvera eða virkra lífefna í framleiðsluferlum og við framkvæmd hvers kyns þjónustustarfsemi og rannsókna (heilbrigðisþjónusta, læknisfræði, erfðafræði, líffræði).

Markmið þessarar athugunar eru m. a. eftirfarandi:

1. Að skýra þýðingu líftækni fyrir íslenskt þjóðfélag og benda á þá möguleika sem þekkingarsvið þetta opnar, m. a. til nýrrar eða bettrar framleiðslu, betri heilbrigðisþjónustu og öflugri rannsóknarstarfsemi á ýmsum sviðum.

2. Að taka saman upplýsingar um núverandi stöðu þekkingar og hagnýtingar hér á landi á sviði líftækni og greina hvaða starfskraftar og færni er líkleg til að batast við á næstu árum.
3. Að benda á þær hættur sem fylgt geta líftæknilegri starfsemi fyrir umhverfi eða heilsu manna og hvaða reglur þurfi að setja um slíka starfsemi til að forðast hugsanleg slys og draga úr áhættu.
4. Að gera tillögur um leiðir til að auka þekkingu og færni í mikilvægustu greinum innan líftæknisviðsins.
5. Að gera svo sem kostur er frumúttekt á vænlegustu möguleikum líftækni hér á landi, hvaða lífefni helst er unnt að vinna, í hvaða magni og úr hvaða hráefnum, hvernig markaðshorfur eru fyrir þessi efni og hvert er verðlag á þeim, hver er líklegur framleiðslukostnaður og hvaða heildarábata fyrir þjóðarbúið í heild getur orðið um að ræða af vinnslu þessara lífefna. Enn fremur að gera frumúttekt ef kostur er á þeirri verðmætisaukningu og/eða kostnaðarminnkun í vinnslu sem líftæknilegar aðferðir geta haft í för með sér í ýmsum hefðbundnum vinnslugreinum (svo sem t. d. síldarverkun og ostagerð).
6. Að gera tillögur um efla starfsemi á þeim sviðum sem talið er að skilað geti mikilvægum þjóðhagslegum árangri á komandi árum, þar með um æskilegar skipulagsbreytingar eða verkaskiptingu í rannsóknnum og þróunarstarfsemi, ef æskilegt þykir.
7. Að gera tillögur um leiðir til að hvetja til nýjunga í iðnaði og framleiðslu sem byggist á líftækni.

Æskilegt er að hópurinn hafi í starfi sínu samráð við stofnanir, samtök eða atvinnufyrirtæki sem áhuga gætu haft á máli þessu og lagt fram mikilvæg sjónarmið. Sérstaklega er bent á Rannsóknastofnun landbúnaðarins og fyrirtæki eins og Sláturfélag Suðurlands, Samband ísl. samvinnufélaga, Lýsi hf., Sölumiðstöð hraðfrystihúsanna, Sölusamtök fiskframleiðenda o. fl.

Tilgangur þessarar könnunar er að skapa stjórnvöldum yfirsýn yfir stöðu líftækninnar hér á landi í alþjóðlegu samhengi og að leggja grundvöll að stefnumótun varðandi eflingu þessa mikilvæga þekkingarsviðs og fjölþætta hagnýtingu þess í framtíðinni.

Stefnt er að því að hópurinn ljúki störfum fyrir haustið 1985, og er æskilegt að fram fari kynning á niðurstöðum nefndarinnar áður en skýrslu hennar verður endanlega lokið.

Ert þú hér með beðinn að taka sæti í starfshóp þessum.

Hópurinn skipa eftirfarandi einstaklingar:

Jakob Kristjánsson, Líffræðistofnun Háskóla Íslands,

Ólafur Andrésson, Tilraunastöðinni Keldum,

Sveinn Jónsson, Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins,

Jón Bragi Bjarnason, Raunvísindastofnun háskólans,

Ari K. Sæmundsen, Rannsóknastofu í veirufræði,

Hörður Jónsson, Iðntæknistofnun Íslands og

Sigmundur Guðbjarnason, Raunvísindastofnun háskólans.

Próf. Sigmundur Guðbjarnason verður formaður starfshópsins og Úlfar Antonsson, vatnalíffræðingur hjá Rannsóknaráði ríkisins, verður ritari hópsins.

Þóknun fyrir störf hópsins greiðist í samræmi við reglur hins opinbera.