



SUOMI-FINLAND
(FI)

Patentti- ja rekisterihallitus
Patent- och registerstyrelsen

(B) (11) KUULUTUSJULKAISU
UTLÄGGNINGSSKRIFT

80474

C (11) Patenti- och registerstyrelsen
Patent- och registerstyrelsen 11 02 1990

(51) Kv.1k.5 - Int.cl.5

C 12P 19/24, C 12N 11/14

(21) Patentihakemus - Patentansökning **850601**
(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag **13.02.85**
(24) Alkupäivä - Löpdag **13.02.85**
(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig **14.08.85**
(44) Nähtäväksipanon ja kuul.julkaisun pvm. -
Ansökan utlagd och utl.skriften publicerad **28.02.90**

(32) (33) (31) Etuoikeus - Prioritet

13.02.84 DE 3405035

(71) Hakija - Sökande

1. **Kali-Chemie AG**, Hans-Böckler-Allee 20, Hannover, BRD, (DE)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1. **Weidenbach, Günter**, Lehrter Strasse 52, Hannover, BRD, (DE)
2. **Bonse, Dirk**, Krummer Kamp 3, Lehrte/Arpke, BRD, (DE)
3. **Meyer, Boris**, Pirmasenser Strasse 7, Hannover, BRD, (DE)

(74) Asiamies - Ombud: **Oy Borenius & Co Ab**

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

Menetelmä isoglukoosin valmistamiseksi
Förfarande för framställning av isoglukos

(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

DE C 2726188 (C 07 G 7/02), DE C 3148603 (C 12 P 19/24)

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Keksinnön mukaisesti valmistetaan glukoosia ja fruktoosia sisältävää liuosta (isoglukoosia) siten, että glukoosia sisältävä liuos muunnetaan SiO₂-kantoaineeseen perustuen valmistetulla katalysaattorilla, jolla on glukoosi-isomerasiaktiivisuutta, jolloin tämän katalysaattorin tehokkuutta voidaan parantaa huomattavasti, kun glukoosiliuokseen lisätään SiO₂:ta.

Enligt uppfinningen kan man vid framställning av en glukos och fruktos innehållande lösning (isoglukos) genom omsättning med en på basen av en SiO₂-bärare framställd katalysator med glukosisomerasaktivitet förbättra katalysatorns effektivitet märkbart, då man tillsätter SiO₂ till glukoslösningen.

Menetelmä isogluukoosin valmistamiseksi
Förfarande för framställning av isoglukos

Keksintö kohdistuu menetelmään glukoosia ja fruktoosia sisältävän liuoksen valmistamiseksi siten, että glukoosia sisältävä liuos muunnetaan SiO_2 -kantoaineeseen perustuen valmistetulla katalysaattorilla, jolla on glukoosi-isomeraasiaktiivisuutta.

Tämänkaltainen menetelmä tunnetaan patenttijulkaisun DE-C-3 148 603 perusteella. Tämän kirjallisuuslähteen mukaan tunnettujen, SiO_2 -kantoaineeseen perustuen valmistettujen, kantoaineessa olevien katalysaattorien, joilla on glukoosi-isomeraasiaktiivisuutta, tuottavuutta voidaan parantaa huomattavasti, kun ennen kantoaineessa olevalla katalysaattorilla suoritettavaa muuntamista tämä glukoosia sisältävä liuos saatetaan kosketuksiin SiO_2 :sta tai alumiinisilikaa- tista valmistettujen puristeiden kanssa.

Tämän keksinnön tavoitteena on saada aikaan muita mahdollisuuksia tunnettujen, SiO_2 -kantoaineessa olevien katalysaattorien, joilla on glukoosi-isomeraasiaktiivisuutta, tuottavuuden kohottamiseksi.

Käsitteillä " SiO_2 -kantoaineeseen perustuen valmistettu katalysaattori, jolla on glukoosi-isomeraasiaktiivisuutta" tai "tunnetut, SiO_2 -kantoaineessa olevat katalysaattorit, joilla on glukoosi-isomeraasiaktiivisuutta" tarkoitetaan sellaisia katalysaattoreita, joissa glukoosi-isomeraasientsyymiä on saatu pidättymään (esimerkiksi yhteissaostuksen avulla) tai kiinnittymään (esimerkiksi adsorptiivisella sitoutumisella tai kovalenttisella sidoksella, tai muodostamalla entsyymistä ja kantoaineesta verkkomainen rakenne) johonkin SiO_2 :een, kuten huokoiseen silikageeliin, perustuvaan kantoaineeseen tai jonkin tällaisen kantoaineen pinnalle. Näillä käsitteil-

lä tarkoitetaan mieluiten sellaisia katalysaattoreita, joissa glukoosi-isomeraasi entsyymi on sidottu huokoiseen silikaageeliin adsorptiivisesti tai kovalenttisesti tai se on saatu pidättymään tämän huokoisen silikageelin pinnalle muodostamalla entsyymistä ja kantoaineesta verkkomainen rakenne, jolloin tämänkaltaisten sitomismenetelmien yhdistelmiäkin voidaan käyttää. Tässä mielessä suositeltavimmat katalysaattorit tunnetaan esimerkiksi patenttijulkaisun DE-C-2 726 188 perusteella.

Keksinnön tavoitteen mukainen toinen mahdollisuus tuottavuuden parantamiseksi käsittää keksinnön mukaisesti SiO_2 :n lisäämisen tähän glukoosia sisältävään liuokseen oheisten patenttivaatimusten määrittämällä tavalla.

SiO_2 :ta voidaan tällöin lisätä millaisessa muodossa tahansa, kunhan se vain on riittävän vesiliukoista, ja kunhan tämän SiO_2 :n kanssa glukoosiliuokseen joutuneet vieraat ionit eivät vaikuta haitallisesti entsyymien aktiivisuuteen. Mikäli näin saatua glukoosi-fruktoosi-liuosta ei erityisemmin puhdisteta, esimerkiksi ioninvaihdolla, ennen sen käyttöä edelleen, niin huomiota tulisi kiinnittää siihen, etteivät SiO_2 :n mukana liuokseen mahdollisesti joutuneet vieraat ionit haittaa tämän glukoosi-fruktoosi-liuoksen myöhempää käyttöä. Erityisen hyviksi ovat osoittautuneet alkalimetallisilikaatit.

SiO_2 :n lisätty määrä ei ole erityisen kriittinen. Jotta patenttijulkaisun DE-C-3 148 603 mukaisessa, tunnetussa menetelmässä esitetyn suuruinen tuottavuuden paraneminen saavutettaisiin, ei lisätyn määrän tulisi alittaa 30 ppm:ää. Edullisesti tähän glukoosiliuokseen lisätään SiO_2 :ta määränä, joka on 30 ja 80 ppm:n välillä.

SiO_2 :n lisääminen on erityisen yksinkertaista ja taloudellista, mikäli käytetään vesilasi-liuosta, mieluiten natron-vesilasin liuosta.

Mitä tuottavuuden paranemiseen tulee, tämän keksinnön mukaisesti työskenneltäessä saavutetaan sellaisia arvoja, joihin päästään myös patenttijulkaisun DE-C-3 148 603 mukaisella menetelmällä. Yllättävästi kuitenkin SiO_2 :n lisäyksellä, sen sijaan, että liuos saatettaisiin edeltä käsin kosketuksiin SiO_2 :sta tai alumiinisilikaatista valmistettujen puristeiden kanssa, on edullinen vaikutus katalysaattorin stabiilisuuden seisokkien aikana. Nimittäin on osoittautunut, että tunnettujen menetelmien, olivatpa ne patenttijulkaisun DE-C-3 148 603 mukaisia tai muita menetelmiä, mukaisesti työskenneltäessä katalysaattorin aktiivisuus seisokkien aikana, johtuvatpa nämä seisokit sähkökatkoksista tai muista häiriöistä, heikkenee irreversiibelisti, mikäli ei huolehdi siitä, että katalysaattori jäädytetään mahdollisimman nopeasti huoneen lämpötilaan. Toisaalta esimerkiksi sähkökatkon aikana eivät ainoastaan pumput pysähdy, vaan myös kuumennin substraatin lämmittämiseen lakkaa toimimasta. Kuitenkin katalysaattorin ja sitä ympäröivän substraattiliuoksen lämpökapasiteetti estää tämän välttämättömän nopean jäähtymisen ja riittää vahingoittamaan katalysaattoria. Tällaisten vahingoittumisten välttämiseksi on varotoimenpiteenä käytettävä esimerkiksi sähkön varageneraattoria, jotta toimintakatkosten sattuessa reaktorin läpi voidaan pumpata kylmää substraattiliuosta, täten herkän katalysaattorin välttämättömän nopean jäähdyttämisen mahdollistamiseksi. Kuitenkin keksinnön mukaisesti työskenneltäessä voidaan tällaisista varotoimenpiteistä luopua täysin.

Keksinnön mukainen menetelmä toteutetaan, erityisesti työskentelytavan ollessa jatkuvatoiminen, tarkoituksenmukaisesti siten, että glukoosin vesiliuokseen, jonka kuiva-ainepitoisuus on noin 40-50 paino-%, lisätään keksinnön mukaisella tavalla SiO_2 :ta, tämän liuoksen pH asetetaan sellaiseen arvoon, joka soveltuu kantoaineessa olevalle glukoosi-isomeraasientsyymille, ja tämä liuos lämmitetään kantoaineessa olevalle glukoosi-isomeraasientsyymille sopivaan isomerointilämpötilaan. Näin esikäsitelty glukoosiliuos pumpataan

sellaisen reaktorin läpi, joka reaktori on täytetty SiO_2 -kantoaineessa olevalla katalysaattorilla, jolla on glukoosi-isomeraasiaktiivisuutta. Reaktorista ulosvirtaavan glukoosifruktoosi-liuoksen fruktoosipitoisuutta tarkkaillaan jatkuvasti tai säännöllisin väliajoin, esimerkiksi polarimetrisellä analyysillä tai HPLC:n avulla. Se tilavuusnopeus (v/v_h = glukoosiliuoksen tilavuus katalysaattorin vaatimaa reaktoritilavuutta kohden tunnissa), jolla katalysaattoria ajetaan, asetetaan tällöin sellaiseksi, että ulosvirtaavan liuoksen fruktoosipitoisuus, kuiva-aineeseen perustuen ja tämän pitoisuuden vaihteluvälin pysyessä pienempänä kuin esimerkiksi ± 1 %-yksikköä, on vakio, esimerkiksi 42 paino-%. Koska katalysaattori käyttöajasta ja erityisesti käyttölämpötilasta riippuen jatkuvasti menettää aktiivisuuttaan, tarkoittaa tämä sitä, että tätä tilavuusnopeutta on jatkuvasti pienennettävä vakiona pysyvän isomeroitumisasteen saavuttamiseksi. Tämä isomeroitumisaste ilmoittaa tällöin prosentteina niiden fruktoosimolekyylien lukumäärän sataa lähtöliuoksen sisältämää glukoosimolekyyliä kohden sen jälkeen, kun tämä liuos on virrannut reaktorin läpi ja kun muuntuminen katalysaattorin vaikutuksesta on tapahtunut, jotka fruktoosimolekyylit ulosvirtaava glukoosi-fruktoosiliuos sisältää. Aina tämän glukoosiliuoksen valmistamiseen käytetyn glukoosin puhtaudesta tai vaihtoehtoisesti laadusta riippuen on katalysaattoria ajettava sellaisella tilavuusnopeudella, jolla isomeroitumisasteeksi saavutetaan noin 44-47%, jotta ulosvirtaavan glukoosi-fruktoosi-liuoksen fruktoosipitoisuudeksi saavutettaisiin mainittu arvo 42 paino-% kuiva-aineesta.

Mikäli kantoaineessa olevan katalysaattorin, jolla on glukoosi-isomeraasiaktiivisuutta, valmistuksessa käytettiin *Streptomyces albus*-bakteerista peräisin olevaa glukoosi-isomeraasientsyymiä, niin tällöin glukoosiliuoksen pH:n asettaminen arvoon noin 7,0-8,5 ja glukoosiliuoksen lämmittäminen noin 55-65 °C:n lämpötilaan on osoittautunut erityisen edulliseksi.

Lisäksi käytettäessä *Streptomyces albus*-bakteerin glukoosi-isomeraasiensyymiä on Co(II)- ja Mg(II)-ionien lisääminen tähän glukoosiliuokseen noin 0,1-2 ppm Co(II)- ja noin 10-200 ppm Mg(II)-ioneja olevina määrinä, tarkoituksenmukaisesti näiden ionien vesiliukoisina suoloina kuten esimerkiksi kloridina tai sulfaattina, osoittautunut edistävän isomeroitumista.

Edelleen jonkin hapettumista estävän aineen stabiloivan määrän lisääminen, mieluiten SO₂:n lisääminen 100-600 ppm:ää olevana määränä ja alkalimetallisulfiitin tai -bisulfiitin muodossa, on myös edullista.

Ennenkuin saatu glukoosi-fruktoosi-liuos johdetaan lopulliseen käyttöönsä, on edelleen suositeltavaa poistaa tästä glukoosi-fruktoosi-liuoksesta epätoivotut, mahdollisesti esimerkiksi makuun haitallisesti vaikuttavat ioniset komponentit kationin- ja anioninvaihtajilla. Tämä liuos voidaan myös mahdollisesti haihduttaa siirapiksi. Markkinoilla tällaista siirappia käsitellään nimikkeellä isosiirappi, isomeroosi tai isoglukoosi.

Seuraavat esimerkit havainnollistavat tätä keksintöä.

Esimerkki 1

Yleisesimerkki

Kaikissa esimerkeissä käytettiin "SiO₂-kantoaineeseen perustuen valmistettuna katalysaattorina, jolla on glukoosi-isomeraasiaktiivisuutta" katalysaattoria, joka oli valmistettu patenttijulkaisun DE-C-2 726 188 mukaisesti. Tätä katalysaattoria laitettiin kulloinkin 5 g reaktoriin. Tämän reaktorin läpi virtasi glukoosi-liuosta, joka oli lämmitetty 60 °C:n lämpötilaan. Tilavuusnopeus (katalysaattorin tarvitseman reaktoritilavuuden suhteen) asetettiin siten, että isomeroitumisaste oli koko käyttöajan vakio, 46,5%. Ulos-

virtaavan substraattiliuoksen isomeroitumisaste mitattiin polarimetrisesti. Toisistaan erillään tarkasteltuina katalysaattori ja tämä menetelmä ovat tunnettuja seuraavista olennaisista parametreistä:

Katalysaattori:

Kantoaine	SiO ₂
Aktiivisuuden lisääntyminen	9000 U/g
Raekoko	0,1-0,2 mm
Jauheen tiheys (kuivana)	0,45 kg/l

Menetelmä:

Substraatti	Glukoosin 45 paino-% vesiliuos
Lisätekijät	120 ppm Mg(II) 1 ppm Co(II) 200 ppm SO ₂ (Na ₂ SO ₃ :na)
pH-arvo	7,5
Substraatin tiheys	1,2 kg/l
Substraatin sisäänmenolämpötila	60 °C
Isomeroitumisaste	46,5%
Tilavuusnopeus alussa	13,0/h

Glukoosi-isomeraasiliuoksen aktiivisuuden määrittäminen

Katalysaattorin valmistamiseen käytettävän glukoosi-isomeraasientsyymin liuoksen aktiivisuus määritettiin Takasaki-menetelmällä (Y. Takasaki: Agr. Biol. Chem. Vol. 30, Nr. 12, 1247-1253, 1966 sekä Z. Dische ja E. Borenfreund: J.-Biol. Chem. 192, 583, 1951). Yksi aktiivisuusyksikkö (U) on määritelty siksi entsyymimääräksi, joka inkubointiolosuhteissa muodostaa 1 mg:n fruktoosia.

Inkubointiolosuhteet:

Lämpötila	65 °C
Reaktioaika	1 h
Substraatti	0,1 m Glukoosi x H ₂ O (Merck 8342) 0,05 m fosfaattipuskurissa, pH 8,0, joka sisälsi 0,0004 m MgSO ₄ :ia

Katalysaattorin laadun tai vaihtoehtoisesti sen menetelmän, jossa tätä katalysaattoria käytettiin, laadun ratkaiseva kriteeri aktiivisuuden alenemisen puoliintumisajan sekä sen käyttöajan, jonka kuluttua jäännösaktiivisuus on 20% alkuperäisestä aktiivisuudesta (20%:nen jäännösaktiivisuus alkuperäiseen 100 prosentin aktiivisuuteen verrattuna on osoittautunut vielä taloudellisesti kannattavan katalysaattoriaktiivisuuden alarajaksi) ohella on ennen kaikkea tuottavuus. Tuottavuus määritellään tällöin siksi substraattimääräksi, kuiva-aineena ja kiloina laskettuna, joka tietyllä isomerointumisasteen arvolla voidaan 1 kg:lla katalysaattoria käsitellä siten, että jäännösaktiivisuudeksi saadaan 20% alkuperäisestä aktiivisuudesta.

Esimerkki 1.1

Keksinnön mukainen esimerkki

Yleisesimerkki 1 toteutettiin siten, että glukoosiliuos keksinnön mukaisesti sisälsi 50 ppm:ää SiO₂:ta natronvesilasiliuoksen muodossa. Saadut tulokset olivat seuraavat:

Puoliintumisaika	1300 h
Käyttöaika, kunnes jäännös- aktiivisuus oli 20%	3800 h
Tuottavuus 3800 tunnin kuluttua	26000 kg kuiva- ainetta, jossa 46,5 paino-% fruktoosia/ 1 kg kataly- saattoria

Esimerkki 1.2

Vertailuesimerkki patenttijulkaisun DE-C-3 148 603 mukaises-
ti

Yleisesimerkki 1 toteutettiin siten, että glukoosiliuos ei sisältänyt keksinnön mukaista SiO_2 -lisäystä, ja että tämä liuos kuitenkin patenttijulkaisun DE-C-3 148 603 mukaisesti pumpattiin ennen reaktoriin johtamista ennen reaktoria kyt-
ketyn esikolonnin läpi. Tämä esikolonne oli täytetty 5 gram-
malla erästä kaupallisesti saatavaa, pallon muotoista, vettä
sietävää, huokoista alumiinisilikaattia (koostumus suurin
piirtein 97 paino-% SiO_2 :ta ja 3 paino-% Al_2O_3 :a; raekoko
1-2 mm, jauheen paino kuivana 0,7 kg/l; Kali-Chemie AG:n
tyyppi KCT-WS)

Saadut tulokset (puoliintumisaika, käyttöaika, tuottavuus)
olivat samat, kuin esimerkissä 1.1 saadut tulokset.

Esimerkki 1.3

Vertailuesimerkki

Tämä esimerkki vastaa yleisesimerkkiä 1, toisin sanoen glu-
koosiliuos ei sisältänyt keksinnön mukaista SiO_2 -lisäystä
eikä tätä glukoosi-liuosta johdettu SiO_2 :sta tai alumiini-
silikaatista valmistetuilla puristeilla täytetyn esikolonnin
läpi. Tulokset ovat seuraavat:

Puoliintumisaika	670 h
Käyttöaika, kunnes jäännös- aktiivisuus on 20%	1700 h
Tuottavuus 1700 tunnin kuluttua	12500 kg kuiva-ainetta, jossa 46,5 paino-% fruk- toosia/l kg katalysaattoria

Esimerkki 2

Käyttöseisokin lavastamiseksi esimerkit 1.1, 1.2 ja 1.3 toistettiin siten, että 300 käyttötunnin jälkeen glukoosiliuoksen läpivirtaus keskeytettiin kolmeksi tunniksi reaktorin lämpötilaa muuttamatta. Tällä oli seuraavat seuraukset:

Esimerkki 2.1

Esimerkkiin 1.1 verrattuna mitään muutoksia ei todettu.

Esimerkki 2.2

Kun läpivirtaus jälleen käynnistettiin, katalysaattorin aktiivisuus oli pudonnut 81%:sta 64%:iin alkuperäisestä aktiivisuudesta, mikä vastaa 21%:n suhteellista aktiivisuustappiota. Lisäksi saatiin seuraavat tulokset:

Puoliintumisaika	800 h
Käyttöaika, kunnes jäännös- aktiivisuus on 20%	2900 h
Tuottavuus 2900 tunnin kuluttua	19200 kg kuiva-ainetta, jossa 46,5 paino-% fruk- toosia/l kg katalysaattoria

Esimerkki 2.3

Tässä esimerkissä läpivirtauksen uudelleenkäynnistämisen jälkeen katalysaattorin aktiivisuus oli pudonnut 75%:sta 59%:iin alkuperäisestä aktiivisuudesta, mikä myös vastaa 21%:n suhteellista aktiivisuustappiota. Lopputulosten arvot olivat seuraavat:

Puoliintumisaika	480 h
Käyttöaika, kunnes jäännös- aktiivisuus oli 20%	1300 h
Tuottavuus 1300 tunnin kuluttua	9600 kuiva- ainetta, jossa 46,5 paino-% fruktoosia/1 kg katalysaattoria

Nämä esimerkit osoittavat, että tällä keksinnöllä voidaan saavuttaa yhtä hyvä tuottavuuden paraneminen kuin työskenneltäessä patenttijulkaisun DE-C-3 148 603 mukaisesti, ja ettei keksinnön mukaisesti työskenneltäessä käytön keskeytymisen seurauksena ole kuitenkaan katalysaattorin aktiivisuuden minkäänlaista heikkenemistä, jopa pidettäessä reaktorin lämpötila vakiona.

Näiden esimerkkien havainnollistamiseksi seuraavissa diagrammeissa esitetään aktiivisuuden heikkenemisen (kuva 1) sekä tuottavuuden kehittymisen (kuvat 2 ja 3) riippuvuus kulloinkin käyttöajasta. Kaikissa diagrammeissa on abskissa-
na käyttöaika tunteina. Kuvan 1 koordinaattana on aktiivisuus prosentteina ja kuvan 2 sekä kuvan 3 koordinaattana on tuottavuus tonneina kuiva-ainetta (TS) katalysaattorikiloa kohden. Yksittäisten käyrien mittapisteet on esitetty seuraavasti:

Esimerkeissä 1.1, 1.2 ja 2.1 symbolilla ".__."

Esimerkissä 1.3 symbolilla "x__x"

Esimerkissä 2.2 symbolilla ".---."

Esimerkissä 2.3 symbolilla "x---x"

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä glukoosia ja fruktoosia sisältävän liuoksen valmistamiseksi siten, että glukoosia sisältävä liuos muunnetaan SiO_2 -kantoaineeseen perustuen valmistetulla katalyysaattorilla, jolla on glukoosi-isomeraasiaktiivisuutta, t u n n e t t u siitä, että tähän glukoosiliuokseen lisätään SiO_2 :ta vesiliukoisen alkalimetallisilikaatin muodossa siten, että SiO_2 :n kanssa glukoosiliuokseen joutuneet vieraat ionit eivät vaikuta haitallisesti entsyymien aktiivisuuteen tai glukoosi-fruktoosiliuoksen myöhempään käyttöön.
2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että SiO_2 :ta lisätään tähän glukoosiliuokseen määränä, joka on 30...80 ppm.
3. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että SiO_2 :ta lisätään tähän glukoosiliuokseen vesilasiliuoksen muodossa.

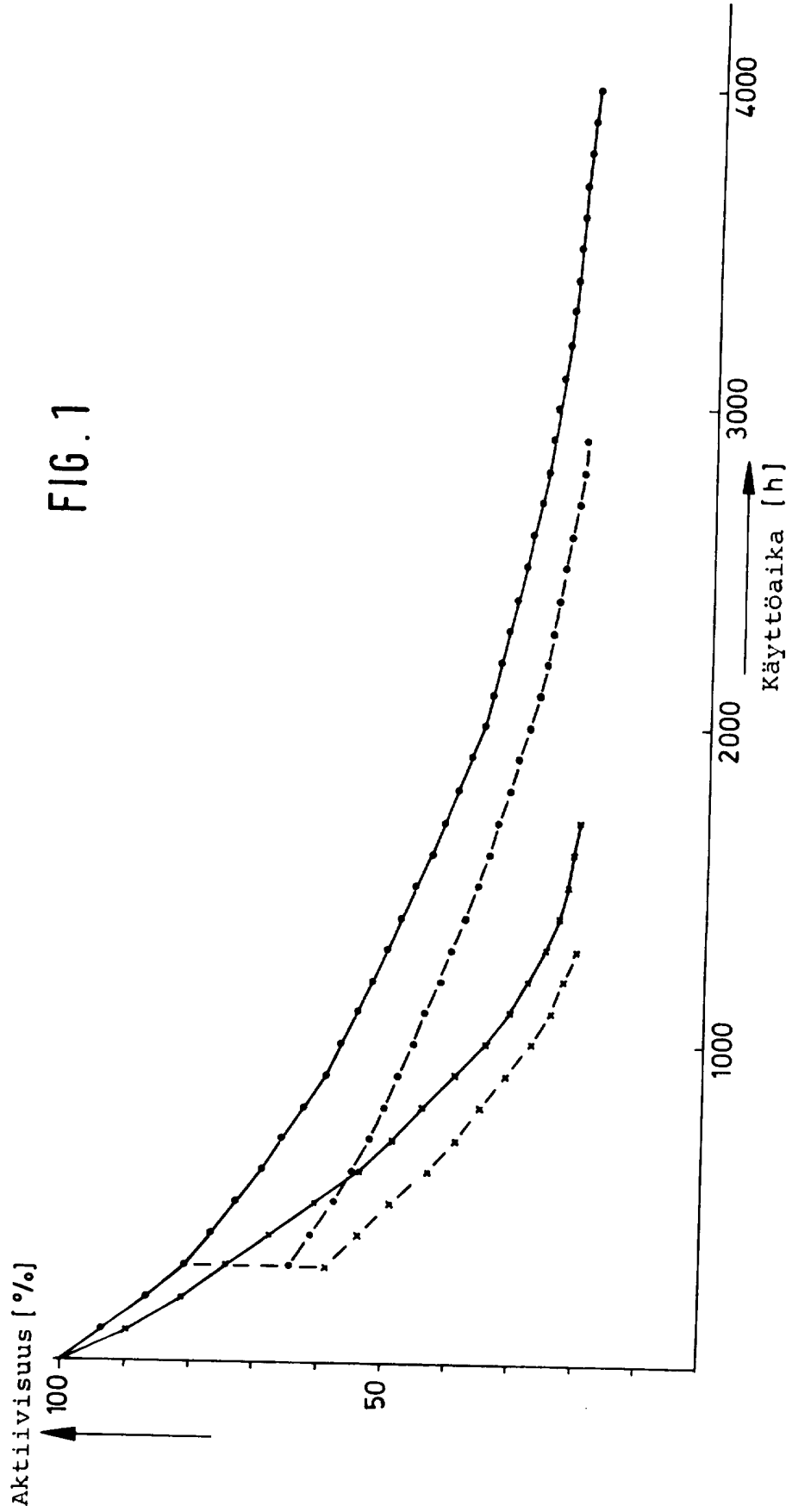
Patentkrav

1. Förfarande för framställning av en glukos och fruktos innehållande lösning genom omsättning av en glukos innehållande lösning med en på basen av en SiO_2 -bärare framställd katalysator med glukosisomerasaktivitet, k ä n n e t t e c k n a t därav, att man i glukoslösningen tillsätter SiO_2 i form av ett vattenlösligt alkalimetallsalt så, att de främmande joner som införts i glukoslösningen inte inverkar menligt på enzymaktiviteten eller på glukos-fruktooslösningens senare användning.

2. Förfarande enligt patentkrav 1, k ä n n e t e c k -
n a t därav, att man tillsätter SiO_2 i glukoslösningen i en
mängd mellan 30 och 80 ppm.

3. Förfarande enligt patentkrav 1, k ä n n e t e c k -
n a t därav, att man tillsätter SiO_2 i glukoslösningen i
form av en vattenglaslösning.

- Esimerkit 1.1, 1.2 ja 2.1
- Esimerkki 2.2
- ×— Esimerkki 1.3
- x— Esimerkki 2.3



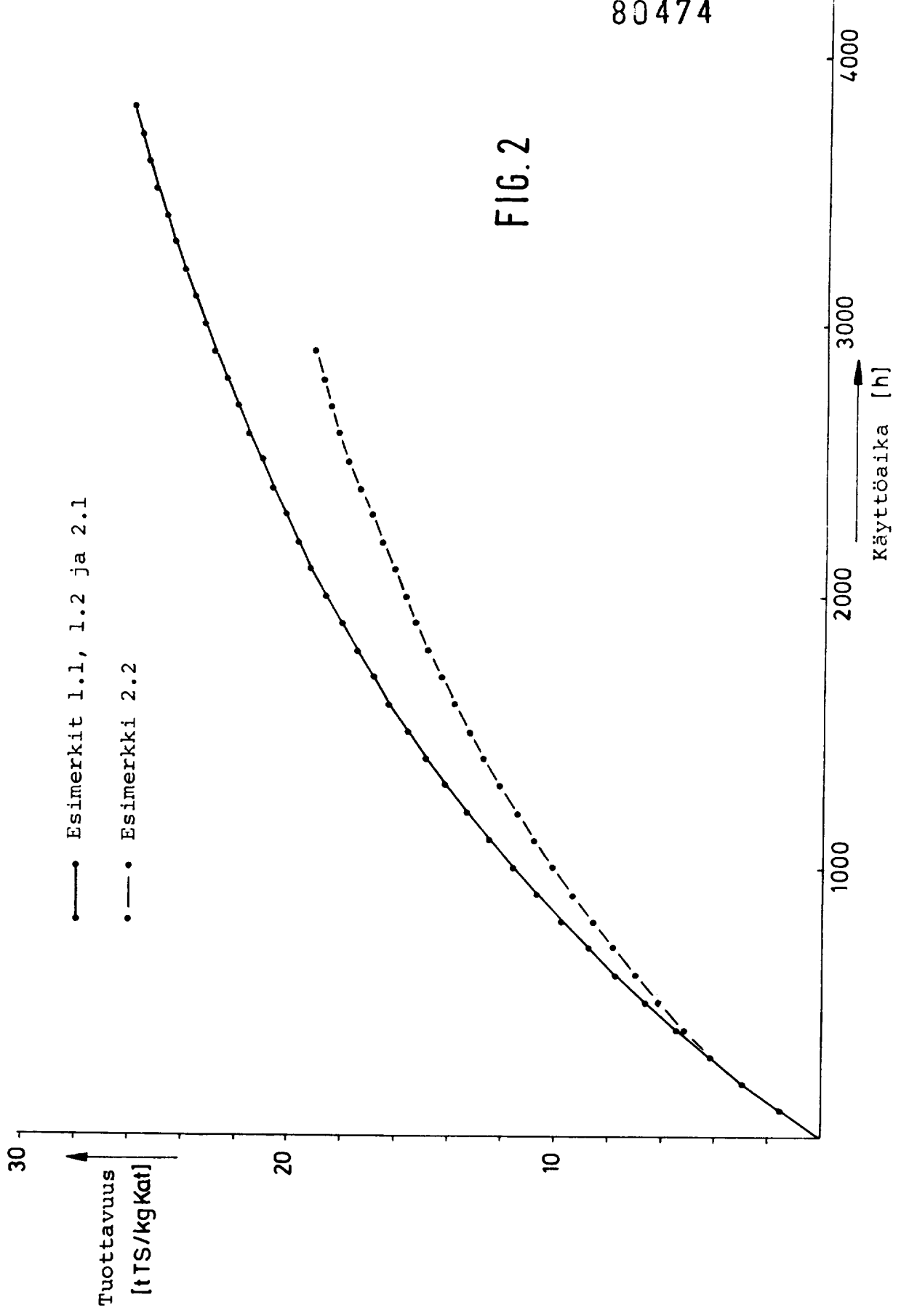


FIG. 2

—•— Esimerkit 1.1, 1.2 ja 2.1
- -•- - Esimerkki 2.2

Tuottavuus
[t TS/kg Kat]

Käyttöaika [h]

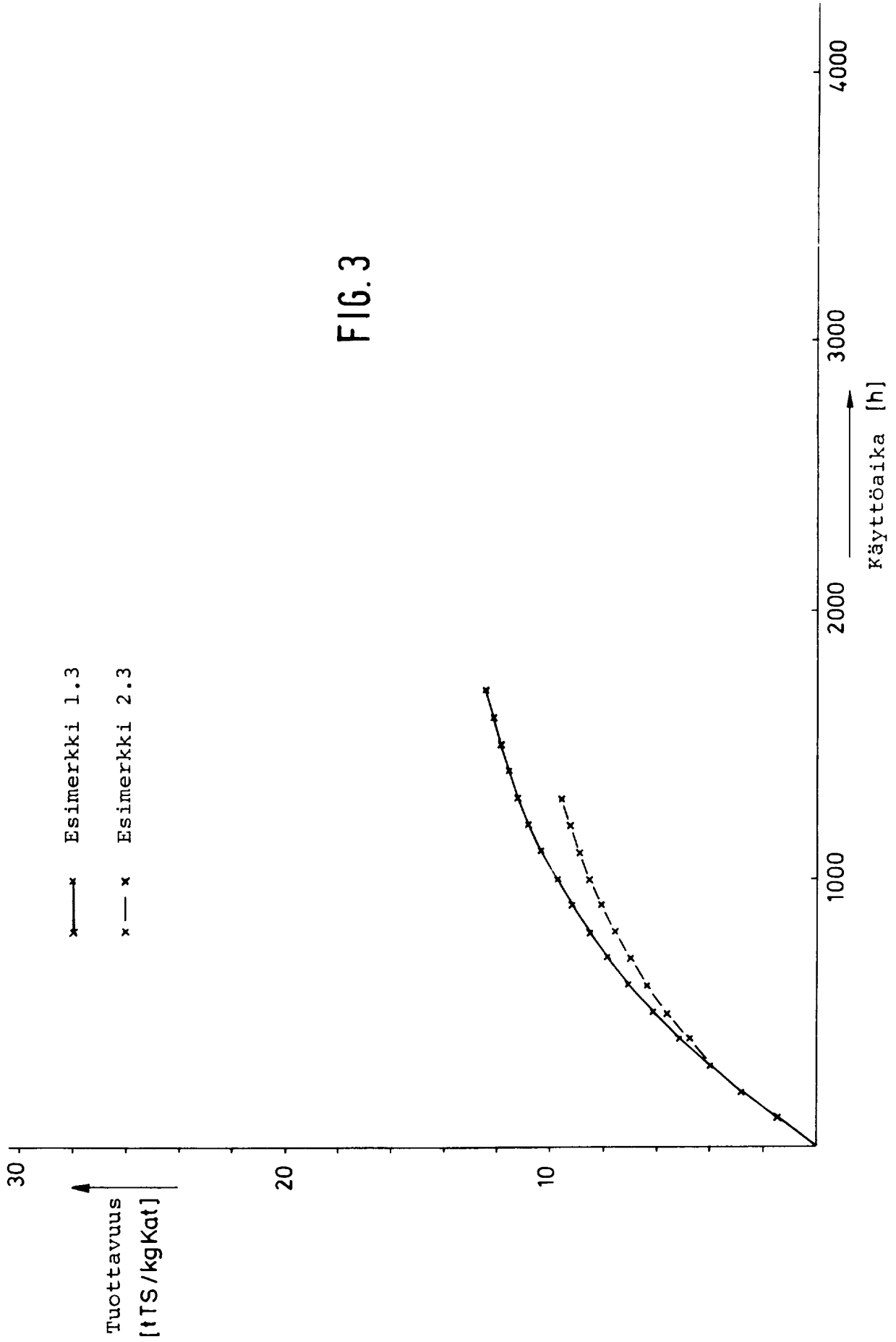


FIG. 3