

RIJKSLANDBOUWPROEFSTATION HOORN.

OVER DE SPECIFIEKE WERKING VAN MAÏS, GERST EN ANDERE
GRAANSOORTEN OP HET BEENSTELSEL.

DOOR

J. C. DE RUYTER DE WILDT EN E. BROUWER.

(Ingezonden 16 September 1932.)

Gerst en maïs zijn voedermiddelen, welke beide op zeer ruime schaal als varkensvoeder worden benut. Veelal raadt men aan in het laatst van de mestperiode de hoeveelheid maïs te beperken, omdat deze aanleiding geeft tot slapper spek, terwijl bij overmatig gebruik van maïs ook de kleur van het spek ongunstig kan worden beïnvloed. Gerst daarentegen geeft vaster spek, zonder nadeelig op de kleur te werken, zelfs bij gebruik alleen. Tegen het gebruik van maïs op jongeren leeftijd gelden deze bezwaren in veel mindere mate of zelfs in het geheel niet.

Toch ziet men in de praktijk veelal het omgekeerde, d. w. z. men geeft op jongeren leeftijd bij voorkeur gerstemeel om op ouderen leeftijd meer maïsmeel in het rantsoen op te nemen, zonder natuurlijk zoover te mogen gaan, dat de bovengenoemde nadeelige gevolgen van te ver doorgevoerde maïsvoeding zich laten gelden.

De reden van deze handelwijze is hierin gelegen, dat de ervaring geleerd heeft, dat bij jonge varkens de voeding met maïsmeel veel vaker tot ziekten van het beenstelsel (stijfheid, enz.) aanleiding geeft, dan bij voeding met gerstemeel het geval is.

De chemische minerale samenstelling kan daar moeilijk de oorzaak van zijn, daar het gehalte aan kalk en phosphor in het gerstemeel niet veel verschilt van dat in het maïsmeel, terwijl bij beide graanmeelen het gehalte aan phosphorzuur verre dat aan kalk overtreft.

Zoo vonden wij de volgende phosphorzuurgehalten (in % P_2O_5) in een aantal monsters gerste- en maïsmeel.

2007206

| Gerstemeel. | | Maïsmeeel. |
|--------------------|-------|--------------------|
| 0,645 | 0,693 | 0,851 |
| 0,742 | 0,859 | 0,807 |
| 0,755 | 0,801 | 0,805 |
| 0,619 | 0,737 | 0,764 |
| 0,776 | 0,665 | 0,644 |
| 0,761 | 0,897 | 0,780 |
| Gemiddeld: 0,746 % | | Gemiddeld: 0,775 % |
| = 0,326 % P | | = 0,338 % P |

Het phosphorgehalte is dus in het maïsmeeel maar slechts weinig hooger dan in het gerstemeel.

Het kalkgehalte van beide meelen is veel kleiner. NEUBAUER¹⁾ geeft voor het kalk- en phosphorzuurgehalte van gerstemeel 0,10 %, resp. 0,66—0,80 % en voor die van maïs 0,03 %, resp. 0,75 %.

Vele onderzoeken zijn in den laatsten tijd verricht door GREAVES en HIRST²⁾ in monsters van zeer uiteenlopende gronden en van zeer verschillende bemestingstoestand in den staat Utah in Amerika. Als gemiddelde gehalten van 110 verschillende monsters gerst en 75 monsters maïs geven zij op:

| | Ca (%) | | | P (%) | | |
|-----------------|--------|-------|---------|-------|-------|---------|
| | min. | max. | gemidd. | min. | max. | gemidd. |
| Gerst | 0,029 | 0,150 | 0,086 | 0,238 | 0,490 | 0,351 |
| Maïs | 0,130 | 0,180 | 0,150 | 0,320 | 0,350 | 0,334 |

Wij vonden in een mengmonster gerst, gedurende circa 5 maanden verzameld bij een 14-daagsche levering, zoodat dit mengmonster zeker van verschillende partijen afkomstig was: 0,077 % kalk = 0,055 % Ca, in twee andere monsters 0,08 % en 0,053 %. In een mengmonster maïsmeeel, uit verschillende partijen gele maïs samengesteld, vonden wij 0,01 % kalk; in een ander monster 0,02 % kalk.

Het verschil in kalkgehalte tusschen gerst en maïs is dus wel grooter, doch niet zóó groot, dat, gezien de opname uit andere bronnen, daaraan het verschil in werking moet worden toegeschreven.

¹⁾ H. NEUBAUER, Die Futterpreistafel, Berlin, P. Parey, 1927.

²⁾ GREAVES en HIRST, *The Journ. of Nutrition*, 1, 293 (1929).

Wij hebben ons daarom afgevraagd, of hier wellicht een vitamine in het spel zou kunnen zijn en daarbij werd uit den aard der zaak allereerst gedacht aan vitamine D.

Bekend is, dat maïsmeel geen vitamine D bevat, immers het bekende rantsoen van STEENBOCK en BLACK, 2965¹⁾, wordt juist veel gebruikt om de zogenaamde experimenteele rachitis bij ratten te verkrijgen en is samengesteld uit 76 dln. gele maïs, 20 dln. tarwegluten, 3 dln. koolzure kalk en 1 dl. keukenzout.

Wij kozen daarom voor onze proeven dit rantsoen, dat ons ook uit eigen ervaring als een uitstekend rantsoen bekend was ter verwekking, in zeer korten tijd, van ernstige rachitisverschijnselen bij ratten, ernstiger dan b.v. op het rantsoen van McCOLLUM, SIMMONDS, SHIPLEY en PARK²⁾, het zogenaamde rantsoen 3143, dat bovendien meer samengesteld is, doordat het o. a. twee graanmeelen bevat, n.l. naast het maïsmeel een gelijke hoeveelheid tarwemeel en daardoor ook reeds voor onze proeven minder geschikt was.

In het geheel werden door ons voor deze proeven bijna 140 bonte ratten gebruikt, verdeeld over een 24-tal proefseries.

SERIE 1. (2 ratten, duur 4 weken).

Hiervoor gebruikten wij, als inleiding tot verdere proeven, slechts 2 ratten, welke beide gedurende 3 weken op het bovengenoemde rantsoen van STEENBOCK en BLACK geplaatst werden. Inderdaad had zich na deze drie weken bij beide ratten een hooge graad van rachitis ontwikkeld, hetgeen Röntgenologisch gemakkelijk kan worden vastgesteld³⁾. Thans werd bij één der dieren in het STEENBOCK-rantsoen het maïsmeel geheel vervangen door gerstemeel en de voeding nog een week voortgezet. Het resultaat was:

| N ^o . en geslacht der ratten. | Graansoort in Steenbockrantsoen. | Begin- gewicht in grammen. | Groei in grammen. | Beoordeling der Röntgenfoto | |
|--|--|-------------------------------------|-------------------------|--------------------------------|-------------|
| | | | | na 3 weken. | na 4 weken. |
| 1587 ♀ | maïsmeel | 42 | 35 | + + + | + + + • |
| 1589 ♂ | gerstemeel | 44 | 43 | + + + | + |

¹⁾ STEENBOCK en BLACK, *J. Biol. Chem.*, 64, 263 (1925).

²⁾ McCOLLUM, SIMMONDS, SHIPLEY en PARK, *J. Biol. Chem.*, 51, 41 (1922).

³⁾ In de beschrijving van deze en volgende proefseries hebben wij de mate van de geconstateerde rachitis voorgesteld door de volgende symbolen: 0 is geen rachitis, • is zeer zwakke rachitis, + is duidelijke, positieve rachitis, welke al naar mate der sterkte voorgesteld wordt door één of meer kruisjes. Gecombineerd beteekent verder dus b.v. + + •, dat de rachitis iets, maar weinig sterker is dan + + en niet zoo sterk als bij een rat, welke op + + + beoordeeld is.

De uitkomst was derhalve opvallend; het dier, dat het gerstemeel had gekregen in het overigens ongewijzigde rantsoen, was nagenoeg genezen, terwijl de rachitistoestand bij rat 1587, die het rantsoen ongewijzigd met maïsmeel had gekregen, zoo mogelijk nog was verergerd, ondanks het feit, dat de groei op het gerstemeelrantsoen nog sterker was dan op het maïsmeelhoudende rantsoen.

SERIE 2 (6 ratten, duur 14 dagen).

De uitkomst, in serie 1 verkregen, was aanleiding deze proef met *hetzelfde gerstemeel en maïsmeel te herhalen*, doch thans werd *prophylactisch* gewerkt, d. w. z. de beide rantsoenen werden van den beginne af tegenover elkaar gesteld. De resultaten waren:

| N ^o . en geslacht der ratten. | Steenbockrantsoen, samengesteld met: | Begin- gewicht in grammen. | Groei in grammen. | Beoordeeling Röntgenfoto na 14 dagen. |
|--|---|-------------------------------------|-------------------------|---|
| 1592 ♂ | maïsmeel | 41 | 16 | + + + |
| 1596 ♂ | idem | 36 | 14 | + + + |
| 1597 ♀ | idem | 38 | 13 | + + + |
| 1594 ♀ | gerstemeel | 39 | 28 | • |
| 1595 ♂ | idem | 41 | 26 | + • |
| 1599 ♂ | idem | 38 | 16 | • |

Duidelijk treedt ook thans weder het groote verschil tusschen de rachitische werking van het maïsmeel en de antirachitische werking van het gerstemeel op den voorgrond, terwijl ook hier de gemiddelde groei der gerstemeelratten (23,3 g) sterker was dan die der maïsmeelratten (14,3 g).

SERIE 3 (6 ratten, duur 27 dagen).

Opnieuw werd op overeenkomstige wijze als bij serie 2 een proef aangezet, maar thans met ander maïsmeel en gerstemeel. Het gerstemeel was bovendien veel fijner gemalen, omdat gebleken was, dat bij de vorige series nogal met de doppen gemorst werd; dit had thans niet meer van beteekenis plaats.

De resultaten zijn bij dit maïs- en gerstemeel weder geheel in dezelfde richting. Rat 1607, welke gerstemeel in het rantsoen ontving, toonde een zeer

| N°. en geslacht van de rat. | Steenbockrantsoen, samengesteld met: | Begin-gewicht in grammen. | Groei in grammen. | Beoordeeling der Röntgenfoto | | |
|-----------------------------|--------------------------------------|---------------------------|-------------------|------------------------------|--------------|--------------|
| | | | | na 14 dagen. | na 20 dagen. | na 27 dagen. |
| 1610 ♀ | maïsmeeel 529 | 39 | 19 | +++ | ++++ | ++++ |
| 1611 ♂ | idem | 41 | 21 | +++ | +++ | +++ |
| 1612 ♀ | idem | 39 | 20 | +++ | +++ | +++ |
| 1607 ♂ | gerstemeel 530 | 45 | 44 | ++ | + . | + |
| 1609 ♀ | idem | 37 | 33 | • | • | • |
| 1613 ♀ | idem | 37 | 26 | • | • | • |

sterken groei, n.l. gemiddeld meer dan 1,5 g per dag, in de eerste 14 dagen zelfs bijna 2 gram per dag. Bij deze rat ontwikkelde zich ook aanvankelijk een vrij sterke rachitis, die echter langzaam verbeterde; dit wijst er op, dat bij zeer sterken groei op jeugdigen leeftijd ook het gerstemeel niet voldoende antirachitisch werkt om het ontstaan van deze ziekte geheel te voorkomen.

Verder toont ook deze serie weer, dat de groei op gerstemeel belangrijker sterker was dan op maïsmeeel, n.l. gemiddeld 20 g op maïsmeeel tegen 34,3 gram op gerstemeel.

SERIE 4 (6 ratten, duur 14 dagen).

Nogmaals werden twee andere monsters gerste- en maïsmeeel, genummerd 544 en 543, vergelijkenderwijze onderzocht.

Het STEENBOCK-BLACK-rantsoen werd dus weder òf met maïsmeeel 543 òf met gerstemeel 544 samengesteld en op elk der rantsoenen werden drie ratten gedurende 14 dagen geplaatst.

| N°. en geslacht der ratten. | Steenbockrantsoen, samengesteld met: | Begin-gewicht in grammen. | Groei in grammen. | Beoordeeling Röntgenfoto na 14 dagen. |
|-----------------------------|--------------------------------------|---------------------------|-------------------|---------------------------------------|
| 1648 ♂ | maïsmeeel 543 | 42 | 18 | +++ |
| 1649 ♀ | idem | 45 | 23 | +++ |
| 1650 ♀ | idem | 41 | 22 | +++ |
| 1651 ♂ | gerstemeel 544 | 43 | 23 | + |
| 1652 ♀ | idem | 40 | 17 | + |
| 1653 ♀ | idem | 43 | 18 | + |

Hoewel ook de gerstemeelratten een weinig rachitis bij het Röntgenologisch onderzoek lieten zien, is wederom het verschil tusschen maïsmeel en gerstemeel frappant.

Een zóó groot verschil in groei door beide rantsoenen trad ditmaal niet op. De gemiddelde groei der maïsmeelratten was 21,0 g, die der gerstemeelratten 19,3 g.

Ook bij verdere proefseries, waar enkele ratten in werden opgenomen, die alleen hetzij maïsmeel, hetzij gerstemeel in het STEENBOCK-BLACK-rantsoen kregen, trad steeds het verschil in rachitis-verwekkende eigenschappen der beide meelsoorten op.

SERIE 5 (6 ratten, duur 14 dagen).

Was nu werkelijk het vitamine D in het spel, dan mochten wij verwachten, dat aetherextracten eveneens een verschil in werking zouden vertoonen. Het maïsvet, voor deze proef gebruikt, was van het zelfde maïsmeel als hetwelk in serie 3 dienst had gedaan. De overeenkomstige vetten (aetherextracten) werden verkregen door het betreffende meel circa 9 uur in een Soxhlet-toestel te extraheeren, de aether voorzichtig in een waterbad grootendeels af te dampen en de rest in een vacuum-exsiccator te verwijderen. Uit 200 g gerstemeel werd aldus 4,4 g vet en uit 250 g 5,7 g vet gewonnen, overeenkomende met 2,20 % en 2,28 %. Uit 200 g maïsmeel werden 8,8 g vet of 4,40 % verkregen.

Wij stelden nu een STEENBOCK-rantsoen met maïsmeel samen en vergeleken de werking daarvan met hetzelfde rantsoen, doch waaraan extra hetzij gerstemeelvet, hetzij maïsmeelvet werd toegevoegd en wel in een zoodanige hoeveelheid, dat aan 100 g van het rantsoen het vet van 100 g van het betreffende meel werd toegevoegd.

| N ^o . en geslacht der ratten. | Steenbockrantsoen, samengesteld met: | Begin-gewicht in grammen. | Groei in grammen. | Beoordeeling Röntgenfoto na 14 dagen. |
|--|--------------------------------------|---------------------------|-------------------|---------------------------------------|
| 1626 ♂ | maïsmeel 537 | 43 | 16 | + + + |
| 1628 ♂ | idem | 43 | 12 | + + + |
| 1630 ♂ | maïsmeel 537 + maïsvet 529 . | 47 | 14 | + + + |
| 1631 ♀ | idem | 43 | 14 | + + • |
| 1627 ♂ | maïsmeel 537 + gerstevet 520 | 47 | 8 | • |
| 1629 ♀ | idem | 44 | 12 | • |

Het resultaat laat aan duidelijkheid niets te wenschen over. Werd aan 100 g van het grondrantsoen het aetherextract van 100 g maïsmeel toegevoegd, dan waren de dieren na 14 dagen even sterk rachitisch als wanneer ze alléén het grondrantsoen kregen. Werd daarentegen het extract van 100 g gerst toegevoegd, dan was *nauwelijks iets van rachitis te bespeuren*; de rachitis-verwekkende eigenschap van het maïsmeel was door toevoeging van het gerstevet opgeheven.

SERIE 6 (7 ratten, duur 18 dagen).

De in serie 5 verkregen resultaten werden in deze proefserie getoetst met andere monsters gerstemeel (555) en maïsmeel (554). De aan 100 g rantsoen toegevoegde hoeveelheid vet was weder afkomstig van 100 g van het betrokken meel. Omdat thans aanvankelijk het resultaat, beschreven in de vorige serie, bijna geheel uitbleef, werd de proef na 13 dagen nog eenige dagen voortgezet doch onder verdubbeling van de toegevoegde hoeveelheid vet.

Het volgende schema toont duidelijk de resultaten.

| N ^o . en geslacht der ratten. | Steenbockrantsoen, samengesteld met: | Begin- gewicht in grammen. | Groei in grammen. | Beoordeeling der Röntgenfoto | |
|--|---|-------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-----------------|
| | | | | na 13 dagen. | na 18 dagen. |
| 1668 ♀ | maïsmeel 554 | 38 | 14 | + + • | + + + |
| 1665 ♂ | maïsmeel 554 + maïsvet 554 | 41 | 17 | + + • | + + + |
| 1667 ♂ | idem. | 37 | 16 | + + • | + + + |
| 1672 ♀ | idem. | 35 | 15 | + + • | + + + |
| 1666 ♂ | maïsmeel 554 + gerste- vet 555 | 40 | 19 | + + | + + |
| 1669 ♀ | idem. | 37 | 17 | + + | + • |
| 1670 ♂ | idem. | 38 | 20 | + + | + • |

Bij alle ratten trad vrij ernstige rachitis op, hoewel toch reeds duidelijk een verschil ten gunste van het toegevoegde gerstemeelvet was waar te nemen. Dit verschil werd niet onbelangrijk grooter, toen de hoeveelheid vet verdubbeld werd; bij het gerstemeelvet trad verbetering en een belangrijke verkalking in de epiphysairlijnen op, terwijl bij de ratten met het maïsmeel in het rantsoen de rachitis zich nog sterker ontwikkelde.

SERIE 7 (5 ratten, duur 21 dagen).

In de vorige beide series oefende het gerstevet een antirachitische werking uit; opvallend was echter, dat deze werking van het extract minder sterk was dan die van het gerstemeel als zoodanig. Wij vroegen ons daarom af, of er bij de extractie vitamine wordt vernietigd dan wel of er nog een deel der antirachitische functie in de gerst achter blijft ondanks de intensieve extractie. Dit laatste bleek het geval te zijn.

Met dezelfde meelmonsters (554 en 555), welke voor de vorige proefserie waren gebruikt, werd thans de werking van het gerstemeel vergeleken met het geëxtraheerde meel, terwijl vergelijkenderwijs ook nog een rantsoen met maïsmeel werd samengesteld. De resultaten waren:

| N ^o . en geslacht der ratten. | Steenbockrantsoen, samengesteld met: | Begin- gewicht in grammen. | Groeï in grammen. | Beoordeeling der Röntgenfoto | |
|--|--|-------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-----------------|
| | | | | na 14 dagen. | na 21 dagen. |
| 1673 ♂ | gerstemeel 555 | 38 | 21 | o | o |
| 1674 ♂ | idem | 39 | 34 | • | • |
| 1675 ♂ | geëxtraheerd gerstemeel 555 | 39 | 39 | + • | + • |
| 1677 ♂ | idem | 39 | 31 | + | + |
| 1676 ♂ | maïsmeel 554 | 37 | 16 | + + | + + + |

Er blijkt hieruit, dat, hoewel het geëxtraheerde gerstemeel minder antirachitisch heeft gewerkt dan het niet-geëxtraheerde, het toch nog belangrijk beter heeft gewerkt dan het maïsmeel en er dus een deel van de antirachitische werking, ondanks den langen duur der aetherextractie, in het gerstemeel achter is gebleven.

SERIE 8 (8 ratten, duur 21 dagen).

Ter nadere bevestiging werd, met dezelfde meelsoorten als in serie 7 werden gebruikt, met een nieuwen worp ratten deze proef herhaald.

We treffen dus ook in deze serie eenzelfde resultaat als bij de vorige proefserie, d.w.z. door extractie met aether worden de antirachitische eigenschappen belangrijk verminderd, maar niet geheel opgeheven, zoodat het geëxtraheerde meel nog boven het maïsmeel blijft.

| N°. en geslacht der ratten. | Steenbockkrantsoen, samengesteld met: | Begin- gewicht in grammen. | Groei in grammen. | Beoordeeling der Röntgenfoto | |
|-----------------------------------|---|-------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-----------------|
| | | | | na 14 dagen. | na 21 dagen. |
| 1721 ♀ | gerstemeel 555 | 38 | 13 | • | o |
| 1722 ♂ | idem | 39 | 22 | • | o |
| 1723 ♂ | I geëxtraheerd gerste- meel 555 | 39 | 18 | + • | • |
| 1725 ♀ | idem | 37 | 19 | + • | + |
| 1724 ♂ | II geëxtraheerd gerste- meel 555 | 38 | 24 | + + | + • |
| 1727 ♀ | idem | 39 | 26 | + + | + • |
| 1726 ♀ | maïsmeel 554 | 43 | 20 | + + + | + + + • |
| 1728 ♂ | idem | 35 | 16 | + + • | + + + |

De vetextractie had ditmaal niet in een Soxhlet-toestel plaats, maar door bij gewone temperatuur het meel met aether te laten staan onder herhaaldelijk omschudden, dan de aether af te laten vloeien en versche aether op het meel te brengen, weer af te laten vloeien, enz. Deze werkwijze werd 14 maal herhaald en de verzamelde aethervloeistoffen werden verder op de reeds beschreven wijze verwerkt op het vet. Door de groote hoeveelheid meel (800 g), welke geëxtraheerd werd met het oog op het voor de rattenproef benodigde materiaal, varieerde de hoeveelheid gewonnen vet een weinig. Zoo werd bij de verwerking van de eerste portie (de ratten 1723 en 1725) uit 800 g gerstemeel 18,346 g vet verkregen of 2,29 %, bij de tweede 800 g 19,700 g vet of 2,46 % (de ratten 1724 en 1727). Het gerstemeel, dat de ratten 1724 en 1727 kregen, was derhalve een weinig intensiever geëxtraheerd dan dat, hetwelk den ratten 1723 en 1725 ter beschikking gesteld werd.

We zien nu, dat bij de laatstgenoemde dieren ook in mindere mate rachitis zich ontwikkelde; evenwel, ook de groei was bij deze ratten minder sterk, n.l. gemiddeld 18,5 g tegenover 25,0 g. Hoe deze drie punten, n.l. sterke vetextractie gepaard met sterkere rachitis en sterkeren groei met elkaar in oorzakelijk verband gebracht moeten worden, is moeilijk te zeggen, te meer waar door het beperkte proefmateriaal ook het toeval als vierde punt misschien moet worden ingevoegd.

In elk geval blijkt wel, dat de antirachitische werking van het gerstemeel

door extractie zeer verzwakt wordt, maar dat een deel daarvan in het gerstemeel achterblijft.

SERIE 9 (6 ratten, duur 14 dagen).

In verband met bovenstaand resultaat hebben wij voor de in deze serie uitgevoerde proefneming, waar de geëxtraheerde vetten toegevoegd werden aan de tegengestelde granen, de vethoeveelheden vergeleken met de vorige proefseries verdubbeld, b.v. aan 100 g van het rantsoen, samengesteld met geëxtraheerd gerstemeel, het vet van 200 g maïsmeel toegevoegd en omgekeerd, derhalve zooals in de laatste week van serie 6.

Het gerste- en maïsmeel, voor deze proefserie gebruikt, waren dezelfde als die in de vorige serie.

| N ^o . en geslacht der ratten. | Steenbockrantsoen, samengesteld met: | Begin- gewicht in grammen. | Groei in grammen. | Beoordeeling Röntgenfoto na 14 dagen. |
|--|---|-------------------------------------|-------------------------|---|
| 1684 ♂ | geëxtrah. maïsmeel 554 + gerstemeelvet 555 | 40 | 16 | • |
| 1686 ♀ | idem | 35 | 14 | + |
| 1689 ♂ | idem | 38 | 18 | + |
| 1685 ♂ | geëxtrah. gerstemeel 555 + maïsmeelvet 554 | 40 | 15 | + + • |
| 1688 ♀ | idem | 38 | 15 | + + • |
| 1691 ♂ | idem | 40 | 17 | + + • |

Inderdaad heeft dus door de uitwisseling der vetten een omwisseling plaats gehad.

Hoezeer dit alles voor de opvatting pleit, dat de antirachitische werking van het gerstemeel ten deele of wellicht geheel aan een daarin voorkomend vitamine D moet worden toegeschreven, diende toch te worden bedacht, dat het aetherextract, uit hoofde van zijn gehalte aan fosphatiden, nog een zekere hoeveelheid phosphorus bevat. Bij onderzoek bleek per g gerstemeelvet slechts 1,5 mg P₂O₅ aanwezig te zijn. Deze hoeveelheid is zoo gering, dat ze geen gewicht in de schaal legt; in maïsextract werd nog minder gevonden.

SERIE 10 (12 ratten, duur 28 dagen).

Ofschoon, zooals in den aanvang reeds werd gezegd, op grond van de chemische samenstelling, betreffende de twee belangrijke minerale bestand-

deelen kalk en phosphorzuur, het verschil in de besproken eigenschappen van het gerstemeel en maïsmeel moeilijk te verklaren was, hebben wij toch een proef genomen, waarbij door toevoeging van natriumphosphaat (gedroogd Na_2HPO_4) het P-gehalte van de rantsoenen gelijk werd gemaakt. Voor het Ca-gehalte was dit o.i. niet noodig, omdat een gering verschil daarin toch van weinig beteekenis is door het hooge Ca-gehalte van het rantsoen; immers het STEENBOCK-BLACK-rantsoen bevat 3,0 % koolzure kalk.

Wij gebruikten weder een nieuw monster maïsmeel, genummerd 592 en een nieuw gerstemeel 595. Het P_2O_5 -gehalte van het maïsmeel was 0,780 %, dat van het gerstemeel 0,897 %. Het maïsmeel werd dus door toevoeging van Na_2HPO_4 op het P_2O_5 -gehalte van het gerstemeel gebracht en daarna werd met beide meelen een STEENBOCK-BLACK-rantsoen samengesteld.

6 ratten kregen het rantsoen, samengesteld met gerstemeel en 6 ratten dat met maïsmeel aangevuld met Na_2HPO_4 . De resultaten waren, zooals verwacht werd.

| N°. en geslacht der ratten. | Steenbockrantsoen, samengesteld met: | Begin-gewicht in grammen. | Groei in grammen. | Beoordeeling der Röntgenfoto | | |
|-----------------------------|--------------------------------------|---------------------------|-------------------|------------------------------|--------------|--------------|
| | | | | na 14 dagen. | na 21 dagen. | na 28 dagen. |
| 1826 ♂ | maïsmeel 592 + | | | | | |
| | Na_2HPO_4 | 42 | 18 | ++ | +++ | ++++ |
| 1833 ♀ | idem | 41 | 24 | ++ | +++ | ++++ |
| 1845 ♀ | idem | 38 | 19 | + • | ++ • | +++ • |
| 1852 ♂ | idem | 40 | 22 | ++ | +++ | ++++ |
| 1860 ♀ | idem | 39 | 19 | ++ | +++ | +++ • |
| 1865 ♂ | idem | 38 | 27 | ++ • | +++ • | ++++ |
| 1830 ♂ | gerstemeel 595 . | 44 | 40 | • | • | • |
| 1836 ♀ | idem | 39 | 36 | • | • | • |
| 1846 ♀ | idem | 40 | 28 | o | o | o |
| 1858 ♀ | idem | 40 | 36 | o | o | o |
| 1862 ♂ | idem | 44 | 55 | + | + | • |
| 1872 ♀ | idem | 39 | 44 | • | • | • |

Dit schema toont duidelijk, dat toevoeging van Na_2HPO_4 aan het maïsmeel, totdat eenzelfde niveau als het P_2O_5 -gehalte van het gerstemeel bereikt is, geen invloed heeft gehad op het verschillend gedrag der beide meelsoorten. Het maïsmeel bleef sterke rachitis verwekken, het gerstemeel zeer weinig of niet; alleen rat 1862, die een buitengewoon sterken groei had, n.l. vrijwel 2 g per dag, toonde een weinig meer rachitis dan de overige gerst-dieren.

Voorts valt wederom op, dat in het algemeen de groei op het gerstemeel-rantsoen veel sterker was dan op dat met maïsmeel. Was de groei op maïsmeel gemiddeld 21,5 g, op gerstemeel bedroeg hij 39,8 g.

De conclusie, welke uit al deze proefseries te trekken valt, is derhalve deze, *dat bij ratten, op een STEENBOCK-BLACK-rantsoen, waarin de Ca : P-verhouding onevenwichtig verschoven is naar de zijde van de kalk, maïsmeel in dit rantsoen sterke rachitis doet ontstaan, gerstemeel daarentegen niet of slechts zeer weinig.*

Maïsmeel bevat geen, gerstemeel daarentegen wel vitamine D.

SERIE 11/16 (31 ratten, duur 14 en 21 dagen).

Nadat wij tot deze slotsom waren gekomen, hebben wij ons afgevraagd, welke plaats de overige graansoorten innemen. Daarvoor werd een reeds vroeger onderzocht monster maïs vergeleken met twee monsters haver, twee monsters tarwe en twee monsters rogge; deze graansoorten werden weer in zeer fijn gemalen toestand met tarwegluten, CaCO₃ en NaCl tot STEENBOCK-BLACK-rantsoenen saamgevoegd.

| N ^o . en geslacht der ratten. | Steenbockrantsoen, samengesteld met: | Begin- gewicht in grammen. | Groei in grammen. | Beoordeeling der Röntgenfoto | |
|--|---|-------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-----------------|
| | | | | na 14 dagen. | na 21 dagen. |
| 1678 ♀ | maïsmeel 554 | 46 | 18 | + + + | |
| 1680 ♀ | idem | 41 | 19 | + + + | |
| 1692 ♀ | idem | 36 | 9 | + + • | |
| 1693 ♀ | idem | 38 | 15 | + + • | |
| 1706 ♂ | idem | 42 | 23 | + + | |
| 1713 ♀ | idem | 34 | 18 | + + | |
| 1737 ♀ | idem | 39 | 14 | + + | |
| 1700 ♀ | idem | 38 | 23 | + + | + + + |
| 1704 ♂ | idem | 42 | 24 | + + | + + + |
| 1741 ♂ | idem | 39 | 23 | + + | + + • |
| 1746 ♀ | idem | 38 | 23 | + + • | + + + |
| Gemiddeld | | 39,4 | | + + • | + + + |

| N°. en geslacht der ratten. | Steenbockkrantsoen, samengesteld met: | Begin- gewicht in grammen. | Groeï in grammen. | Beoordeeling der Röntgenfoto | |
|-----------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-----------------|
| | | | | na 14 dagen. | na 21 dagen. |
| 1681 ♂ | havermeel 569 | 45 | 19 | • | |
| 1682 ♀ | idem | 45 | 7 | • | |
| 1695 ♂ | idem | 36 | 13 | + • | |
| 1697 ♀ | idem | 36 | 9 | + • | |
| 1743 ♂ | havermeel 577 | 36 | 16 | • | • |
| 1747 ♀ | idem | 37 | 14 | + | • |
| Gemiddeld | | 39,2 | | + | • |
| 1707 ♂ | tarwemeel 576 | 39 | 28 | + + • | |
| 1709 ♀ | idem | 39 | 26 | + + | |
| 1739 ♂ | tarwemeel 579 | 39 | 16 | + + | |
| 1740 ♀ | idem | 36 | 14 | + + | |
| 1701 ♀ | tarwemeel 576 | 40 | 28 | + + | + + • |
| 1703 ♂ | idem | 42 | 23 | + + | + + • |
| 1745 ♂ | tarwemeel 579 | 39 | 29 | + + | + + |
| Gemiddeld | | 39,1 | | + + | + + • |
| 1711 ♀ | roggemeel 575 | 41 | 22 | • | |
| 1712 ♂ | idem | 39 | 30 | + | |
| 1738 ♂ | roggemeel 578 | 37 | 16 | • | |
| 1742 ♂ | idem | 39 | 24 | + | • |
| 1744 ♀ | idem | 39 | 14 | • | • |
| 1702 ♂ | roggemeel 575 | 42 | 42 | + | + |
| 1705 ♀ | idem | 38 | 32 | + | + |
| Gemiddeld | | 39,3 | | + | + |

Zooals men ziet, werkte ook het tarwemeel tamelijk sterk rachitisch, alhoewel niet zoo sterk als het maïsmeeel; bij het gebruik van rogge- en havermeel ontstonden echter slechts matige graden van deze ziekte.

De gemiddelde groei (g) was de volgende:

| | In 14 dagen. | In 3 weken. |
|-------------|--------------|-------------|
| Haver | 12,0 | 15,0 |
| Maïs | 16,6 | 23,3 |
| Tarwe | 21,0 | 25,5 |
| Rogge | 22,7 | 28,0 |

Deze tabel toont aan, dat de met haver gevoede dieren veel minder sterk gegroeid zijn dan de overige. Het zou dus kunnen zijn, dat de geringe graad van rachitis, welke de haverdieren toonden, daarmee samenhangt. Voor de rogge geldt dit natuurlijk niet, omdat de rogge-ratten zelfs sterker dan de maïs- en tarwe-ratten gegroeid zijn.

SERIE 17/22 (30 ratten, duur 28 dagen).

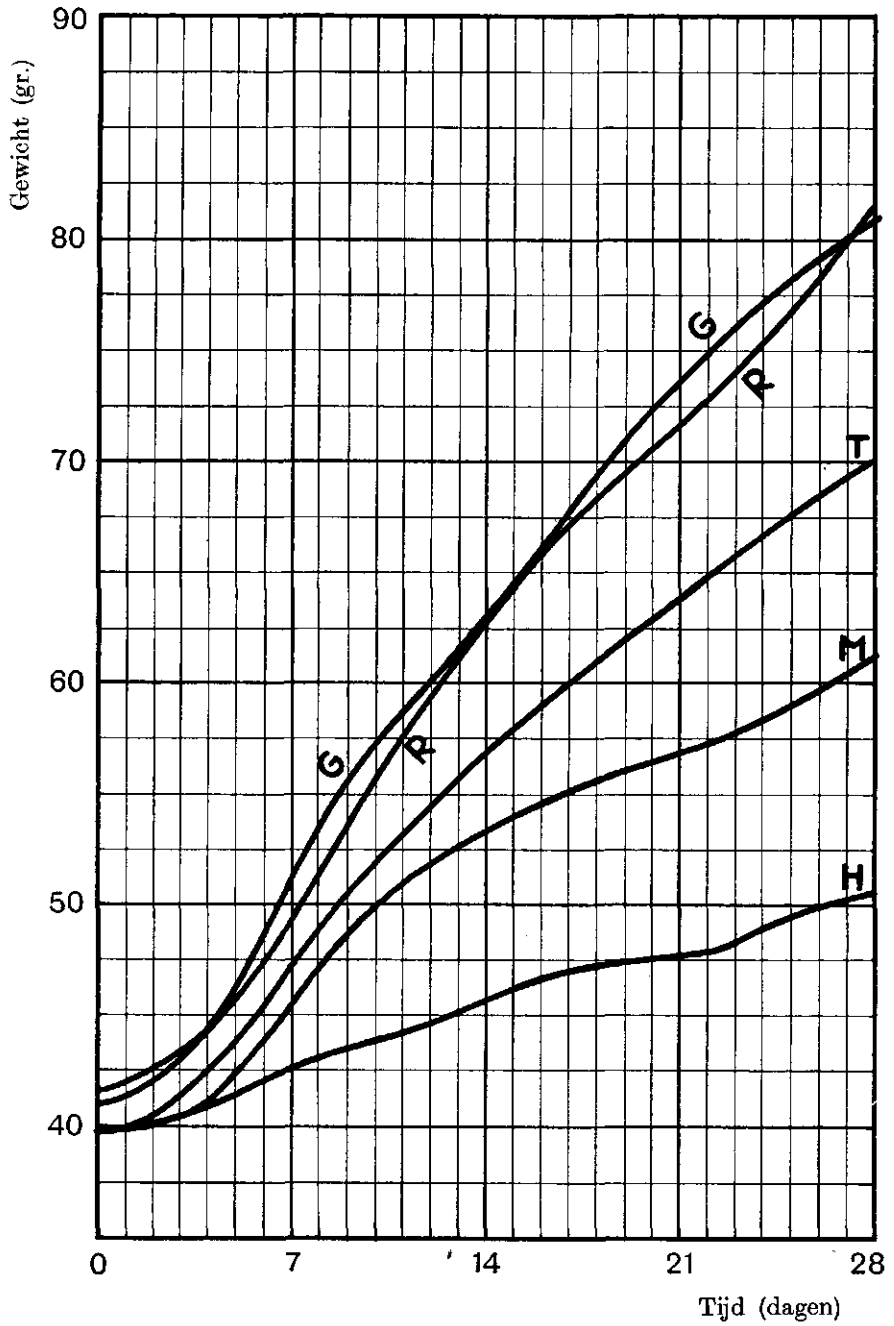
Deze series zijn opgezet ter nadere bevestiging van de in de voorafgaande series verkregen resultaten. De proefduur werd echter iets langer genomen en de phosphorgehalten der granen werden met behulp van gedroogd Na_2HPO_4 gelijk gemaakt. De oorspronkelijke P_2O_5 -gehalten waren n.l.: maïs: 0,780 %, tarwe: 0,895 %, rogge: 0,767 %, haver: 0,750 % en gerst: 0,897 %; alle werden op het P_2O_5 -gehalte van het gerstemeel, dus op 0,897 gebracht en daarna met tarwegluten, CaCO_3 en NaCl in de gewone verhouding gemengd. Van zes worpen werden telkens vijf dieren genomen. Deze dieren werden achtereenvolgens aldus genummerd: 1826—1831, 1833—1839, 1845—1851, 1852—1859, 1860—1864 en 1865—1872; de vijf dieren van elken worp werden gelijkelijk over de vijf graansoorten verdeeld.

| N ^o . en geslacht der ratten. | Steenbockkrantsoen, samengesteld met: | Begin-gewicht in grammen. | Groei in grammen. | Beoordeeling der Röntgenfoto | | |
|--|---------------------------------------|---------------------------|-------------------|------------------------------|--------------|--------------|
| | | | | na 14 dagen. | na 21 dagen. | na 28 dagen. |
| 1826 ♂ | maïsmeel 592 . . | 42 | 18 | ++ | +++ | ++++ |
| 1833 ♀ | idem | 41 | 24 | ++ | +++ | ++++ |
| 1845 ♀ | idem | 38 | 19 | + • | ++ • | +++ • |
| 1852 ♂ | idem | 40 | 22 | ++ | +++ | ++++ |
| 1860 ♀ | idem | 39 | 19 | ++ | +++ | +++ • |
| 1865 ♂ | idem | 38 | 27 | ++ • | +++ • | ++++ |
| Gemidd. | | 39,7 | 21,5 | ++ | +++ | ++++ |
| 1828 ♂ | tarwemeel 593 . . | 42 | 16 | + | • | o |
| 1838 ♀ | idem | 41 | 28 | • | • | • |
| 1850 ♂ | idem | 38 | 46 | ++ | + • | + • |
| 1857 ♀ | idem | 41 | 25 | • | • | • |
| 1861 ♀ | idem | 40 | 29 | + • | ++ | ++ |
| 1866 ♂ | idem | 38 | 34 | + • | + • | + • |
| Gemidd. | | 40,0 | 29,7 | + | + • | + |

| N ^o . en geslacht der ratten. | Steenbockkrantsoen, samengesteld met: | Begin-gewicht in grammen. | Groei in grammen. | Beoordeeling der Röntgenfoto | | |
|--|---------------------------------------|---------------------------|-------------------|------------------------------|--------------|--------------|
| | | | | na 14 dagen. | na 21 dagen. | na 28 dagen. |
| 1829 ♀ | roggemeel 594 . . | 43 | 31 | • | • | • |
| 1839 ♀ | idem | 41 | 46 | • | • | • |
| 1847 ♂ | idem | 44 | 39 | + | • | • |
| 1854 ♀ | idem | 41 | 36 | o | o | • |
| 1863 ♀ | idem | 42 | 43 | + | ++• | ++• |
| 1868 ♂ | idem | 38 | 43 | +• | ++ | +• |
| Gemidd. | | 41,5 | 39,7 | • | + | + |
| 1830 ♂ | gerstemeel 595 | 44 | 40 | • | • | • |
| 1836 ♀ | idem | 39 | 36 | • | • | • |
| 1846 ♀ | idem | 40 | 28 | o | o | o |
| 1858 ♀ | idem | 40 | 36 | o | o | o |
| 1862 ♂ | idem | 44 | 55 | + | + | • |
| 1872 ♀ | idem | 39 | 44 | • | • | • |
| Gemidd. | | 41,0 | 39,8 | • | • | • |
| 1831 ♀ | haverveel 596 . . | 43 | 3 | o | o | o |
| 1834 ♀ | idem | 37 | 7 | o | o | o |
| 1851 ♂ | idem | 38 | 14 | o | o | o |
| 1859 ♀ | idem | 41 | 22 | o | • | • |
| 1864 ♀ | idem | 40 | 13 | o | • | • |
| 1870 ♂ | idem | 41 | 4 | o | o | o |
| Gemidd. | | 40,0 | 10,5 | o | o | o |

De uitkomst komt in groote trekken met het vroeger verkregen resultaat overeen. Ook thans kunnen wij de antirachitische werking van de haver niet goed beoordeelen, omdat de haverdieren te weinig groeiden (10,5 g in 28 dagen). Den besten groei hadden de gerst- en roggedieren (39,8, resp. 39,7 g), terwijl de tarwedieren 29,7 en de maïsdieren 21,5 g in gewicht toenamen. De gemiddelde groei der 5 groepen is in fig. 1 weergegeven; hierin beteekent: M = maïs; G = gerst; T = tarwe; H = haver; R = rogge.

Fig. 1. Gemiddelde gewichtscurven der series 17/22.



Van alle dieren analyseerden wij beenderen der achterpooten (2 dijbeenderen + 2 scheenbeenderen).

| N°. en geslacht. | Proefvoeder. | Begin- gewicht. (g). | Gewichts- toename. (g). | Been- gewicht ¹⁾ . (mg). | Asch- gewicht ¹⁾ . (mg). | Asch in droog vetvrij been (%). | A/R ratio. |
|------------------|-----------------|----------------------------|-------------------------------|---|---|--|---------------|
| 1826 ♂ | maïsmeeel 592 . | 42 | 18 | 255,3 | 99,8 | 39,09 | 0,64 |
| 1833 ♀ | idem | 41 | 24 | 270,4 | 118,4 | 43,78 | 0,78 |
| 1845 ♀ | idem | 38 | 19 | 231,7 | 77,1 | 33,27 | 0,50 |
| 1852 ♂ | idem | 40 | 22 | 250,7 | 92,1 | 36,74 | 0,58 |
| 1860 ♀ | idem | 39 | 19 | 258,7 | 102,7 | 39,70 | 0,66 |
| 1865 ♂ | idem | 38 | 27 | 244,8 | 85,6 | 34,97 | 0,54 |
| Gemidd. | | 39,7 | 21,5 | 251,93 | 95,95 | 38,09 | 0,62 |
| 1828 ♂ | tarwemeel 593 | 42 | 16 | 359,8 | 205,5 | 57,11 | 1,33 |
| 1838 ♀ | idem | 41 | 28 | 400,9 | 224,4 | 55,97 | 1,27 |
| 1850 ♂ | idem | 38 | 46 | 428,7 | 206,2 | 48,10 | 0,93 |
| 1857 ♀ | idem | 41 | 25 | 349,0 | 194,3 | 55,67 | 1,26 |
| 1861 ♀ | idem | 40 | 29 | 362,9 | 187,1 | 51,56 | 1,06 |
| 1866 ♂ | idem | 38 | 34 | 367,0 | 182,7 | 49,78 | 0,99 |
| Gemidd. | | 40,0 | 29,7 | 378,05 | 200,03 | 52,91 | 1,12 |
| 1829 ♀ | roggemeel 594 | 43 | 31 | 399,0 | 235,9 | 59,12 | 1,45 |
| 1839 ♀ | idem | 41 | 46 | 454,4 | 261,8 | 57,61 | 1,36 |
| 1847 ♂ | idem | 44 | 39 | 481,0 | 276,3 | 57,44 | 1,35 |
| 1854 ♀ | idem | 41 | 36 | 397,4 | 224,9 | 56,59 | 1,30 |
| 1863 ♀ | idem | 42 | 43 | 386,4 | 185,9 | 48,11 | 0,93 |
| 1868 ♂ | idem | 38 | 43 | 381,8 | 189,6 | 49,66 | 0,99 |
| Gemidd. | | 41,5 | 39,7 | 416,67 | 229,07 | 54,98 | 1,22 |
| 1830 ♂ | gerstemeel 595 | 44 | 40 | 472,0 | 259,2 | 54,92 | 1,22 |
| 1836 ♀ | idem | 39 | 36 | 455,8 | 262,9 | 57,68 | 1,36 |
| 1846 ♀ | idem | 40 | 28 | 384,7 | 219,9 | 57,16 | 1,33 |
| 1858 ♀ | idem | 40 | 36 | 401,4 | 225,2 | 56,10 | 1,28 |
| 1862 ♂ | idem | 44 | 55 | 559,4 | 309,8 | 55,38 | 1,24 |
| 1872 ♀ | idem | 39 | 44 | 446,7 | 253,5 | 56,75 | 1,31 |
| Gemidd. | | 41,0 | 39,8 | 453,33 | 255,08 | 56,27 | 1,29 |

¹⁾ Beide dijbeenderen + beide scheenbeenderen.

| N ^o . en geslacht. | Proefvoeder. | Begin- gewicht. | Gewichts- toename. | Been- gewicht ¹⁾ . | Asch- gewicht ¹⁾ . | Asch in droog vetvrij been (%). | A/R ratio. |
|----------------------------------|---------------|--------------------|-----------------------|----------------------------------|----------------------------------|--|---------------|
| | | (g). | (g). | (mg). | (mg). | | |
| 1831 ♀ | havermeel 596 | 43 | 3 | 298,5 | 167,8 | 56,21 | 1,28 |
| 1834 ♀ | idem | 37 | 7 | 266,3 | 146,8 | 55,13 | 1,23 |
| 1851 ♂ | idem | 38 | 14 | 306,4 | 166,9 | 54,47 | 1,20 |
| 1859 ♀ | idem | 41 | 22 | 343,7 | 187,5 | 54,55 | 1,20 |
| 1864 ♀ | idem | 40 | 13 | 320,0 | 170,0 | 53,12 | 1,13 |
| 1870 ♂ | idem | 41 | 4 | 263,1 | 139,0 | 52,84 | 1,12 |
| Gemidd. | | 40,0 | 10,5 | 299,67 | 163,00 | 54,39 | 1,19 |

Gemiddeld hadden de *gerst*-dieren het hoogste beengewicht met het hoogste aschgehalte en de hoogste verhouding tusschen anorganische en vetvrije organische stof; deze zoog. A/R-Ratio van CHICK, KORENCHEVSKY en ROSCOE²⁾ bedroeg n.l. 1,29. De *rogge*-ratten stonden de *gerst*-ratten zeer nabij; hun cijfers waren echter in elk opzicht iets ongunstiger, b.v. A/R = 1,22; deze cijfers toonden hier echter aanmerkelijke individueele schommelingen, evenals dat trouwens bij de *tarwe*-dieren het geval was, wier gemiddelde cijfers alle lager dan die der *rogge*-dieren waren (b.v. A/R = 1,12). De getallen, betrekking hebbende op de beenderen der *maïs*-dieren, waren in elk opzicht de slechtste (b.v. A/R = 0,62). De *haver*-dieren, welke het minst gegroeid zijn, hadden niettemin been- en aschgewichten, die iets grooter dan die der *maïs*-dieren waren, terwijl de A/R-Ratio met 1,19 die van de *rogge*-ratten nabij kwam.

Wij herinneren er bij dit alles aan, dat de normale A/R-verhouding volgens CHICK c.s. ongeveer 1,20—1,50 bedraagt.

Uit deze proefnemingen volgt dus, dat de diëtetische werking der verschillende granen inderdaad een verschillende is. Nu hebben reeds eerder enkele andere onderzoekers er op gewezen, dat, vooral wat de werking op het beenstelsel aangaat, de verschillende graansoorten niet over één kam kunnen worden geschoren.

STEENBOCK, BLACK en THOMAS³⁾ brachten, op dezelfde wijze als wij het gedaan hebben, haver en tarwe in het STEENBOCK-BLACK-rantsoen N^o.

¹⁾ Beide dijbeenderen + beide scheenbeenderen.

²⁾ CHICK, KORENCHEVSKY, ROSCOE, *Bioch. Journ.*, 20, 622 (1926).

³⁾ STEENBOCK, BLACK, THOMAS, *Journ. biol. chem.*, 85, 585 (1929—1930).

2965 en vonden in de beide dijbeenderen onderstaande droge, vetvrije beengewichten en de daarin aanwezige aschprocenten.

| | | |
|-----------------|----------|--------|
| Maïsmeel | 0,1113 g | 23,0 % |
| Havermeel | 0,1221 g | 29,3 % |
| Tarwemeel | 0,1478 g | 36,4 % |

Ofschoon de aschoffers veel lager liggen dan bij onze proeven, hetgeen aan den langeren proefduur moet worden toegeschreven, blijkt de tarwe het gunstigst gewerkt te hebben. De gerst, die volgens onze proeven nog aanmerkelijk beter werkt, werd niet onderzocht.

De genoemde onderzoekers gingen tevens na, hoe de verschillende graansoorten zich gedragen, wanneer het P-gehalte gelijk wordt gemaakt en wanneer in plaats van 3 % CaCO_3 , 2 %, 1 % of 0 % in de STEENBOCK-BLACK-rantsoenen wordt ingevoegd.

Toevoeging van CaCO_3 deed de groeisnelheid in alle gevallen toenemen, onverschillig of het P-gehalte gelijk was gemaakt of niet; het optimum lag bij 1 % CaCO_3 ; bij havervoeding was de groeisnelheid het kleinst.

De gewichten der dijbeenderen waren het hoogst bij de tarwe-dieren, het laagst bij de maïs-ratten, onverschillig of de P-gehalten al dan niet gelijk waren gemaakt. Bij de niet met P aangevulde rantsoenen hadden de beenderen der tarwe-ratten het hoogste aschgehalte, die der maïs-ratten het laagste. Werd het P-gehalte gelijk gemaakt, dan was geen duidelijk verschil aantoonbaar; dit laatste komt dus niet met onze waarnemingen overeen.

GREEN en MELLANBY¹⁾ stelden een rantsoen samen uit caseïne 24 %, marmite 32 %, NaCl 12 % en citroensap 32 %, voegden hieraan nog 25 % kool toe en gaven aan ratten van dit mengsel dagelijks 2,5 g, tegelijk met 7,5 g gemalen tarwe, maïs, haver of gerst. Kalk werd verder op geenerlei wijze toegevoegd. De practisch eenige vitamine-D-bron in dit rantsoen was volgens de schrijvers de kool; maar de hoeveelheid vitamine D, die de dieren aldus met de kool opnamen, was zeer gering. Het gerstemeel toonde, evenals bij onze proeven, beter te zijn dan de andere graansoorten, zowel wat den groei als wat de beenverkalking aangaat. Uit de getallen voor de A/R-verhouding moet men in tegenstelling met onze uitkomsten afleiden, dat het tarwemeel slechter dan het maïsmeel gewerkt heeft; ook de werkzaamheid der haver was zeer onbevredigend. Helaas werden voor het onderzoek van elke graansoort slechts twee ratten gebruikt; evenwel ook bij andere proeven dezer schrijvers bleek in het bijzonder de haver het ontstaan van rachitis te bevorderen.

¹⁾ GREEN en MELLANBY, *Bioch. Journ.*, 22, 102 (1928).

FINE¹⁾ vergeleek rantsoenen met elkaar, die waren samengesteld óf uit 60 % gemalen haver óf uit 60 % gemalen tarwe en bovendien uit kippenei-wit, zetmeel, crisco (vet), botervet en zouten met een verschillende Ca/P-verhouding, n.l. Ca > P, Ca = P en Ca < P. Hij nam waar, dat de groei bij de haver groepen kleiner was dan bij de tarwe groepen. Bij de ratten, in wier rantsoen de Ca/P-verhouding het hoogst was, ontstond zoowel bij haver- als bij tarwevoeding rachitis; bij de havermeel-groep evenwel in de sterkste mate.

Ook bij den mensch heeft men verschillen waargenomen. BURTON²⁾ nam stofwisselingsproeven met zes kinderen en twee volwassenen. Het bleek hem, dat de retentie van kalk en phosphorus bij het gebruik van tarweproducten grooter was dan bij het gebruik van haverpraeparaten.

Enkele onderzoekers hebben dus reeds vóór ons verschillen in de werking der verschillende graansoorten op het beenstelsel waargenomen, welke uitkomsten althans ten deele met de door ons verkregen resultaten overeenstemmen. Verrassend is echter, dat de waargenomen feiten op geheel verschillende wijze geïnterpreteerd worden. Terwijl FINE zonder meer besluit, dat de geringere graad van rachitis bij zijn tarwe-ratten, in vergelijking met de haver-ratten, daaraan moet worden toegeschreven, dat de tarwe méér vitamine D bevat dan de haver, zoeken schrijvers van naam als MELLANBY c.s. en STEENBOCK c.s. de verklaring in tegengestelde richting. Zij gelooven, dat de verschillende werking van de graansoorten niet aan de aan- of afwezigheid van een stof moet worden toegeschreven, die, evenals het vitamine D, de kalkafzetting bevordert, maar integendeel aan een factor, die de kalkafzetting remt. Inderdaad zijn er voor deze opvatting argumenten aangevoerd, waarvan wij thans melding willen maken.

MELLANBY³⁾, de vader van deze gedachte, nam bij jonge honden waar, dat op granen rachitis ontstond bij gebrek aan in vet oplosbare vitaminen en wel des te sterker, naarmate er meer van de rantsoenen gegeten werd; hij dacht aanvankelijk, dat dit in verband stond met het gehalte aan koolhydraten. Later kwam hij door andere onderzoekingen daarvan terug. Ook de minerale bestanddeelen achtte hij niet de oorzaak, want hij zette honden op een standaarddieet met olijfolie als vet en als graanproduct tarwebloem, of haver of ongebuild tarwemeel, omdat deze laatste producten meer kalk bevatten dan de tarwebloem. Hij verwachtte nu met deze twee graanpro-

¹⁾ FINE, *Cereal chem.*, 7, 456 (1930).

²⁾ BURTON, *Journ. biol. chem.*, 85, 405 (1929—1930).

³⁾ MELLANBY, *Lancet*, 198, 856 (1920 I). *Brit. Med. Journ.*, blz. 831 (1922 I); blz. 849 (1922 II); blz. 895 (1924 I). *Journ. of Physiol.*, 61, Proc. XXIV (1926).

ducten minder rachitis dan met de bloem; het resultaat was echter juist omgekeerd; de haver-hond toonde rachitis, terwijl die op de tarwebloem vrijwel normaal bleef of slechts zwakke rachitis kreeg. Ook met rijst ontstond minder rachitis dan met haver. Verder nam hij waar, dat gepolijste rijst plus tarwekiemen meer rachitis verwekte dan rijst alleen.

Door deze en andere waarnemingen kwam hij tot de conclusie:

1°. dat noch de koolhydraten (haver bevat minder koolhydraten dan tarwebloem en rijst),

2°. noch de minerale stoffen oorzaak zijn van dit verschil, maar

3°. dat er een „anticalcifying action” aan de granen moest worden toegeschreven of er een „anticalcifying substance” (toxamine) in aanwezig moest zijn, (hetgeen dan speciaal bij haver en ook tarwekiemen het geval zou zijn) die de verkalking van het beenstelsel zou tegenwerken of belemmeren. Men zou hierbij kunnen opmerken, dat met de vraag naar het voorkomen van het vitamine D, alsook met de Ca/P verhouding niet voldoende rekening werd gehouden.

Ook HOLST¹⁾ is de meening van MELLANBY toegedaan, ofschoon er over zijn wijze van proefnemen wel een en ander te zeggen valt; zoo trad bij de proeven van HOLST bijna nooit groei van eenige beteekenis bij de proefdieren op; integendeel in de meeste gevallen nam het lichaamsgewicht af. Hij beschrijft, hoe uit het havermeel door behandeling met 0,5 % zoutzuur een rachitis-verwekkende giftstof („toxic substance”) in oplossing kan worden gebracht. Uit proeven, waarbij hij dit extract na verdere behandeling bij rijstzetmeel voegt, enz., besluit hij, dat deze giftstof (of stoffen) dialyseerbaar is en door alcohol kan worden neergeslagen.

Het schijnt, dat de genoemde rachitis-verwekkende eigenschap van de haver door koken met iets sterker zuur verloren gaat. Zoo kookten GREEN en MELLANBY²⁾ gemalen haver met zoutzuur van 1 % totdat de zetmeelreactie met jodium afwezig was en zagen, dat daarna de rachitis-verwekkende werking grootendeels verdwenen was. De remmende werking op de verkalking der beenderen kan door toevoeging van vitamine D of door CaCO₃ (b.v. 1 %) worden tegengegaan.

MIRVISH³⁾ bereidde met behulp van 0,5 % zoutzuur extracten uit gemalen haver en spoot deze (na verdere voorbehandeling) bij konijnen in, als gevolg waarvan hij een verlaging van het bloedkalkgehalte met ongeveer 30 % zag intreden.

1) HOLST, *Journ. of hyg.*, 26, 437 (1927).

2) GREEN en MELLANBY, l.c.,

3) MIRVISH, *Bioch. Journ.*, 24, 233 (1930).

Volgens een voorloopige mededeeling, in het jaarverslag van het proefstation in *Wisconsin* (V.S.), van de hand van STEENBOCK en KLETZIEN¹⁾, kan de antiverkalkingsfactor ook nog op andere wijze in zijn werking geremd worden, b.v. door verhitting als bij de bereiding van „Puffed wheat and rice”, evenals door koken. Het verkalkingsvermogen der door hen onderzochte granen neemt daardoor toe, hetgeen men ook waarneemt bij de behandeling met verdund zoutzuur van andere voedermiddelen als tapioca²⁾, wortelen, bataten en aardappelen. De geheimzinnige stof, die met MELLANBY een „toxamine” wordt genoemd, zou behalve in haver ook in tarwegluten en tarwekiemen in grootere hoeveelheden voorkomen. Tot nu toe is het niet gelukt de stof te isoleeren, omdat men haar niet van eiwitstoffen en van vitamine D kan scheiden.

In hoeverre nu deze mededeelingen over de genoemde „anticalcyfyng action” zich verder zullen ontwikkelen, valt voorshands moeilijk te voorspellen; in elk geval schijnt het een eigenschap der graansoorten te zijn, die naast de mineralen een niet onbelangrijke rol speelt.

In onze bovenvermelde proeven hebben wij evenwel overtuigend kunnen aantoonen, dat men zeer zeker te ver gaat, wanneer men, zooals de genoemde schrijvers, de specifieke werking der verschillende graansoorten uitsluitend aan een verschillend gehalte aan „anticalcifying factor” en mineralen toeschrijft. De gunstige werking van de gerst b.v. berust zonder twijfel, althans ten deele, op haar vitamine-D-gehalte. Het is ons zooals gezegd evenwel nimmer gelukt de gerst zóó volledig met aether te extraheeren, dat zij met de maïs op één lijn kon worden geplaatst. Wij kunnen derhalve ook niet beweren, dat de verschillende werking van gerst en maïs *uitsluitend* op een verschillend gehalte aan vitamine D (en eventueel mineralen) berust. Integendeel, wij achten het zeer goed mogelijk, dat de slechte reputatie van de maïs niet alleen op de *afwezigheid* van vitamine D, maar bovendien op de *aanwezigheid* van een ontkalkenden factor, een giftstof dus, berust.

Om daaromtrent meer zekerheid te verkrijgen, hebben wij bij een proef gemalen maïs met zoutzuur behandeld op dezelfde wijze als door GREEN en MELLANBY voor de haver werd beschreven, om na te gaan of het rachitispewekend vermogen bij ratten daardoor te niet zou worden gedaan. Onze proefdieren werden blijkens de Röntgenfoto's op deze wijze inderdaad voor rachitis gevrijwaard. Evenwel was de groei zeer onbevredigend, zoodat wij uit deze eerste proef, die wij gaarne zouden herhalen, geen slotsom durven trekken.

¹⁾ STEENBOCK en KLETZIEN, *Wisconsin*, *Bull.* 420, 78 (1931).

²⁾ Eigen waarnemingen toonen aan, dat tapiocameel zonder meer reeds vrij sterk antirachitisch werkt (*Versl. Landbouwk. Onderz.*, der Rijkslandb. proefstations. 1932).

Overzicht.

Uitgangspunt voor het onderzoek was het in de praktijk bekende verschijnsel, dat gerst en maïs, gevoederd aan biggen en jonge varkens, een specifieke werking op het beenstelsel schijnen uit te oefenen. De ervaring toch heeft sinds lang geleerd, dat deze dieren op een rantsoen met veel gerstemeel minder van stijfheid, beenbreuk, e.a. hebben te lijden dan op een rantsoen met veel maïsmeel.

Om de oorzaken van de specifieke werkingen dezer graansoorten op te sporen, werd in de allereerste plaats nagegaan, of deze werkingen zich ook bij kleine proefdieren voordoen. Dit bleek onder bepaalde verhoudingen inderdaad het geval te zijn. Voedert men ratten met het zoogenaamde rantsoen van STEENBOCK en BLACK, waarin een hoog maïspercentage (76 %) voorkomt, dan krijgen de dieren in 2 à 3 weken zware rachitis. Vervangt men evenwel de maïs door gerst, dan blijft deze ziekte geheel of nagenoeg geheel uit of, wanneer de dieren rachitisch waren, dan geneest de ziekte. Andere graansoorten (rogge, tarwe) bleken een intermediaire positie in te nemen. Omtrent haver bezitten wij tot nu toe geen voldoende gegevens, omdat de groei onzer proefratten op de rantsoenen met havermeel gering was; wij herinneren er in dit verband aan, dat geringe groei als zoodanig de ontwikkeling van rachitis tegengaat.

Bij het naslaan van de literatuur bleek, dat door enkele andere onderzoekers (MELLANBY, STEENBOCK c.s., HOLST e.a.) ook reeds is opgemerkt, dat de verschillende graansoorten een verschillende werking op het beenstelsel uitoefenen, zij het, dat hunne bevindingen niet in alle opzichten met de onze overeenkomen. Als oorzaak van deze verschillende werking moet volgens hen niet het verschillend gehalte aan mineralen der granen worden beschouwd, maar nemen zij aan, dat zich in bepaalde graansoorten een ontkalkende stof („anticalcifying factor”) voorkomt, een giftstof „toxamine” dus, die de ontwikkeling van het beenstelsel tegengaat en dus diametraal staat tegenover het bekende vitamine D. Het voorkomen van dit vitamine D in granen was tot nu toe niet aangetoond.

Ook uit ons onderzoek bleek, dat een verschillend gehalte aan mineralen niet geheel verantwoordelijk mag worden gesteld voor de genoemde specifieke werking der verschillende granen. Wat de gerst betreft, konden wij echter aantonen, dat deze een door aether extraheerbare stof bevat, die antirachitisch werkt en dus als identiek met het vitamine D moet worden beschouwd. Extracten van maïs bevatten deze stof niet; extracten van andere graansoorten hebben wij tot nu toe niet onderzocht.

Aan het verschil in gehalte aan vitamine D meenen wij dus, althans voor

een groot deel, de in de praktijk reeds lang bekende specifieke werking van gerst en maïs op het beenstelsel te moeten toeschrijven. Het is ons evenwel nimmer gelukt de gerst zóó volledig te extraheeren, dat zij met de maïs geheel op één lijn kon worden gesteld. Het is ons dan ook niet mogelijk met stelligheid te beweren, dat het verschil in werking van de verschillende graansoorten op het beenstelsel uitsluitend op een verschillend gehalte aan vitamine D (en eventueel mineralen) berust, zoodat wij het zeer goed mogelijk achten, dat de slechte reputatie van bepaalde graansoorten niet uitsluitend moet worden toegeschreven aan de afwezigheid van vitamine D, maar bovendien aan de aanwezigheid van een ontkalkenden factor, een giftstof dus, als boven bedoeld.

Gezien het zeer toegenomen gebruik van granen, o.a. maïs, bij de wintervoeding van het melkvee, vraagt men zich onwillekeurig af, of deze granen wellicht een rol spelen bij het ontstaan van de bekende negatieve kalkbalansen, die bij deze dieren veelal in het eerste deel der lactatie-periode zouden voorkomen.

Ook de groei der ratten, gevoed met de bovengenoemde, verschillende granen bevattende STEENBOCK-BLACK-rantsoenen, was van de gebruikte graansoort afhankelijk. Den besten groei gaven de gerst- en roggerantsoenen (met weinig verschil), vervolgens kwam de tarwekost, dan het maïs-voedsel, terwijl het havermengsel den slechtsten groei veroorzaakte.

**Ueber die spezifische Wirkung von Mais, Gerste und einigen anderen
Getreidearten auf den Knochenapparat.**

ZUSAMMENFASSUNG.

1. *Gerstenschrot enthält eine bedeutende Menge Vitamin D, Mais dagegen nicht. Das Vitamin D der Gerste kann wenigstens teilweise mit Aether extrahiert werden. Die in der landwirtschaftlichen Praxis bekannte Beobachtung, dass junge Schweine auf Gerstenschrot gestellt, weniger von Knochenkrankheiten, Steifheit u.s.w. zu leiden haben als die mit Maisschrot gefütterten Tiere, findet, jedenfalls teilweise, eine Erklärung in dem verschiedenen Vitamin-D-Gehalt dieser beiden Getreidearten.*
2. 76 Tle. Maïs-, Gersten-, Roggen-, Weizen- oder Haferschrot, wie in einer STEENBOCK-BLACK-Ration mit 20 Tln. Weizengluten, 3 Tln. CaCO_3 und 1 Tl. NaCl gemischt, verursachen bei geeigneten Versuchsratten verschiedene Grade von Rachitis. Die Ration mit Maïs verursacht schwere Rachitis, die Gersten-Ration nicht oder fast nicht, während die Roggen- und Weizen-Rationen eine Zwischenstufe einnehmen. Von dem Hafer fällt nichts mit Sicherheit zu sagen, weil die Hafer-Ration kein genügendes Wachstum bei unseren Versuchstieren ermöglichte.
3. Die in 2 beschriebenen spezifischen Wirkungen auf den Knochenapparat bleiben praktisch dieselben, wenn die Rationen durch Zusatz von Na_2HPO_4 auf gleichen Phosphorgehalt gebracht werden.
4. Die sogenannte „anticalcifying action“ der Getreidearten verlangt noch weitere Forschung; es ist nicht unwahrscheinlich, dass neben dem Vitamin D, teilweise auch diese „action“ für die spezifischen Wirkungen auf den Knochenapparat verantwortlich ist.
5. Das Wachstum der in obenstehender Weise gefütterten Ratten ist von der benutzten Getreideart abhängig. Das schnellste Wachstum gaben die Gersten- und Roggen-Rationen (mit wenig Unterschied), sodann die Weizen-Kost, darauf das Maïs-Futter, während das Hafergemisch das schlechteste Wachstum gab.

Effect of feeding with Corn Barley and other cereals on the development and chemical composition of the bones.

SUMMARY AND CONCLUSIONS.

1. *The vitamin D content of barley meal (from entire barley) is important; corn contains no vitamin D.* The vitamin D can be partly removed by extracting with anhydrous ether.

The in agricultural practice well known observation, that young pigs, on a diet with barley, suffer less from bone maladies, stiffness, etc., than on a diet with corn, may be explained at least in part by the difference in vitamin D content of these cereals.

2. 76 Parts of corn-, barley-, rye-, wheat- or oat meal (all from the whole grains) mixed with 20 parts of gluten meal, 3 parts of CaCO_3 and 1 part of NaCl , as in the STEENBOCK-BLACK-DIET, caused various degrees of rickets in rats. Of the cereals examined, corn is the worst and barley is the best, from the point of view of the rickets-producing effect of cereals, with rye and wheat occupying intermediary positions. The effect of oats was uncertain, being the growth of the rats insufficient.
3. Small amounts of added Na_2HPO_4 , bringing the P content of the diets on the same level, effected no appreciable change in bone formation or composition.
4. The so called „anticalcifying action” of the cereals desires further experiments; it is not improbable that not only the vitamin D, but this „action” too, is responsible for the specific effects on the bone development.
5. The increases in weight of the rats on the referred diets depend on the cereal used. The growth of animals on oats was less than on the other cereals. The growth on the barley and the rye ration was much superior and practically the same for both. The increase of weight on a wheat and a corn ration occupies an intermediary position; the growth on corn was less than on wheat.