

NT 5

NORGES LANDBRUKSHØGSKOLE

Institutt for plantekultur

K O R N T E K N O L O G I

av

INSTITUTT FOR PLANTEKULTUR  
Norges Landbrukshøgskole,  
1432 ÅS-NLH.

K å r e   R i n g l u n d

LANDBRUKSBOKHANDELEN

ISBN 82-557-0282-2

ÅS-NLH 1987



NORGES LANDBRUKSHØGSKOLE

Institutt for plantekultur

INSTITUTT FOR PLANTEKULTUR  
Norges Landbrukshøgskole,  
1432 AS-NLH.

K O R N T E K N O L O G I

av

K å r e   R i n g l u n d

LANDBRUKSBOKHANDELEN

ISBN 82-557-0282-2

AS-NLH 1987



## F o r o r d

Forelesningene i kornteknologi er utarbeidet for kurset NT5, næringsmiddelteknologi. Stoffet bygger delvis på forelesninger som tidligere var gitt av professor Erling Strand, delvis på publiserte forsøksmeldinger og delvis på egne forsøksresultater.

As-NLH September 1987

Kåre Ringlund



# I n n h o l d

	Side
1. INNLEDNING	1
2. KORNPDUKSJON OG KORNPDUKTER	1
2.1 Aktuelle plantearter	1
2.2 Oversikt over kornprodukter	3
2.3 Kornproduksjonen i Norge	4
3. KORNETS MORFOLOGISKE OPPBYGGING	4
4. KJEMISK INNHOLD	6
4.1 Kjemisk innhold i ulike deler av kornet	8
4.2 Hveteprotein	9
4.2.1 Protein fraksjoner	11
4.2.2 Aminosyresammensetning	11
4.3 Stivelse	13
4.3.1 Nedbryting av stivelse	15
4.3.2 Sukkerinnhold	16
4.4 Fett	16
4.4.1 Nedbryting av fett	17
4.5 Mineralinnhold	20
4.6 Vitaminer	21
4.7 B-vitaminer	21
4.8 E-vitaminer	21
5. PRISGRADERING	22
5.1 Basispris og prissoner	22
5.2 Vanninnhold	23
5.3 Hl-vekt	23
5.4 Falltall	23
5.5 Førkorn	23
5.6 Frakttilskudd	24
5.7 Lagringstilskudd	24
5.8 Internasjonal prisgradering	24
6. TØRKING OG LAGRING AV KORN	25
6.1 Tørrking	26
6.2 Lagring	29
6.2.1 Intern transport	30
7. MØLLETEKNOLOGI	30



8.	MJØL OG MJØLKVALITET	32
8.1	Mjølførbedringsmidler	32
8.2	Lagring av mjøl	32
8.3	Næringsverdi	33
9.	BAKTEKNOLOGI	34
9.1	Ingrediensene	34
9.1.1	Mjøl	35
9.1.2	Gjær	35
9.1.3	Salt	35
9.1.4	Fett	36
9.2	Blanding og deigutvikling	36
9.3	Heving av deigen	36
9.4	Steking	37
9.5	Lagring av brød	37
10.	ANALYSEMETODER	38
10.1	1000 korn vekt	38
10.2	H1-vekt	38
10.3	Stivelseskvalitet	39
10.4	Proteinmengde	40
10.4.1	Proteinkvalitet	40



## 1. INNLEDNING

Korn teknologi er lære om hvordan korn behandles fra at det er høstet og fram til ferdig produkt. Det er flere plantearter som brukes til kornproduksjon, og de ulike artene brukes til noe forskjellige produkter. Behandlingen av kornet fra høsting, gjennom handel, tørking og lagring er likevel svært lik for de ulike artene.

Noen arter brukes direkte til mat, andre omformes gjennom spiring til malt, øl og alkoholholdige drikkevarer, mens en tredje gruppe kornarter omformes til mjøl eller gryn for å brukes i ulike former for bakverk og andre cerealprodukter.

Korn teknologien omfatter de ulike prosessene på veien fra korn til brød, og både teknologisk og ernæringsmessig kvalitet vil bli diskutert.

## 2. KORNPDUKSJON OG KORNPDUKTER

Frø av ulike plantearter har vært brukt til mat og fôr gjennom tusener av år. Fordelen med denne matvaregruppen er at den naturlig er et tørt produkt som er lett å lagre og å transportere.

### 2.1 Aktuelle plantearter

Frø fra en rekke arter blir brukt som korn til mat og fôr. De viktigste av disse er satt opp i tabell 1.



Tabell 1. Liste over plantearter med frø som brukes til mat og fôr

Latinske navn	Norske navn
<i>Triticum aestivum</i>	Brødhvete, kjekshvete
" <i>durum</i>	Makaroni- og pasta hvete
<i>Hordeum vulgare</i>	Bygg
<i>Avena sativa</i>	Havre
<i>Secale cereale</i>	Rug
<i>Triticosecale</i>	Rughvete
<i>Oryza sativa</i>	Ris
<i>Zea mays</i>	Mais
<i>Sorghum vulgare</i>	Sorgum
<i>Pennisetum americanum</i> (tidl. <i>typhoides</i> )	Perlehirse (Pearl millet)
<i>Panicum miliaceum</i>	Prose (Fransk millet)
<i>Setaria italica</i>	Italiensk millet
<i>Eleusine coracana</i>	Finger millet
<i>Phasphalum scorbiculatum</i>	Kodo (Ditch millet)
<i>Eragrostis tef.</i>	Teff
<i>Fagopyrum esculentum</i>	Bokhvete
" <i>tartaricum</i>	"
<i>Pisum sativum</i>	Erter
<i>Phaseolus o.a.</i>	Bønner
<i>Brassica</i> -arter	Raps/Rybs

De viktigste kornartene her i landet er bygg, havre og hvete. Det meste av bygg- og havreproduksjonen går til fôr, mens vår hveteproduksjon går til mat hvis den holder de kvalitetskravene som er satt. Hvete står i en særstilling som råvare i humanernæringen.

I verdensmålestokk er hvete den viktigste kornarten med en totalproduksjon på ca 500 millioner tonn pr år. Andre viktige kornarter er ris og mais med henholdsvis 450 og 350 millioner tonn årlig produksjon (1986).

Småfrøete kornarter som sorgum, millet og hirse har særlig betydning i det tropiske beltet, og Teff har et relativt begrenset dyrkingsområde i høglandet i det nord-østlige Afrika.

I tillegg til frø av disse grasartene har frøene av bokhvete, erter, bønner og visse oljevekster betydning både som fôr og til mat.

## 2.2 Oversikt over kornprodukter

I tabell 2 er det satt opp en oversikt over hvilke matprodukter som blir laget av de vanligste kornartene. Brød i en eller annen form er det absolutt viktigste kornproduktet. Alle artene brukes til fôr.

Tabell 2. Kornprodukter av ulike arter

Art	Produkt
Hvete (vanlig)	Brød Kjeks / kaker
Hvete (durum)	Pasta - produkter
Bygg	Flatbrød Lomper Grøt Malt Øl - whiskey
Havre	Grøt Tilsetning til brød
Rug	Brød Flatbrød Malt
Rughvete	Brød
Ris	Helkorn
Mais	Grøt / suppe Tortilla
Sogum / Millet	Grøt / øl

I tillegg til produktene som er nevnt i tabell 2 er spesialprodukter som puffet ris, hvete eller havre, og ulike ekstruderte produkter av en viss betydning i matvareindustrien.

### 2.3 Kornproduksjonen i Norge

Ca 3,5 millioner dekar brukes til kornproduksjon i Norge. Dette er i underkant av 1 dekar pr innbygger, men vi dyrker likevel nok førkorn og i de siste 3 årene har vi dekket ca 40 % av vårt matkornbehov. Avkastningen pr dekar er omtrent fordoblet de siste 25 år og økningen i avkastning har vært særlig stor på hvete. For denne arten har stigningen vært ca 9 kg pr dekar pr år. Noen tall for norsk kornproduksjon de siste 15 årene er gitt i tabell 3.

Tabell 3. Norsk kornproduksjon i 1000 tonn

Art	1971	1975	1981	1985	1986
Hvete	10,3	51,8	58,2	170,0	158,4
Bygg	568,9	444,6	607,6	603,8	544,7
Havre	278,6	258,6	463,1	494,8	400,4
Rug	4,6	4,2	2,9	3,4	3,1

Vi har neppe noen vanskeligheter med å produsere det kvantum vi trenger av matkorn. Spørsmålet blir om vi kan produsere hvete med tilstrekkelig god kvalitet. I dette kurset er det kvalitetsegenskapene ved korn vi skal bruke mest tid på.

### 3. KORNETS MORFOLOGISKE OPPBYGGING

Et kornaks eller en risle (hos havre) er bygget opp av småaks. Hvert småaks består av to ytteragner og ett eller flere korn som hver er omgitt av to inneragner.

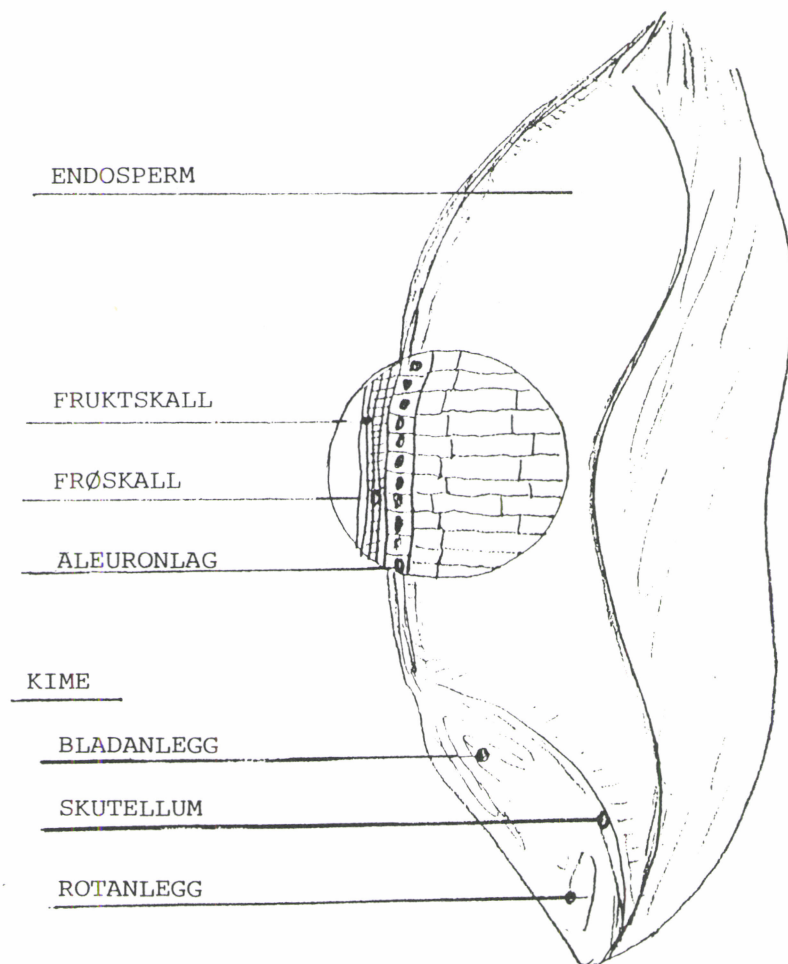


som hver er omgitt av to inneragner.

Hos bygg er det bare ett korn pr småaks, men hos hvete og havre er det flere.

Enkeltkorna kan være nakne som hos hvete og rug, eller dekket av inneragnene, som hos våre sorter av bygg og havre. Hos bygg er inneragnene limt til kornet, mens havre har kraftigere inneragner som fortsatt sitter rundt kornet etter tresking, men som ikke er limt fast til kornet. Det finnes nakenfrøete sorter både av bygg og havre.

Korn er en nøttefrukt som består av skall, kime og endosperm. Endospermen er opplagsnæring for kimen, og det er endospermen som er grunnlaget for mjølproduksjonen. En tegning av et hvetekorn er gjengitt i figur 1.



Figur 1. Lengdesnitt av et hvetekorn gjennom bukfure og kime

Den prosentvise sammensetningen av de ulike morfologiske deler av kornet er noe forskjellig for forskjellige kornarter. Sammensetningen kan også variere innen art avhengig av genetiske forskjeller (ulike sorter) eller ulike dyrkingsbetingelser (klima, jordart, gjødsling, jordarbeiding, forgrøde etc.). Gjennomsnittstall for ulike kornarter er satt opp i tabell 4.

Tabell 4. Prosentvis innhold av ulike morfologiske deler av korn

Art	Agner	Skall	Aleu- ron	Endo- sperm	Kime
Hvete	-	8	7	82.5	2.5
Bygg	13	3	5	76	3
Havre	25		9	63	3
Rug	-		10	86.5	3.5
Ris	20		5	73	2
Mais	-	6		82	12
Sorgum	-		8	82	10
Mille	16	3	6	70	5

For havre, rug ris og sorgum er det oppgitt felles tall for skall og aleron, og for mais er aleuron og endosperm slått sammen. For alle kornartene er endeospermen den største delen. Bygg, havre, ris og millet har agner som følger kornet. Disse artene har derfor et større fiberinnhold (trevler) enn de nakne kornartene. Mais og sorgum har svært stor kime i forhold til de andre artene.

#### 4. KJEMISK INNHOLD

Korn består i hovedsak av stivelse og protein. I stedet for

stivelse oppgis det ofte løselige karbohydrater som i det vesentligste er stivelse. Andre kjemiske stoffgrupper av betydning er fiber, fett og aske. En oversikt over kjemisk innhold i de viktigste kornartene er gitt i tabell 5.

Tabell 5. Kjemisk innhold i de viktigste kornartene.

Art	protein	løselig karbohydrat	fett	fiber	aske
Hvete	10-16	74-79	2-3	2.5-3	1.8-2
Bygg	11.8	78.1	1.8	5.3	3.1
Hel havre	11.6	69.8	5.2	10.4	2.9
Naken havre	14.9	74.6	7.0	1.3	2.1
Rug	13.4	80.1	1.8	2.6	2.1
Triticale	15.0	78.7	1.7	2.6	2.0
Ris	9-11	71-89	.5-2.7	.3-10	0.6-7
Mais	10-12	74-80	4-9	2-3.5	1.6-2

For bygg, havre, rug og triticale er det oppgitt gjennomsnittsverdier. Også innenfor disse artene er det betydelige variasjoner i kjemisk innhold etter sort og dyrkingsbetingelser. For de andre artene er det oppgitt variasjonsområder for det kjemiske innholdet. Særlig for ris er det stor variasjon i fiber innhold og i innholdet av løselige karbohydrater. Dette skyldes at analysene gjelder ris med og uten skall. Havre og mais har større fettinnhold enn de andre artene. Når det gjelder protein er det særlig stor variasjon i hvete. Dette har stor betydning for de teknologiske egenskapene til hvete, og vil bli diskutert mer i detalj senere.



#### 4.1 Kjemisk innhold i ulike deler av kornet

I tabell 6 er det satt opp en oversikt over hvordan de ulike kjemiske komponentene fordeler seg på skall, endosperm og kime i hvete. Skallfraksjonen omfatter her fruktskall, frøskall og aleuronlag. Proteinet er noenlunde jevnt fordelt i kornet, mens all stivelsen finnes i endospermen. Fiber og aske finnes særlig i skallet, mens fett er mest konsentrert i kimen.

Tabell 6. Kjemisk innhold i hvete

	hele kornet	skall	endo- sperm	kime
Vektandel	100	15	82	3
Protein	10-16	20	72	8
Stivelse	74-79	0	100	0
Fett	3	30	50	20
Råfiber	2,5	93	4	3
Dietisk Fiber	13-14	70	27	3
Aske	2	67	23	10

Et viktig forhold ved proteinet er at de ulike delene av kornet inneholder ulike typer protein. Kimen og skallfraksjonen inneholder det meste av de funksjonelle proteinene, enzymproteinene, mens endospermen inneholder lagerproteiner. Det er lagerproteinene som er viktigst for bakeegenskapene.

Fordi skallet inneholder mer aske enn endospermen, er askeinnholdet i mjøl brukt som et mål for utmalingsgrad. Jo større

askeinnholdet i mjølet er, jo mer av skallet er med i mjølet og jo høyere er altså utmalingsprosenten.

Høgt fettinnhold i mjølet gjør det mindre lagringsdyktig. Da kimen kan skilles ut fra mjølfraksjonen under mølleprosessen, er det mulig å fjerne en vesentlig del av fettene slik at mjølet ikke så lett harskner under lagring.

#### 4.2 Hveteprotein

Ved utregning av proteininnhold fra Kjeldahl-analyser, er det vanlig å multiplisere N-innhold med 6,25. Dette svarer til et gjennomsnittlig nitrogeninnhold på 16 prosent. I hveteprotein er det vist at gjennomsnittlig nitrogeninnhold er ca 17,5 og N-innholdet multipliseres derfor med 5,7 for å gi proteininnhold.

En nærmere analyse av proteininnholdet i ulike deler av kornet er presentert i tabell 7. I denne tabellen er skall og aleuronlag skilt i to fraksjoner, og dessuten er proteinfordelingen i endospermen nærmere analysert.

Tabell 7. Proteininnholdet i ulike deler av hvetekornet

Hvetefraksjon	proteininnhold
Skall	4.5
Aleuron	20.0
Endosperm:	
Ytre	13.5
Midtre	9.0
Indre	6.0
Embryo	33.0
Scutellum	27.0

Aleronlaget og kimen (embryo og scutellum) har det høyeste proteininnholdet. Som nevnt foran er dette funksjonelle proteiner som har låg teknologisk kvalitet. Disse dataene viser svært sterk variasjon innen endospermen hvor proteininnholdet avtar inn mot midten av kornet.

I en undersøkelse av ulik utmalingsgrad på tre hovedtyper var fordelingen av proteinet i endospermen avhengig av hvetetypen (Tabell 8).

Tabell 8. Proteininnhold hos tre hvetetyper etter ulik utmalingsgrad

Hvete- type	Protein- innhold	Utmalings- grad	Protein i mjøl
I	14.3	75	13.7
		51	14.9
		14	15.6
II	11.0	73	10.4
		42	10.5
		16	9.0
III	9.6	77	8.8
		51	8.6
		20	7.1

Det blir vanligvis regnet med at økende utmalingsgrad betyr at mer av den ytre endospermen kommer i mjølfraksjonen. Det er altså den indre endospermen som males ut først. I tabell 8 ser vi at den mest proteinrike hveten har størst proteininnhold i mjølet ved låg utmalingsgrad, mens forholdet er omvendt for hvetetypene med mindre totalprotein.



#### 4.2.1 Protein fraksjoner

Tradisjonelt deles protein i fire fraksjoner etter løselighet som foreslått av Osborne for snart 100 år siden. Mengdeforholdet mellom de ulike Osbornfraksjonene i hvete er vist i tabell 9.

Tabell 9. Osbornefraksjoner av hveteprotein

Løsnings- middel	fraksjon	mengde i prosent
Vann	albumin	5-10
Salt	globulin	5-10
Alkohol	gliadin	40-50
Kalilut/syre	glutenin	30-40

Albumin og globulin er biologisk aktive proteiner, enzymproteiner, mens gliadin og glutenin representerer lagerproteinene. Lagerproteinene sammen med noe karbohydrater og fiber danner gluten. Gluten er en elastisk masse som gir deig av hvetemjøl de spesielle egenskapene som gjør den egnet til brødbaking.

#### 4.2.2 Aminosyresammensetning

Ernæringsmessig proteinkvalitet er avhengig av to hovedkomponenter, nemlig aminosyresammensetning og fordøyelighet eller biotilgjengelighet. Vi skal se på innholdet av en del viktige aminosyrer i ulike deler av kornet og i ulike proteinfraksjoner.

Lysin er den begrensende aminosyren i alle kornartene, men vi ser i tabell 10 at kimen og aleuronlaget har mer enn dobbelt så

mye lysin som mjølet.

Tabell 10. Viktige aminosyrer i ulike deler av hvetekorn, % av protein

Aminosyre	helt korn	mjøl	kime	aleurone
Cystin	1.7	1.7	1.1	1.7
Lysin	2.7	2.0	5.0	4.2
Glutaminsyre	30.4	34.6	15.7	15.0
Methioni	1.7	1.7	1.8	1.4
Prolin	10.1	11.7	5.6	3.6

Når det gjelder prolin og glutaminsyre, er det mest i mjølet.

I de fire Osborne fraksjonene er det mest lysin i albumin og globulin, og mest glutaminsyre, prolin og methionin i gliadin og glutenin fraksjonene (Tabell 11).

Tabell 11. Viktige aminosyrer i ulike Osbornefraksjoner

Aminosyre	albu- min	glo- bulin	glia- din	glu- tenin
Glutaminsyre	17.7	5.9	40.0	34.1
Prolin	8.4	3.3	14.7	11.0
Cystein	6.7	12.6	3.1	2.5
Methionin	0	0.4	1.5	1.7
Lysin	11.0	12.2	0.7	2.3

### 4.3 Stivelse

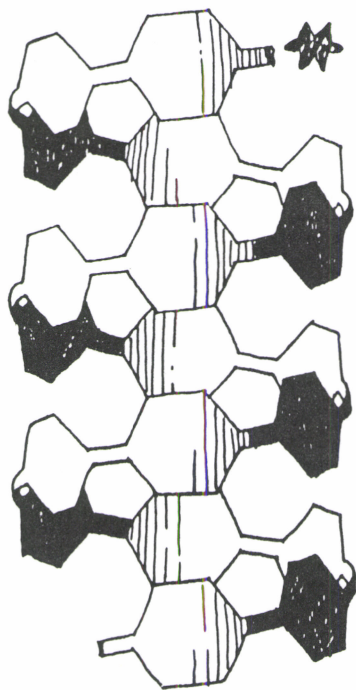
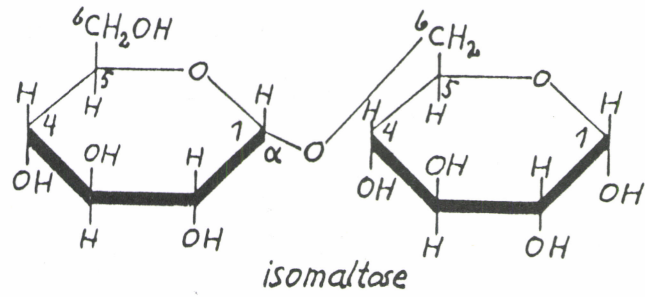
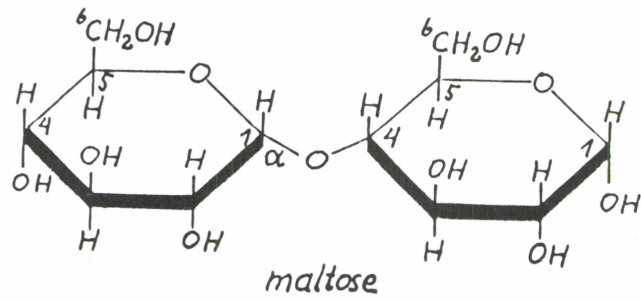
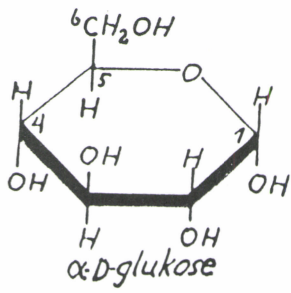
Stivelsen finnes i endospermen som store og små stivelseskorn. Formen på stivelseskorna varierer fra art til art. Stivelsen er bygd opp av to komponenter. Amylose er en linær glukosepolymer hvor glukosemolekylene er bundet sammen med alfa 1-4 bindinger. Et enkelt amylosemolekyl kan bestå av inntil 5000 glukoseenheter. Amylosen har spiralform og det er 6 glukosemolekyler i hver ring i spiralen.

Amylopektin er også sammensatt av glukosemolekyler, men har både alfa 1-4 og alfa 1-6 bindinger. Amylopektinet er derfor et forgreinet molekyl. Hver enkelt kjede har fra 18 til 28 glukoseenheter og et amylopektin molekyl kan ha inntil 10 000 000 glukoseenheter. Strukturformler for amylose og amylopektin er gitt i figur 2.

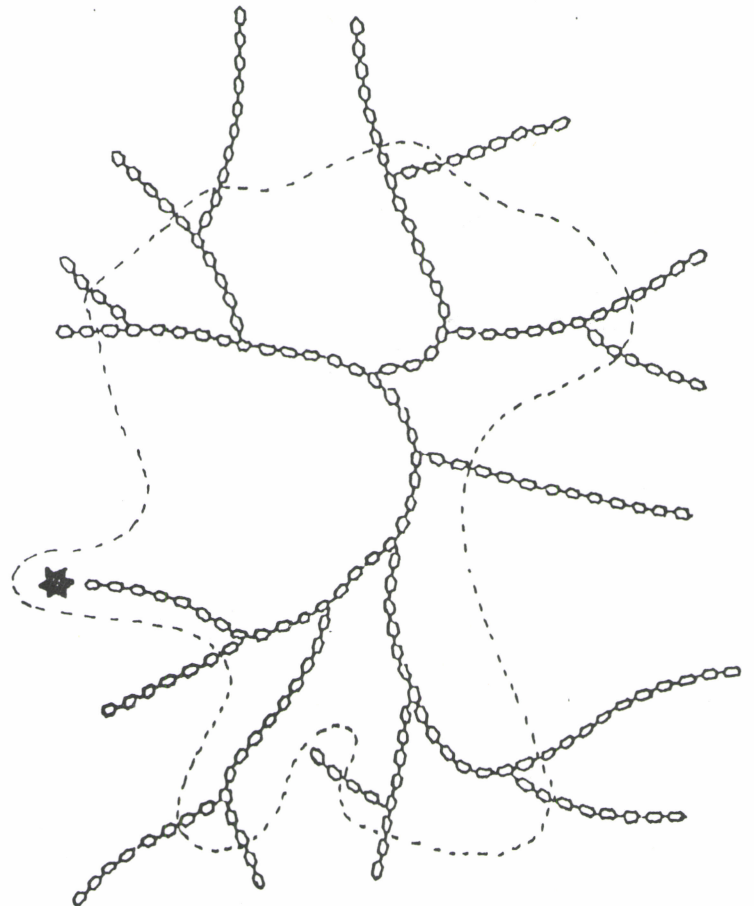
Hvetestivelse inneholder 25-27 % amylose og 73-75 % amylopektin. De såkalte "voks"-typene av bygg, mais og ris har stivelse som består nesten bare av amylopektin (Pop-corn). Det finnes også bygg og mais typer med høyere enn normalt innhold av amylose.

Stivelse er uoppløselig i kaldt vann. Under oppvarming i vann vil stivelsen ta opp vann og svulle. Dette fenomenet kalles gelatinisering. Dette er en viktig egenskap som utnyttes både for framstilling av brød, grøt, sauser og andre mjølprodukter.





amylose



amylopektin

Figur 2. Strukturformler for stivelse (etter Holger Jørgensen)

## 4.3.1 Nedbryting av stivelse

Både amylose og amylopektin brytes ned av enzymene alfa- og beta-amylase. Alfa-amylasen bryter ned stivelse til oligosakkarider, og kan angripe hvor som helst i molekylen. Beta-amylase, kutter av to og to glukoseenheter (maltose) fra de ikke reduserende endene på stivelsesmolekylen. Den kan ikke angripe knutepunkter der det er både alfa 1-4 og alfa 1-6 bindinger. Betaamylase alene kan derfor ikke bryte ned amylopektin innenfor de ytterste knutepunktene. Sluttproduktet av betaamylaseangrep på amylopektin kalles betadekstrin. Alfa dekstriner er produkt av alfaamylase alene. Sluttproduktene etter nedbryting av stivelse ved hjelp av både alfa og beta amylaser er maltose, isomaltose og glukose. Betadekstrin kan fortsatt ta opp vann og svulle, mens alfa dekstrinene har mistet evnen til å gelatinisere.

Tabell 12. Amylasenes reaksjon på miljøendringer.

Miljøfaktor	a m y l a s e r	
	alfa	beta
Optimal temperatur i °C	65-70	55
Optimal pH.	5.8-6.0	4.9-5.1
Virkningsgrad:		
pH 3.3, temp. 60 °C	0	75
pH 6.5, temp. 75 °C	75	0

De to amylasene har noe ulike egenskaper som vist i Tabell 12. Reaksjonene på temperatur og surhetsgrad har vært utnyttet i matlagning fra gammelt av. Betaamylase finnes i alt korn, mens alfaamylase finnes i grønt korn og i grodd korn. Korn som er groskadd, og dermed inneholder alfa amylase, kan fortsatt

brukes til matlaging hvis temperaturen holdes høgt eller surhetsgraden er låg. Baking med surdeig er et eksempel på de siste og koking av grøt med tilsats av mjøl til kokende vann er et eksempel på inaktivering av alfa-amylase ved høg temperatur.

#### 4.3.2 Sukkerinnhold

Friskt, uspiert korn inneholder lite mono- og disakkarider. Når korn spirer brytes stivelse ned til maltose og glukose. Innholdet av disse er derfor avhengig av enzymaktiviteten i kornet. Det finnes også noe fruktose og sukrose. Total innhold av sukker varierer fra 1 til 3 prosent. Sukkerinnhold for en del prøver av korn er gjengitt i tabell 13.

Tabell 13. Sukkerinnhold i ulike kornarter.

Art	total innhold	glukose	fruktose	maltose	sukrose
Hvete	1.7	0.015	0.02	0.065	0.258
Hvete	1.0	0.01	0.02	0.08	0.10
Bygg	2.7	0.06	0.10	0.07	1.0
Rug	2.7	0.05	0.06	0.14	0.41
Rug	0.9	0.02	0.03	0.01	0.08
Triticale	2.2	0.08	0.08	0.12	0.57

#### 4.4 Fett

Fettinnholdet i hvete, bygg, rug og ris varierer mellom 1 og 3%. Mais og havre har et fettinnhold på 4-6 %, og avskallet havre har 5-10 % fett. Som nevnt foran er det størst fettinnhold i kimen. Hvetekimen inneholder 6-11 % fett mens fettinnholdet i maiskimen kan være opptil 35 %. Havrekimen er

også svært fettrik.

Fettet i korn består av glyserider, av fettsyrer og av fosfolipider. Fettsyresammensetningen for en del kornarter er gitt i tabell 14. Av det totale fettsyreinholdet er 15-25 % mettet og 72-85 % umettet fett. Olein-, linol- og linolensyre har henholdsvis 1, 2 og 3 dobbeltbindinger i karbonkjeden. Særlig 6-radsbygg er rik på den flerumettede syren linolen. Både linolsyre og linolensyre er essensielle fettsyrer.

Tabell 14. Innhold av fettsyrer i en del kornarter

Kornart	mettet	u m e t t e t		
		olein	linol	linolen
Hvete	25,6	11,7	56,3	3,7
2-rads bygg	15,6	28	52,3	4,1
6-rads bygg	23,6	20	33,1	23,1
Havre	18,0	43,5	35,5	2,0
Ris	17,6	47,6	34,0	0,8
Mais	16,0	33,4	50,0	1,5

De 15-25% mettet fett består i alt vesentlig av palmitinsyre. Dette er en C-16 syre, mens de tre umettede syrene har 18 C atomer.

Glyseridene er estere av den treverdige alkoholen glyserol og tre fettsyrer. Hos fosfolipidene er en av fettsyrene byttet ut med fosforsyresalt av kolin. Eksempler på fettsyrer, glyserid og fosfolipid er gitt i figur 3.

#### 4.4.1 Nedbryting av fett

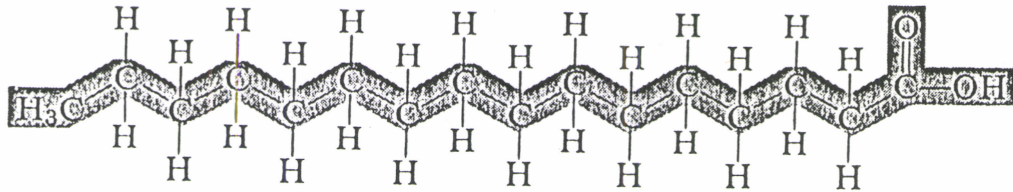
Fettet kan brytes ned på to måter, ved hydrolyse og ved oksidasjon. Hydrolysen katalyseres av enzymet lipase og resulterer i glyserol og frie fettsyrer. Normalt er innholdet av frie



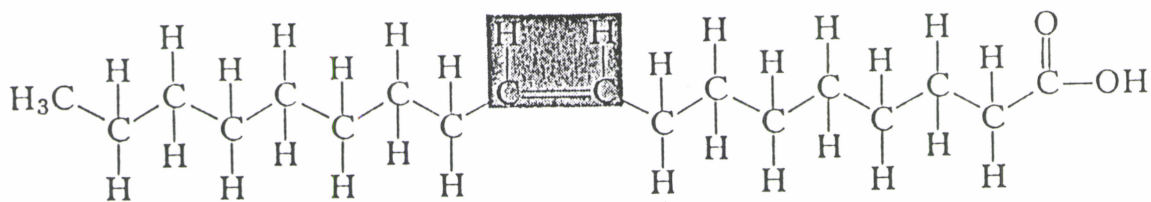
fettsyrer lågt, f.eks. 4-10 % av fettene i havre. Oksydasjon kan skje ved hjelp av enzymet lipoksydase eller ved hjelp av tilgang på oksygen. Da disse enzymene finnes i skallet og fettene finnes i kimen, i aleuronlaget og i endospermen, skjer det lite fettnedbryting i hele kornet. Tilgangen på fritt oksygen i de delene av kornet som inneholder fett er også minimal. Det er derfor etter at kornet er malt, eller skadd på annen måte at fettene brytes ned. Nedbrytingsproduktene fra oksydasjon av frie fettsyrer har sterk lukt og forårsaker harskning. I baking med havremjøl og bakepulver ( $\text{NaHCO}_3$ , natriumbikarbonat) kan frie fettsyrer reagere med natrium og danne såpe.

For å redusere problemene med harskning skilles kimen ut i mølleprosessen. Fettene i endospermen er likevel en viktig årsak til at mjøl har begrenset lagringstid, mens intakt korn kan lagres over mange år.

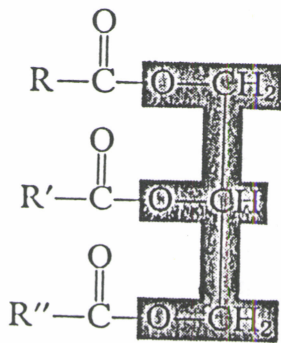
Fettene hos korn har ernæringsmessig høy kvalitet på grunn av at det inneholder mye umettet fettsyrer. Det har også betydning for bakekvaliteten av et mjøl, men fettets rolle i bakeprosessen er ikke fullstendig klarlagt.



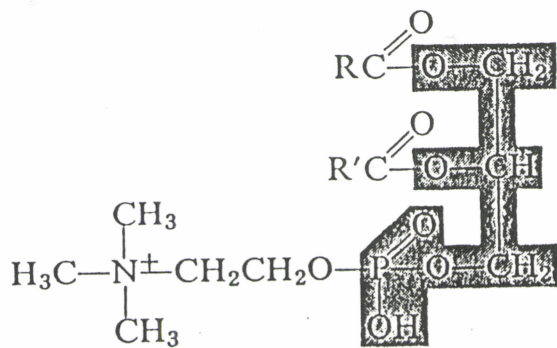
Palmitinsyre



Oleinsyre



Triglycerid



Fosfatidylkolin

Figur 3. Eksempler på fettsyrer, glyserid og fosfolipid.

#### 4.5 Mineralinnhold

Mineralinnholdet i korn bestemmes ved å brenne vekk det organiske materialet. Asken som da blir igjen er mineralene. Askeinnhold og mineralinnhold er derfor synonyme begreper. Det er tidligere gjort rede for at askeinnholdet er lite i endospermen og stort i skallet og i kimen. Askeinnholdet i mjøl brukes derfor som et mål for utmalingsgrad. En oversikt over de mineralene det er mest av er gitt i tabell 15. Sjølve kornet har størst innhold av kalium, fosfor, svovel og magnesium. Bygg og havre har dessuten stort innhold av silisium, men dette kommer vesentlig fra agnene.

Tabell 15. Mineralinnhold i mg pr. 100 g korn

Mineral	Hvete	Bygg	Havre
K	441	534	450
P	387	356	385
S	176	240	178
Mg	152	145	138
Cl	61	137	82
Ca	48	52	94
Na	4	49	28
Si	10	420	639
Fe	4.6	4.6	6.2
Mn	4.0	2.0	4.9
Zn	3.3	3.1	3.0
Cu	0.6	0.7	0.5

Et viktig mineral i med korn og kornprodukter er selen. Jordsmonnet i de nordiske landene er spesielt fattig på selen. Overgangen til mer norskavlet korn både til fôr og mat kan derfor føre til selenmangel hos dyr og mennesker. Det er nå

igang forsøk med å sette til selen til gjødsla slik at seleninnholdet kan økes både i matkorn og i fôr.

For å utnytte mineralene i kornet i vårt kosthold er det nødvendig å bruke hele kornet. Finsiktet mjøl inneholder svært lite mineraler.

#### 4.6 Vitaminer

Korn inneholder to viktige grupper av vitaminer. B-vitaminene finnes i aleuronlaget og i scutellum i mindre konsentrasjoner i kimen og i endospermen. E-vitamin finnes i form av tokoferoler og tokotrienoler. Disse stoffene er fettløselige og finnes derfor i de delene av kornet som har mest fett, nemlig kime, aleuronlag og noe i endospermen.

#### 4.7 B-vitaminer

De viktigste B-vitaminene er noe ulikt fordelt i kornet. Totredjedeler av thiaminet (B<sub>1</sub>) finnes i scutellum, den siste tredjedelen i aleuronlaget. Vel 80 % av nikotinsyreinnholdet finnes i aleuronlaget, og det meste av resten i endospermen. Riboflavin og pantotensyre er noenlunde likt fordelt i aleuronlag og endosperm. Pyridoksin (B<sub>6</sub>) er konsentrert i aleuronlaget (61 %), og resten ca 40 %, er noenlunde likt fordelt på frukt og frøskall, endosperm, scutellum og kimen.

#### 4.8 E-vitaminer

E vitaminaktiviteten kommer fra alfa-, beta-, gamma- og deltatokoferoler. Totalinnholdet av disse er 2,0-3,4 mg/100 g korn. Det finnes også alfa-, beta- og gamma tokotrienoler. Alfatokoferol er det mest aktive vitaminet. De andre har en aktivitet som varierer fra 7-40 % av E vitaminaktiviteten til alfatokoferol.



Olje fra hvete og byggkime inneholder ca 2,5 mg tokoferoler pr gram, mens havre og maisolje inneholder 0,6-0,9 mg/g.

## 5. PRISGRADERING

Norsk korn prisgraderes som matkorn hvis det har tilfredsstillende kvalitet. Prisen settes altså etter kvalitet og ikke etter hva kornet blir brukt til.

Hovedkriteriene for prisgradering er vanninnhold, hl-vekt og falltall for hvete og rug. Dessuten bedømmes en rekke karakterer som reduserer kornets verdi som mat.

Hvis et kornparti har så alvorlige kvalitetsfeil at det ikke er skikket til mat blir det avregnet som fôr.

Statens Kornforretning har kjøpeplikt for norskprodusert korn, men kan avvise korn som er:

1. Sterkt muggskadet
2. Beiset
3. Sprøytet med ikke godkjent sprøytemiddel.

### 5.1 Basispris og prissoner

Gjennom forhandlinger mellom bøndernes organisasjoner og staten blir det hvert år fastsatt en basispris for hver kornart. Basisprisen refererer seg til korn med en bestemt kvalitet. På grunn av at dyrkingsvilkårene for korn er forskjellig i ulike deler av landet, er prisen differensiert i 4 prissoner slik at de som har de vanskeligste dyrkingsforhold får en noe høyere pris.

## 5.2 Vanninnhold

Basis vanninnhold for prisgraderingen er 17 %. Justering for vanninnhold gjelder to forhold. For det første justeres prisen slik at det blir en fast pris pr kg tørrstoff. For det andre gis det et pristrekk eller pristillegg for utgifter til tørking ned til 15 % vann. Korrigering for økt tørrstoffinnhold gis bare ned til 12 % vann, og tørketillegget gis ned til 15 %.

## 5.3 Hl-vekt

Korn med høg hl-vekt har større verdi som råvare for mjøl og gryn enn korn med lågere hl-vekt. Prisjusteringene er 0,25 % av grunnprisen for hver kg endring i hl-vekt innenfor fastsatte grenser. Basis hl-vekt for korn med 16,5-17,0 % vann er 76, 70, 62 og 50 kg for henholdsvis hvete, rug, bygg og havre. På grunn av at hl-vekta går ned med økende vanninnhold, er basis hl-vekt for f.eks. hvete, 78 kg ved 15 % vann og 69 kg ved 24 % vann.

## 5.4 Falltall

Groskade er den viktigste kvalitetsskade på norskprodusert brødkorn. Hvete og rug blir derfor prisgradert etter falltall. Basispris gis til korn med falltall 190 for hvete og 100 for rug. Det gis tillegg i prisen opptil falltall 270 for hvete og 130 for rug. Hvis falltallet er under 100 eller under 80 for henholdsvis hvete og rug, blir kornet klassifisert som fôr.

## 5.5 Fôrkorn

I tillegg til lågt falltall kan korn klassifiseres som fôrkorn hvis prøven inneholder mer enn 15 % av en mindreverdige kornart. Dessuten kan for stort innhold av bruddkorn, lettkorn, skrumpne korn, insektskadde korn, frostskaade korn og avskallet havre føre til klassifisering som fôrkorn. Fôrkorn prisgraderes bare etter vanninnhold.

## 5.6 Frakttilskudd

Dersom en leverandør bor mer enn 10 km fra nærmeste kornmottak, betales det et frakttilskudd på 0,70 kr pr 100 kg. Frakttilskuddet øker med økende avstand fra mottaket.

## 5.7 Lagringstilskudd

For å stimulere en spredning av leveringstida for korn, og til en mest mulig desentralisert lagring, betales det et lagringstilskudd for korn som leveres etter 1. oktober. Lagringstilskuddet øker fram til 28. februar.

## 5.8 Internasjonal prisgradering

Hvert land har sine egen prisgraderingssystemer og kvalitetsklasser. De viktigste kriteriene for kvalitet av brødkorn er proteininnhold og proteinkvalitet. Kanadierne har utviklet et system med proteinanalyser og klassifisering som gjør dem i stand til å selge hvete med garantert proteininnhold.

En del av de vanligste hvetetyperne som Norge importerer er:

CWRS	=	Canadian Western Red Spring
HRS	=	Hard Red Spring (USA)
HRW	=	Hard Red Winter (USA)
SRW	=	Soft Red Winter (USA)
SWW	=	Soft White Winter (USA)

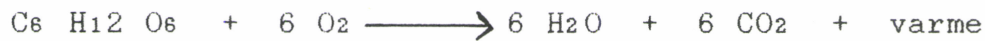
Australia eksporterer sin beste brødhvete under betegnelsen Prime Hard.

Det internasjonale kornmarkedet er for tiden et dumping marked, og prisene ligger under produsentprisene i de fleste land.

## 6. TØRKING OG LAGRING AV KORN

En av årsakene til at korn er en viktig matvare er at det kan lagres over lengre tid. En viktig forutsetning for at korn skal være lagringsfast er at det er tilstrekkelig tørt. Hvor tørt det må være avhenger av temperaturen. Hvor tørt det holder seg i lageret er avhengig av relativ fuktighet på lufta som omgir kornet.

Siden korn er levende vil det alltid være en viss biologisk aktivitet. Den viktigste aktiviteten er ånding, og ved ånding omsettes glukose til vann, kulldioksyd og varme.



180 g glukose (1 gram molekyl) gir 102 g vann og 690 kcal.

Når kornet er tørt nok til å være lagringsfast, er åndingen så liten at vannet og varmen som produseres ikke øker temperaturen eller den relative fuktigheten på lufta som omgir kornet. Åndinga øker med stigende temperatur og med økende vanninnhold i kornet (Tabell 16).

Tabell 16. Åndingsintensitet hos korn med forskjellig vanninnhold og ved ulik temperatur.

Vann %	CO <sub>2</sub> utvikling i > mg/kg korn/døgn <
	ved 18 °C
11,0	0,3
14,5	1,4
17,0	12,3
20,5	359,0
33,0	2000,0
Temp. i °C	ved 14,5 % vann
18	1,4
30	7,5
40	20,5
52	249,0



Jo høgere temperaturen er, jo lågere må vanninnholdet være for at kornet skal være lagringsfast.

Vanninnholdet i korn innstiller seg etter den reltive luftfuktigheten (Tabell 17).

Tabell 17. Vanninnholdet i korn ved ulik luftfuktighet.

Relativ luftfuktighet i %	30	40	50	60	70	80	85
Vanninnhold i %	9,0	10,5	12,0	13,5	14,8	16,3	17,5

Siden luftvekslingen i et kornlager er svært liten, vil luftfuktigheten innstille seg etter vanninnholdet i kornet. Bare i det ytterste laget vil kornet innstille seg etter fuktigheten i lufta omkring lagret.

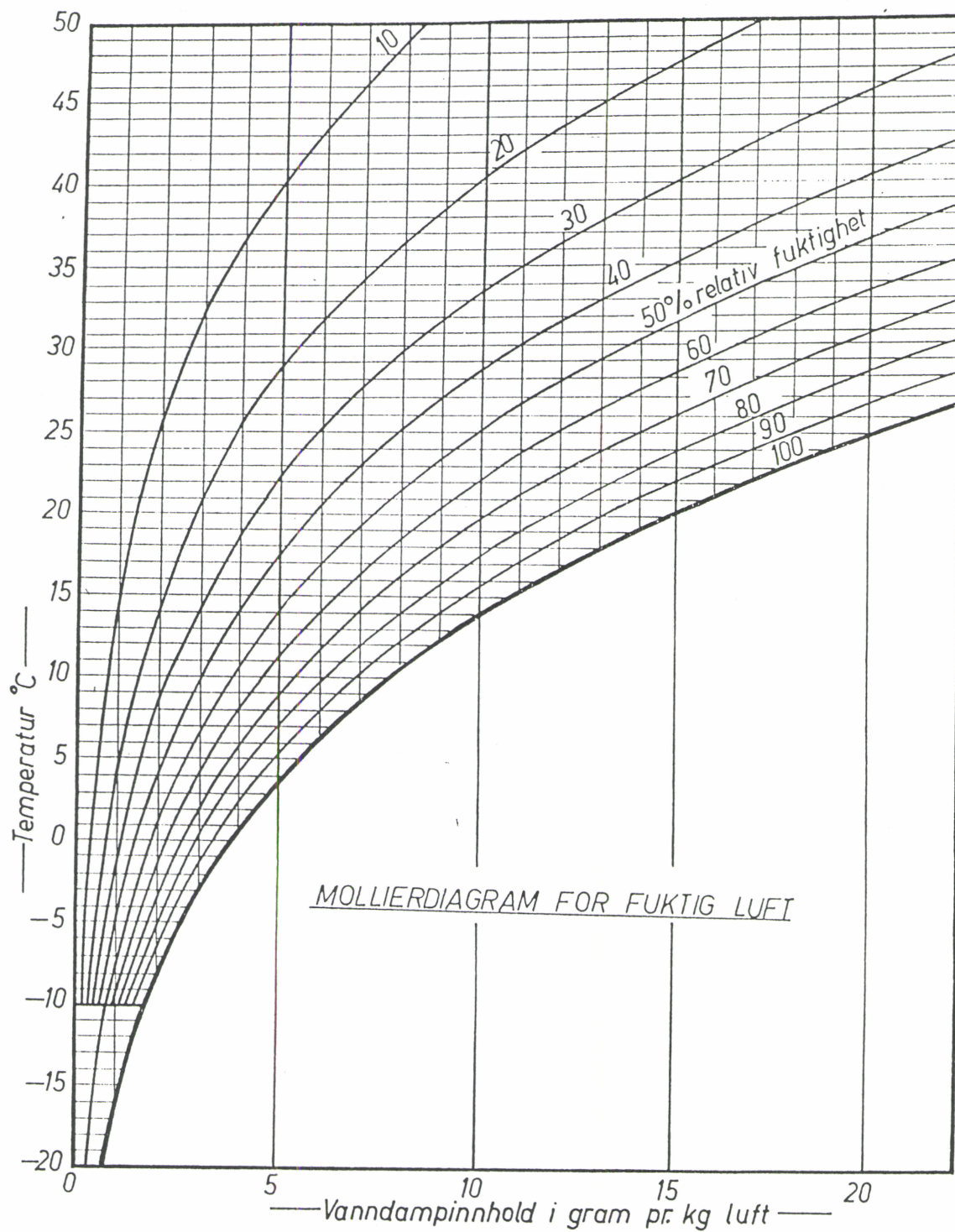
Relativ luftfuktighet er avhengig av hvor mye vann en viss mengde luft inneholder og av temperaturen i lufta. En kg luft kan inneholde 4 ganger så mye vann ved 25 °C som ved 4 °C. Relativ fuktighet kan altså reduseres fra 100 % til 25 % ved å varme opp luft fra 4 °C til 25 °C. På den andre sida fører nedkjøling av fuktig luft til kondens. Dette er vist i Mollierdiagrammet i figur 4.

## 6.1 Tørking

For å tørke korn må vi sørge for tilførsel av luft med låg relativ fuktighet. I varmlufttørker skjer dette ved oppvarming av tørkelufta og en eller annen vifteanordning for å blåse lufta gjennom kornmassen. Hvis vi varmer opp luft med 100 % fuktighet fra 15 °C til 40 °C, vil relativ fuktighet gå ned til ca 23 %. Denne lufta inneholder ca vel 10 g vann pr kg luft. Ved 40 °C kan 1 kg luft inneholde 50 g vann, slik at vi har økt vannkapasiteten med 40 g pr kg. Temperaturen kan settes opp

til 60-65 °C uten at kornet tar skade. Ved høgere temperaturer resikerer vi at kornproteinene koagulerer og bakeevnen reduseres. De fleste varmluftstørker er konstruert slik at kornsjiktet som skal tørkes er relativt tynt. Hele sjiktet vil da tørke omtrent samtidig.

Korn kan også tørkes i bingetørker med kornsjikt på 1-2 m, og tørkinga kan skje med gjennomblåsing av kaldluft eller med luft med noe tilsatsvarme. Ved kaldlufttørking nyttes den tørkekapasiteten lufta har og dessuten åndingsvarme fra kornet. Ved ånding gir 1 kg glukose 567 g vann, 433 g kulldioksyd og 3833 kcal. For å fordampe 567 g vann trenges 313 kcal, slik at vi har 3520 kcal til tørking. Denne varmemengden vil øke temperaturen på lufta rundt kornet med en tilsvarende reduksjon av relativ fuktighet. På denne måten bruker vi energien i kornet til tørking. Energien som frigjøres fra 1 kg korn tilsvarer ca 4 kwh. elektrisk energi. Etter 1986 års priser er verdien av 1 kg korn ca 8-9 kwh. For at kaldlufttørking skal lønne seg i forhold til elektrisk tilsatsvarme, må derfor relativ fuktighet på inntakslufta ligge noe under 100 %.



Figur 4. Mollierdiagram for fuktig luft.

Temperaturen i kornbingen i forhold til tørkelufta har også betydning. Ved bruk av tilsatsvarme i en bingetørke kan det oppstå kondens i det øverste kornlaget. La oss tenke oss at utelufta holder 15 °C og 100 % fuktighet. Ved oppvarming til 25 °C reduseres relativ fuktighet til 55 % og lufta har dermed kapasitet til å ta opp vann fra kornet. Relativ fuktighet kommer etterhvert opp i f.eks. 80 %, men samtidig blir lufta avkjølt fordi kornet er kaldere enn tørkelufta. Når temperaturen kommer ned i 20 °C er lufta mettet med vann og videre nedkjøling fører til kondens. Slik kondens opptrer skjelden ved kaldluft tørking da luft med høg relativ fuktighet oftest er kaldere enn kornet. Når denne lufta blåses gjennom kornet blir den oppvarmet og dermed reduseres relativ fuktighet og kornet tørkes.

## 6.2 Lagring

Korn kan lagres i silo, i bingelager eller i sekk. Silolagring er det eneste alternativet for lagring av større kvanta. Det gir liten overflate mot åpent rom, og silolagring er alltid kombinert med mekaniske eller pneumatiske transportsystemer. Bingelager er aktuelt hos den enkelte korndyrker og er oftest kombinert med kaldlufttørke. Sekkelagring er arbeidskrevende og går mer og mer ut av bruk. Frittstående sekker kan lagres med høgere vanninnhold i kornet enn det som er mulig ved bingelager og silo lagring.

De viktigste faktorene som må kontrolleres ved lagring av korn er:

1. Vanninnhold
2. Temperatur
3. Sopper og bakterier
4. Insekter
5. Rotter og mus

Vanninnhold og temperatur er allerede behandlet. Det eneste som må legges til er at når korn ligger stille på lager, er evakuering av vann og varme fra kornmassene svært langsom. Økt



Ånding kan derfor føre til økt vanninnhold og temperaturstigning. Økt ånding kan skyldes at kornet var for rått da det ble lagt på lageret, eller det kan skyldes angrep av sopper, bakterier eller insekter.

Rotter og mus kan gjøre store skader i et sekkelager og til dels også i binger. I silo er det lettere å kontrollere disse skadegjørerne.

### 6.2.1 Intern transport

I de ulike typer lagre er det nødvendig å kunne transportere kornet fra renseanlegg til lager, internt mellom binger eller siloer, og fra lager til ekstern transport. Intern transport kan foregå ved hjelp av skuffe i små lagre, ved hjelp av skrue eller elevator, eller ved hjelp av pneumatikk.

## 7. MØLLETEKNOLOGI

Formålet med mølleprosessen er å skille mjøl og kli på best mulig måte. Videre skal mjølet (endospermen) finfordeles slik at det går gjennom en sikteduk med 150 mikrons åpninger.

Mølleprosessen har utviklet seg fra en enkel knusing av kornet, via møllesteiner, som malte kornet i en prosess og produktet ble siktet i neste prosess, og til moderne valsemøller hvor kornet males mellom riflete valser som roterer med ulik hastighet og hvor mjølet blir siktet ut mellom hver maleprosess.

Før kornet blir malt må det gjennom nøyaktig rensing. Særlig viktig er det å skille ut stein og andre fremmedlegemer, både for å unngå forurensning av mjølet og for å unngå skade på valsestoler og sikteduker.

For å oppnå en best mulig separasjon av endosperm (mjøl) og

skall (kli) blir kornet fuktet på forhånd slik at skallet blir mjukt og henger sammen i større flak.

For å sikre en stabil kvalitet på mjølet blir flere hvetetyper blandet sammen. Endringer i enkeltkomponentene får dermed mindre betydning for kvaliteten av blandingsproduktet.

Etter hver valsegjennomgang siktes malingsproduktene i 3 fraksjoner. Partikler som er større enn 840 mikron er skall med noe endosperm. Denne fraksjonen males på nytt og skilles i mjøl og kli. Partikler mellom 150 og 840 mikron kalles semulie, midlings eller dunst. Denne fraksjonen kan tas ut som semuliegryn eller males på nytt. Mjølfraksjonen er partikler som er mindre enn 150 mikron.

De første valsene kalles "break" valser. Disse er sterkt riflet. Neste valsepar er mindre riflet og de siste er glatte. Ved hjelp av glattvalsene skilles de siste endospermpartiklene fra kliet.

Den ernæringsmessige kvaliteten på mjølet er avhengig av utmalingsgraden. Det er derfor ofte fastsatt grenser for hvor stor prosent av kornet som skal være med i mjølfraksjonen (Tabell 18).

Tabell 18. Utmalingsgrad i ulike land.

Land	% utmaling
Frankrike	74
Vest-Tyskland	79
Sovjetunionen	81
USA	73
Storbritannia	74
New Zealand	78
Norge	78
India	97
Egypt	82
Australia	76

## 8. MJØL OG MJØLKVALITET

Mjøl kan klassifiseres etter askeinnhold eller etter hvor i mølleprosessen det er tatt ut. Dessuten har mjølet forskjellig bruksverdi avhengig av proteininnhold og proteinkvalitet i kornet som males.

Det mjølet som siktes ut etter maling i de første valsestolene, stammer fra sentrum av endospermen. Dette har lågt askeinnhold, 0,30 - 0,35 %, og kalles patentmjøl. Mjøl som tas ut på et senere trinn i mølleprosessen kan ha askeinnhold på 0,8-1,0 %. Dette kalles i England "low grade", mens den amerikanske betegnelsen er "clear". Mjøl med høgt askeinnhold ansees altså som et 2. klasse produkt, og brukes i en del land til industriprodukter som alkohol, gluten, stivelse og lim.

Her i landet er det foreløpig bare en kvalitet av finsiktet hvetemjøl på markedet. Denne kvaliteten er laget på en bestemt kornblanding som komponeres av Statens kornforretning og med 78 % utmaling. Møllene produserer spesialkvaliteter til flatbrød og kjeksproduksjon, og det har vært diskutert om det skal lages et spesielt mjøl for framstilling av franskbrød (baguett-mjøl).

### 8.1 Mjølforbedringsmidler

Korn inneholder et gulaktig pigment som kan avfarges ved hjelp at oksydasjonsmidler. I tillegg til at slike midler bleker mjølet slik at det blir hvitere, vil oksydasjonsmidler også bedre de baketekniske egenskapene. Lagring av mjøl i 1-2 måneder har noe av den samme effekten.

I Norge er det bare askorbinsyre (C-vitamin) som er lovlig å bruke som mjølforbedringsmiddel. I en del andre land er det vanlig å sette til bromater for å øke bakekvaliteten.

### 8.2 Lagring av mjøl

Mjøl er ikke så lagringsfast som korn, men under gunstige lagringsbetingelser kan mjøl lagres i 2-3 år.

Problemene som oppstår under lagring er angrep av sopp, bakterier og insekter. Videre vil fettene i mjølet oksydere og harskne, mens S:S bindingene i proteinet reduseres til SH grupper. Dette reduserer styrken i glutenproteinene og fører dermed til en reduksjon av bakekvaliteten.

Vanninnholdet i mjølet er viktig. Angrep av muggsopper øker med økning av vanninnhold over 13 %, og oksydasjon av fettsyrer øker for mjøl med vanninnhold under 12 %.

Kornet kan lagres lengre ved låg enn ved høg temperatur.

Sammalt mjøl har høgere fettinnhold og er derfor vanskeligere å lagre enn siktet mjøl.

### 8.3 Næringsverdi

Her i landet dekker vi ca 20 % av behovet for energi og protein, 25 % av B-Vitamin behovet og 10-25 % av behovet for mineralstoffer gjennom brød og andre mjølvarer.

Som nevnt tidligere øker innholdet av kostfiber og av mineralstoffer med økende forbruk av sammalt mjøl. Fytinsyre, som finnes i aleuronlaget, lager uløselige forbindelser med Ca og F. Stort forbruk av sammalt mjøl vil derfor redusere tilgjengeligheten av disse mineralene. I Storbritannia er det påbudt å tilsette Ca i mjølet.

En del personer er overømfentlige for glutenproteiner. Dette gjelder både gluten i hvete og tilsvarende proteiner i havre og bygg. Tilstanden er kjent som Søliaki, og karakteriseres ved at tarmtottene flates ut og vedkommende får diaree. Personer med denne sjukdommen, tåler protein fra ris og mais og frø fra belgvekster.



## 9. BAKTEKNOLOGI

Formålet med baking er å presentere mjøl i en attraktiv, smakelig og fordøyelig form.

Brød lages ved å bake (steke) en deig som hovedsakelig består av hvetemjøl, vann, gjær og salt. Andre ingredienser kan være:

- mjøl fra andre kornarter
- fett eller olje
- malt eller sukker
- soyamjøl
- mjøl
- frukt
- gluten.

Når disse ingrediensene blandes sammen, tar proteinet i mjølet opp vann og former gluten. Gluten er en elastisk masse som kan tøyes ut i tynne sjikt. Sammen med de andre komponentene i mjøl, danner gluten en deig. Gjæren spalter glukose og fruktose til CO<sub>2</sub> og vann, og CO<sub>2</sub>-gassen danner gasslommer i deigen. Deigen hever seg, den eser.

Under stekeprosessen koagulerer proteinene og avgir vann. Vannet tas opp av stivelsen som forklistrer (sveller) når temperaturen kommer opp i ca 60 °C.

Bakeprosessen kan deles i tre ulike stadier:

1. Blanding og deigutvikling
2. Heving av deigen
3. Steking

### 9.1 Ingrediensene

De fire hovedkomponentene mjøl, gjær, salt og fett skal diskuteres noe mer i detalj. Vann er for såvidt også en hovedkomponent i brød, men kravet til vannet er bare at det er fritt

for foruresninger både av bakterier, sopper og kjemikalier.

#### 9.1.1 Mjøl

Godt brødmjøl må ha nok protein og proteinet må ha evne til å danne gluten med tilfredsstillende styrke, elastisitet og stabilitet.

Mjølet må også ha tilstrekkelig amylaseaktivitet til å produsere nok sukker til gjærsoppene. På den andre sida må ikke amylaseaktiviteten være så stor at stivelsen mister sine fysiske egenskaper under steikinga.

#### 9.1.2 Gjær

Brødgjær er ikke det samme som ølgjær. Brødgjæren skal først og fremst produsere CO<sub>2</sub>, men den produserer også en viss mengde alkohol.

Nødvendig gjærmengde varierer med deigutviklingstid og deigtemperatur. For deigutviklingstid på 5 timer ved 27 °C trengs 1,25 vektprosent av mjølet og for 8 timers deigutviklingstid ved 24 °C er det nok med 0,45 vektprosent gjær. Hvis temperaturen økes, kan gjærmengden reduseres.

#### 9.1.3 Salt

Salt blir tilsatt for å gi brødet bedre smak og for at det skal bli mer holdbart. Fra ernæringseksperter arbeides det for å redusere saltinnholdet i all mat og særlig i brødvarer. I industribrød kan saltinnholdet variere fra 0,8 % til 2,5 % av mjølvakta.

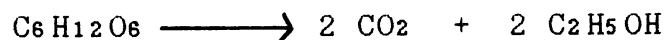
#### 9.1.4 Fett

Tilsats av 1 % fett gir brødet en finere porestruktur, det øker brødvolumet og det gjør brødet lettere å skjære.

### 9.2 Blanding og deigutvikling

Vannopptaket for en bestemt mengde mjøl varierer med proteinmengde, protein kvalitet og med mengden av skadd stivelse. Vannmengden kan variere mellom 55 og 61 volumprosent av mjølet. Særlig i industribaking er det viktig at deigen har samme konsistens fra dag til dag.

En forutsetning for gjæringen er at noe stivelse er brutt ned til maltose av amylaser og videre til glukose av maltase. Gjærsoppen spalter monosakkarider til kulldioksyd og alkohol.



Nybakt brød inneholder ca 0,3 % alkohol.

### 9.3 Heving av deigen

Deigutviklingen er avhengig av proteinet i mjølet. Under vannopptak og under elting, eller knaing, skjer det strukturendringer i proteinet. Bindinger internt i proteinmolekylene løses opp og bindinger mellom ulike proteiner etableres. Det er først og fremst -SS- og -SH grupper som er involvert i denne prosessen. Reaksjon mellom sulphydrylgrupper (SH) og disulfidgrupper (SS) gjør at -SS- bindingene flytter rundt i deigen. Dette fenomenet kalles relaksasjon og betyr at deigen lettes for et stress som er påført under elting. Hvis eltinga går for lenge, mister proteinene evnen til slik omplassering, og deigen blir klebrig.

Når deigen er ferdig knadd, settes den til heving eller modning. Gjennom gjæringa produseres CO<sub>2</sub> og gassen strekker proteinene ut i tynne sjikt. Under heving får deigen en fastere, mer gummiaktig konsistens. Eventuell klebrig karakter forsvinner.

Hvis modningsprosessen går for langt, blir deigen igjen klebrig, deigen er overmoden. Et mjøl som holder seg moden over lang tid uten at deigen blir klebrig, har god gjær-toleranse.

#### 9.4 Steking

Temperaturen inne i brødet kommer opp i ca 90 °C. Koaguleringen av proteinene med svspalting av vann er nevnt foran. I tillegg dannes det en skorpe som bidrar til at brødet beholder sin form. Den brune fargen på skorpa skyldes en irreversibel reaksjon mellom aminosyrer og reduserende sukker, Maillard-reaksjonen. Den brune skorpa er ufordøyelig og kan betraktes som fiber.

#### 9.5 Lagring av brød

Uten spesiell behandling har brød relativt kort lagringstid. Hvitt brød regnes som lagringsdyktig i 4-5 dager, mens lagringstida på grøvbrød regnes til 2-3 dager.

Brød kan lagres i flere måneder i fryser, og det er også mulig å lagre brød i CO<sub>2</sub>-atmosfære i 2-3 måneder.

Gammelt brød har lett for å smuldre. Dette kalles retrogradering, og det skyldes at stivelsen langsomt går over fra amorf til krystallinsk form. Smuldring av gammelt brød skyldes altså ikke tap av vann.



## 10. ANALYSEMETODER

Kvalitet kan vurderes ved hjelp av en rekke forskjellige metoder. Helt korn kan vurderes ved hjelp av hektolitervekt, tusenkornvekt eller skjønnsmessig bedømmelser.

Groskader kan bedømmes ved måling av stivelsens viskositet etter svelling (falltall), eller ved hjelp av måling av amylaseaktivitet. Prosent grodde korn er dårlig mål for groskade.

For å vurdere ernæringsmessig kvalitet kan vi måle aminosyresammensetning, fiberinnhold, mineralinnhold og eventuelt vitamininnhold.

Den teknologiske kvaliteten kan bestemmes ved hjelp av bakeprøver, forskjellige metoder som måler deigegenskaper, eller ved hjelp av empiriske hurtigmetoder som sedimentasjonstest og glutenbestemmelser. Proteininnhold er også et viktig kvalitetsmål for brødkorn.

### 10.1 1000 korn vekt

Kornstørrelsen er bare en svært grov indikator for kvalitet. Variasjon fra 35 til 50 gram pr 1000 korn kan forekomme uten at det behøver å være særlige forskjeller i kvalitet. Disse forskjellene kan skyldes ulike genetiske anlegg for kornstørrelse og at det er anlagt svært mange eller svært få korn. Hvis 1000-kornvekta kommer under 30 gram, er det vanligvis et tegn på dårlig kornutvikling som har betydning for kvaliteten. Årsaken kan være sjukdomsangrep, insektangrep, tørke, legde eller andre ting som har ført til mangelfult utviklede korn.

### 10.2 Hl-vekt

Hektolitervekta er et godt mål på fyllingsgraden. Et velutviklet korn har stor hl-vekt. Dette har betydning for

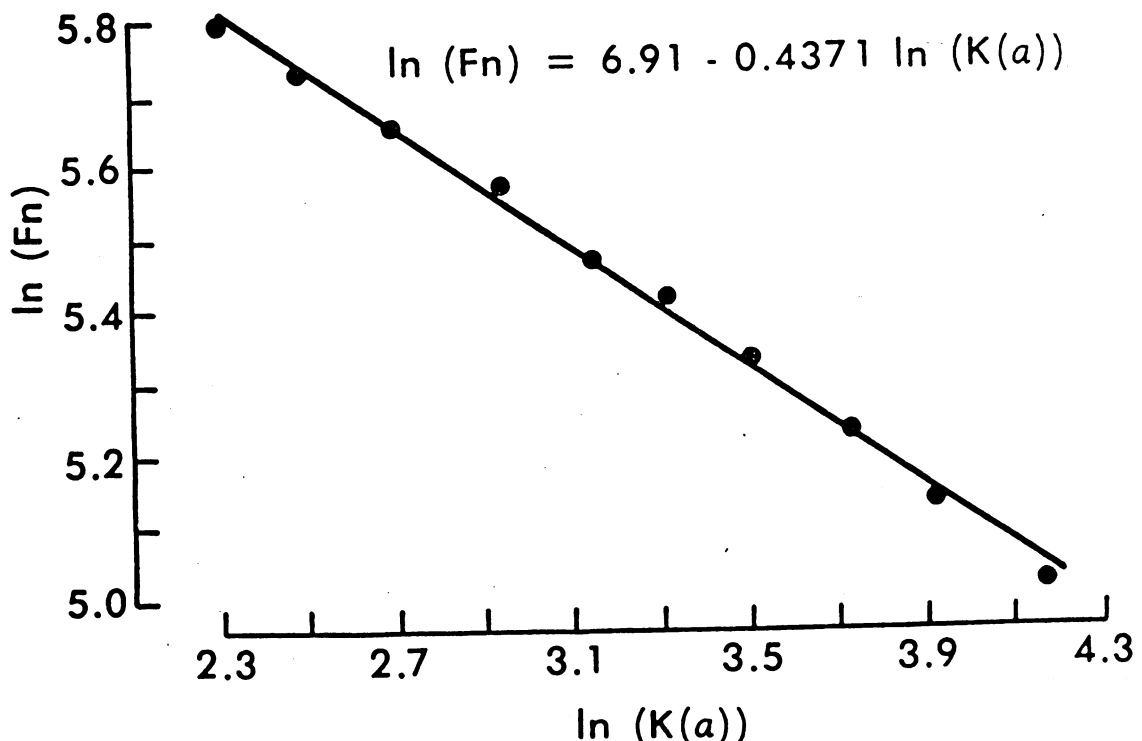
maleegenskapene, da et velfylt korn gir et større mjølutbytte enn et skrumpet korn.

### 10.3 Stivelseskvalitet

Stivelseskvaliteten er stort sett avhengig av groskader, men f.eks. for tidlig høstet eller frostskaidd korn kan ha redusert stivelseskvalitet uten å være grodd. Med stivelseskvalitet forstår vi da den evnen stivelsen har til å ta opp vann og svelle under oppvarming.

Groskader kan måles ved hjelp av falltall. Denne metoden måler effekten av kornets alfa-amylaseaktivitet på kornets egen stivelse. Alfa-amylaseaktiviteten kan også bestemmes på en standard stivelsesoppløsning, og vi får da et direkte mål for enzymaktiviteten i kornet.

Sammenhengen mellom alfa-amylaseaktiviteten og falltallet, er tilnærmet rettlinjjet når begge målene transformeres til logaritmer (figur 5).



Figur 5. Sammenhengen mellom alfa-amylaseaktivitet ( $K(a)$ ) og falltall ( $Fn$ ).

På grunn av den logaritmiske sammenhengen mellom falltall og amylaseaktivitet vil ikke en blanding av to kornpartier ha et falltall som svarer til gjennomsnittet av falltallet på de to partiene.

Falltall (FT) kan regnes om til diastasetall (DT) etter følgende formel:

$$DT = \frac{6000}{FT-50}$$

Diastasetallet er en tilnærmet lineær funksjon av enzymaktiviteten slik at hvis vi blander 50 % av to partier med DT 20 og 80, vil blandingen ha DT = 50. De tilsvarende falltall vil være 350, 125 og 170.

#### 10.4 Proteinmengde

Proteinmengden kan bestemmes ved hjelp av den tradisjonelle Kjeldahl metoden eller ved hjelp av Near InfraRed Reflectance spectroscopi (NIRR). NIRR metoden må kalibreres mot kjente Kjeldahl verdier.

##### 10.4.1 Proteinkvalitet

Den teknologiske kvaliteten av proteinet kan måles på forskjellige måter. Et mål som omfatter både proteinmengde og kvalitet og som også er avhengig av stivelseskvaliteten er brødvolum. Mer spesifikke mål for proteinkvalitet er ulike reologiske testmetoder som måler proteinenes styrke og elastisitet. De tre mest brukte slike mål er:

Farinogram  
Ekstensiogram  
Mixogram.

Farinogram og mixogram viser deigens motstand under elting, mens ekstensiogrammet måler styrke og elastisitet på en deig

som er fastspent i begge ender.

I tillegg til disse tre deigtestene, finnes chopin metoden som tester et tynt deigstykke ved at det spennes fast og blåses opp til en ballong. Den maksimale størrelsen på ballongen før den brister er et mål for proteinets styrke og elastisitet. Denne testen brukes særlig i Frankrike.

En hurtigmetode som måler både kvalitet og mengde av protein er sedimentasjonstesten. Denne finnes i to varianter, nemlig Zeleny's sedimentasjonstest og SDS-sedimentasjonstest (SDS = Sodium Dodecyl Sulfat).

Endelig kan glutenmengden bestemmes ved at en prøve av hvete-  
mjøl eller hvetegrøpp vaskes med saltvann slik at stivelsen vaskes vekk. Denne metoden gir et kvantitativt mål for glutenproteinene, men sier ingen ting om proteinets styrke eller elastisitet.



Foredningshefte NT5

Korneteknologi  
v/Ringlund

Utl.	Til	Innl.

INSTITUTT FOR PLANTEKULTURS  
BIBLIOTEK

A/L BIBLIOTEKSENTRALEN - OSLO

Art. nr. 4006