

KORNTEKNOLOGI

Forelesningsnotat i plantekultur

av

Erling Strand

Udatert, mest sannsynlig fra første halvdel av 1970-tallet

Korn teknologi.

1. Kornets sammensetning og kjemiske innhold.

De forskjellige vev eller morfologiske deler av et hvetekorn utgjør følgende vektprosent i gjennomsnitt. For andre kornarter uten inneragner er tallene av samme størrelsesorden.

Fruktskall og epidermis	5,5	} 17,5
Frøskall	2,5	
Aleuronsjikt	7,0	
Kime	2,5	
Frøhvite	<u>82,5</u>	
	100,0	

Ved grøpping av hvete og rug får en et grøpp hvori de ulike deler av kornet inngår med omlag en vektprosent som er nevnt i tabellen. Ved grøpping av bygg og havre kommer også inneragnene med. For bygg med omlag 10 % og for havre med omlag 25 % forutsatt vare av god kvalitet. De øvrige deler av kornet blir da redusert tilsvarende i blandingen.

Ved framstilling av siktet mjøl av hvete eller rug utgjør fruktskall og frøskall kliandelen. Aleuronsjiktet og kimen er av forskjellige grunner også uønsket i siktet mjøl. Den første p.g.a. mulige fargestoffer og høgt innhold av enzymer og den siste p.g.a. høgt fettinnhold som kan gjøre kornproduktene mindre lagringsdyktige. Den teoretisk høyeste utmalingsgrad av hvete med den sammensetning som er nevnt, er derfor 82,5 %.

Under maling (formaling) og silting av hvete klarer en ikke å skille komponentene fullstendig fra hverandre, men med moderne mølleteknikk kommer en imidlertid meget nær opp mot dette teoretiske tall.

Det midlere kjemiske innhold i viktigere kornarter i prosent av tørrstoff er som følger.

Kornart	Aske	Protein	Stivelse	Fett	Trevler	Rest
Hvete	1,8	13,0	69,0	2,0	2,3	11,9
Rug	1,8	10,0	72,0	1,8	2,3	12,1
Bygg(m.skall)	2,6	11,0	69,0	2,3	4,5	10,6
Havre(m.skall)	3,5	12,0	50,0	7,0	12,0	15,5
Mais	1,5	11,0	72,0	5,0	2,5	8,0
Ris(m.skall)	4,7	8,0	74,0	1,9	10,0	1,4

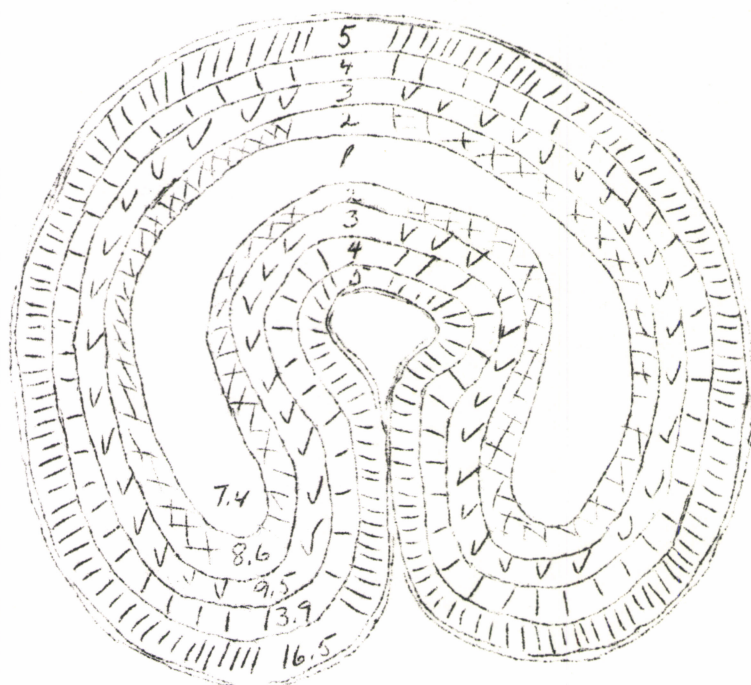
Det er små forskjeller i askeinnhold i naken kjerne av de forskjellige kornarter. De kornarter som har inneragner sittende fast på karyopsen etter tresking, har høgest askeinnhold, fordi agnene inneholder mye aske. Innholdet av protein er høgst i hvete og havre og lågest i ris. Innen artene er det dog store variasjoner, langt større enn forskjellene mellom artene. Summen av protein og stivelse er ganske konstant i alle kornarter, vanlig 80-83 %, undtatt hos havre hvor denne summen oftest er 62-65 %. Innholdet av fett er høgest i havre hvor kimen inneholder omlag 25 % fett. Innholdet av trevler har sterk sammenheng med tjukkelsen av skallet (inneragnene) og er derfor høgest hos havre og ris.

Den kjemiske sammensetning i prosent av tørrstoff av de morfologiske komponenter i hvetekornet går fram av følgende tabell.

	Aske	Protein	Stivelse	Fett	Andre N-fri stoffer
Fruktskall	5,0	7,5	0	0	72,5
Frøskall	8,0	15,5	0	0	61,5
Aleuronsjikt	11,0	24,0	0	8,0	42,0
Kime	4,5	26,0	0	10,0	44,5
Endo- (innerst	0,5	7,9	71,7	1,6	3,3
sperm (ytterst	0,8	16,0	62,7	2,2	3,3

Tabellen viser at askeinnholdet er høgt i alle deler undtatt i frøhviten hvor det også er minst i de sentrale deler av kjernen. Askeinnholdet i mjølet er derfor en god og mye brukt indikator på utmalingsgraden.

Innholdet av protein er høgest i aleuronsjiktet og i kimen. I frøhviten avtar det innover mot sentrum. Fordelingen av proteinet i frøhviten kan forøvrig variere betydelig avhengig av sortsmateriale, vekstvilkår, m.v. Stivelse er det praktisk talt bare i frøhviten. Fettinnholdet er størst i kimen og i aleuronlaget, men det er også noe i frøhviten. De andre N-frie stoffer utgjøres vesentlig av cellulose, hemisellulose, pentosaner, lignin m.v. Skissen viser eksempel på prosentisk innhold av protein i de ulike sjikt av hvetekorn (prinsippskisse).



Tverrsnitt av hvetekorn med
forskjellige proteinsoner (prosent)

Det går fram av tabellene foran at den største stoffgruppen i kornet er karbohydrater. Dernest kommer protein, trevler, fett, mineraler, vitaminer, m.v. De viktigere stoffgrupper skal i det følgende behandles mer i detalj.

Karbohydrater.

Stivelse er det viktigste karbohydrat i frø av alle kornarter. Den utgjør omlag 60 % av hele kornet og 70 % av endospermen (kornet minus skall og kime). I endospermen forekommer stivelsen som aggregater av makromolekyler. Disse aggregater som kalles stivelseskorn, har en artstypisk størrelse og morfologi som gjør det mulig ved hjelp av mikroskop i de fleste tilfelle å bestemme hvilken planteart de kommer fra. Størrelsen av stivelseskornene kan variere mye fra 1-60 μ , men de fleste er av størrelse 30-40 μ .

Stivelseskorn hos hvete, rug og bygg er mer eller mindre kuleformet, men en del er tydelig flattrøkt eller nyreformet. Hos havre er de store stivelseskorn sammensatt av mindre, kantete enheter. I alle våre kornarter faller stivelseskorna i to størrelsesgrupper:

Hvete	15-40 μ	og	1-10 μ	
Rug	25-60 "	"	2-10 "	
Bygg	20-35 "	"	1- 5 "	
Havre	60 "		2-10 "	Sammensatt, opptil 80 enheter.
Mais	2-30 "			
Ris	2-12 "			Sammensatt opptil 150 enheter.

Kvantitativ bestemmelse av mjølblandinger av ulike kornarter er vanskelig å foreta med ønsket nøyaktighet, bl.a. fordi en del stivelseskorn er knust eller mekanisk skadd. I mjøl tilsiktes vanlig ca. 10 % mekanisk skadde stivelseskorn. De skadde stivelseskorn tjener som næring for gjæren, fordi de lettere angripes av amylaser og danner sukkerarter.

Karbohydrater.

Stivelse er det viktigste karbohydrat i frø av alle kornarter. Den utgjør omlag 60 % av hele kornet og 70 % av endospermen (kornet minus skall og kime). I endospermen forekommer stivelsen som agregater av makromolekyler. Disse agregater som kalles stivelseskorn, har en artstypisk størrelse og morfologi som gjør det mulig ved hjelp av mikroskop i de fleste tilfelle å bestemme hvilken planteart de kommer fra. Størrelsen av stivelseskornene kan variere mye fra 1-60 μ , men de fleste er av størrelse 30-40 μ .

Stivelseskorn hos hvete, rug og bygg er mer eller mindre kuleformet, men en del er tydelig flattrøkt eller nyreformet. Hos havre er de store stivelseskorn sammensatt av mindre, kantete enheter. I alle våre kornarter faller stivelseskorna i to størrelsesgrupper:

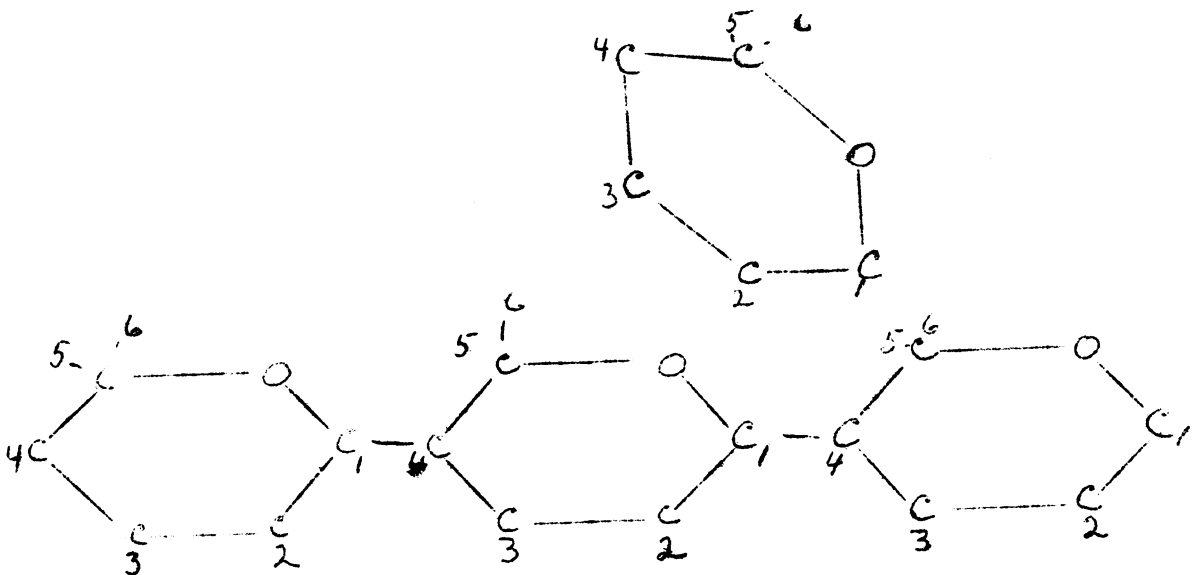
Hvete	15-40 μ	og	1-10 μ	
Rug	25-60 "	"	2-10 "	
Bygg	20-35 "	"	1- 5 "	
Havre	60 "		2-10 "	Sammensatt, opptil 80 enheter.
Mais	2-30 "			
Ris	2-12 "			Sammensatt opptil 150 enheter.

Kvantitativ bestemmelse av mjølblandinger av ulike kornarter er vanskelig å foreta med ønsket nøyaktighet, bl.a. fordi en del stivelseskorn er knust eller mekanisk skadd. I mjøl tilsiktes vanlig ca. 10 % mekanisk skadde stivelseskorn. De skadde stivelseskorn tjener som næring for gjæren, fordi de lettere angripes av amylaser og danner sukkerarter.

Stivelse av havre og ris er lettest å skille ut. Likeså stivelse av rug som har en del spesielle morfologiske kjennetegn ved siden av at de ved tilsetning av tush absorberer denne i en slimhinne rundt stivelseskorna.

Det ytterste lag av stivelseskornet er mer resistent mot påvirkning av amylaser enn de indre deler. Det er ikke klart om den bedre resistens mot amylase i de ytre lag skyldes den selullose-lignende hinne som omgir stivelseskorna eller om den bare skyldes forskjeller i mekanisk pakking av stivelsesmolekylene i de ytre lag.

Stivelsen er et høymolekylert karbohydrat med sumformel $C_6H_{12}O_6$. Den er bygd opp av D-glykoseenheter med α bindinger mest mellom 1-4 posisjoner, men også noen i 1-6 posisjoner. Det gir lange kjeleformede molekyler ved 1-4 bindinger og forgreininger av dette der hvor det i tillegg forekommer 1-6 bindinger. $C_6H_{12}O_6$ = melvekt 180.



I kornartene forekommer vanlig to arter stivelse, nemlig amylose og amylopektin. Etter forklistring i tynn vannoppløsning felles amylosen ved amyloalkohol eller n-butan. Amylopektinet felles tilsvarende med metylalkohol.

I hvete, bygg og havre utgjør amylosen ca. 23 % av stivelsen mens resten, ca. 77 %, er amylopektin. I andre kornarter er det oftest mer amylose, men det kan også være omvendt, idet "voksartet" stivelse hos en del arter av mais, ris og hirse utelukkende består av amylopektin.

Grunnenheten i amylosen er et ugreinet lineært molekyl som består av 20 - 30 glukosemolekyler. Da ikke alle vinkler ved bindingstedene er like store, vil kjeden kvile seg til en spiral hvor 6 glukosemolekyler utgjør en omdreining i spiralen. Amylosemolekylene er videre bundet sammen til makromolekyler med molekylvekt av størrelsesordenen 70.000.

Den indre diameter i amylosespiralene er 5Å, som er akkurat stor nok til at et Jod-molekyl (3,8 Å) kan smyge inn i spiralen. Dette er mekanismen for blåfarging av stivelse med Jod. Intensiteten av fargingen avhenger av polymeringsgraden, dvs. hvor lang spiralen er. Hvis antallet av glukoseringer er

< 6, ingen farge
7-12 , rødaktig farge
13-34, rødfiolett farge
> 34, blå farge.

Under påvirkning av α -amylase spaltes amylosen til α -dekstrin (Schardingerringe) som består av 6 glukoseenheter (en kveil av spiralen). α -dekstrinet kan spaltes videre av B-amylasen til maltose. Under påvirkning av B-amylase alene, hydrolyseres amylosen fullstendig til maltose.

Amylopektinet er forgreinede kjeder som består av 18 - 36 glukose molekyler. Foruten de ordinære α 1-4 bindinger, forekommer også α 1-6 bindinger på det samme glykosemolekyl. Det er omlag 10 glukoseenheter mellom forgreiningspunktene. De indre kjeder (mellom knutepunktene) blir da av denne lengde, men de ytre kjeder som har en fri ende, vanlig har en lengde av 18 glukoseenheter. Amylopektinmolekylene er også bundet sammen til makro-molekyler med molekylvekt av størrelsesorden 45.000.

Når stivelse forklitrer, er det amylopektinet som er den aktive komponent. Ved låg temperatur kan en delvis forklistring foregå under påvirkning av disse kjemikalier, men den mest fullstendige forklistring foregår ved høgere temperatur i vannopløsning. Under forklistringen bindes store mengder vann mellom molekylkjedene. Dette kan gi en volumforøkelse på 100-1000 ganger, avhengig av størrelsen av stivelsesmolekylene (polymeringsgraden). Bindingen av vann under forklistringen skjer til de frie punkter på glukosemolekylene. Virkningen blir følgelig sterkest når det er et nettverk av molekylkjeder hvor vannmolekylene har noe å hefte seg til på flere sider. Forklistringstemperaturen for stivelse varierer en del med kornart, sorter, dyrkingsvilkår og varebehandling. Ved lagring blir korn og mjøl noe mer resistent mot forklistring, slik at det trengs høgere temperatur for å få til samme grad av forklistring.

Stivelsen består av en blanding av stivelseskorn av ulik størrelse. De store stivelseskorn forklitrer lettest. Derfor foregår forklistringen over et temperaturområde ofte på 10-20°C. De ulike temperaturer for forklistring skyldes også tildels at det nyttes ulike definisjoner på begynnende forklistring eller at forklistringen skjer under ulike vilkår. Vanlig oppgis følgende gjennomsnittstemperaturer for begynnende og avsluttet forklistring.

Rug	56-62° C
Hvete	60-88 "
Bygg	63-90 "

Sellulose er hovedbestandelen av selleveggene i kornet og utgjør mesteparten av analysefraksjonen trevler. Sellulose er et meget komplisert karbohydrat, som kan ha nokså ulike egenskaper. Det er et glukosepolymer med den samme sumformel som stivelse. Forskjellene er særlig at glukoseenhetene i sellulose er bundet sammen med B-bindinger, i motsetning til stivelse som er bundet med α -bindinger. Sellulose er derfor meget resistent ovenfor påvirkninger av enzymer og har følgelig låg fordøyelighet. De små mengder sellulose som danner selleveggene i endospermen er dog ikke så resistente mot enzymer.

Innholdet av sellulose i hele kornet er ca. 2,0 %. I endospermen er det bare omlag 0,1 %, mens kornskallet inneholder 12-14 % sellulose.

Innholdet av fritt sukker er i hvete omlag 2,5 %. Det er mest oligosakarider som ved hydrolyse gir glukose. Dernest kommer sakkarose. Videre er det mindre mengder maltose, fruktose og glukose. I friskt korn er det bare ubetydelige mengder dekst-riner, men mengdene av disse kan stige sterkt i groskadd korn.

Amylaser.

Det er særlig to amylaser som er virksomme under nedbrytingen av stivelse. Den ene er α amylase, som det er lite av i friskt velberget korn, men som dannes i store mengder i spirende korn. Denne α -amylasen er den samme som forekommer i spytt og bukspytt hos dyr. Den forekommer videre hos muggsopper f.eks. Aspergillus, Oryza og hos en del bakterier f.eks. Bacillus subtilis.

α -amylasen er et hurtig virkende enzym som på meget kort tid kan bryte ned stivelse til α -dekstriner slik at den mister evnen til å forklistre. α -amylasen har imidlertid liten evne til å danne forgjærbart sukker.

Den andre amylasen er B-amylase. Den finnes også i friskt korn og i mengder som er karakteristisk for sorten. B-amylasen har evne til å danne forgjærbart sukker av stivelse eller av α -dekstriner som α -amylasen lager i store mengder.

α og B-amylase har forskjellige krav til temperatur og pH for å virke effektivt.

Amylaser	Opt.temp.	Opt.pH
α -amylase	65-70	5,8 - 6,0
β -amylase	55	4,9 - 5,1

Virkingen av de to amyaser kan holdes adskilt ved å endre temperatur og pH i oppløsningen.

Temp.-tid	pH	Virkegrad i % av Opt.
75° C i 15 min.	6,5	α - amylase = 75 β - amylase = 0
60° C i 15 min.	3,3	α - amylase = 0 β - amylase = 75

Som vist i tabellene kan α -amylase inaktiviseres ved å senke pH, og B-amylasen ved å auke temperaturen. I praksis er det relativt lett å dra seg nytte av α -amylasens sensitivitet ovenfor låg pH. Ved sur deigføring kan f.eks. α -amylasen i mjøl av groskadd korn inaktiviseres slik at brukbar brødkvalitet kan oppnås selv om dette ikke hadde vært mulig ved gjærført deig.

Amylasens virkning på stivelse.

Virkningen av amylasene er sterkt avhengig av stivelsens tilstand. Nativ stivelse dvs. ikke forklisset stivelse, er meget resistent ovenfor B-amylase. Mekanisk uskadde stivelseskorn kan ikke i nevneverdig grad påvirkes av B-amylase, antagelig fordi de frie (ytre) ender av kjedemolekylene, som er det eneste sted B-amylasen kan angripe, ikke eller i meget begrenset omfang stikker ut til overflaten slik at B-amylasen kan komme til. Hvis amylosen er sterkt retogradert, kan den bli resistent mot påvirkning av B-amylase. Retogradering er en krystallinsk utfelling av amylose som tiltar under lagring av korn, mjøl eller mjølprodukter.

α -amylasen har også meget langsommere virkning på nativ stivelse enn på forklisset stivelse, særlig er dette tilfelle når stivelseskorna er mekanisk uskadde. Mekanisk skadde stivelseskorn, f.eks. i daumalt mjøl, angripes hurtigere både av α -amylase og B-amylase, fordi det blir flere angrepspunkter for amylasene. I forklisset tilstand er makromolekylens struktur oppløst slik at amylasene lettere kan komme til.

B-amylasens virkning på amylose består i at maltosemolekyler (maltose = 2 molekyler glukose - 1 molekyl vann) frigjøres fra den ikke reduserende ende av amylosens kjedemolekyl. Under opptagelse av vann kan derfor B-amylasen omdanne all amylose til maltose. Når stivelsen påvirkes av B-amylase, dannes det derfor hurtig forgjærbart sukker, fordi dette produktet (maltose) oppstår allerede ved første reaksjonstrinn.

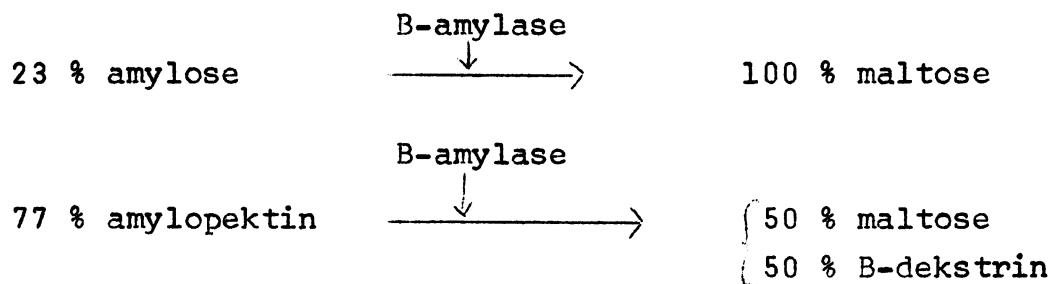
Omdannelsen av amylose til maltose foregår forholdsvis langsomt og kan ikke påvises ved Jod-reaksjonen før lengden av amylosekjedene kommer ned under ca. 34 glukoseenheter. Nedbrytingen av amylosen er da allerede kommet meget langt. Det er nevnt tidligere at amylosen ikke er aktiv eller bidrar til de fysiske endringer som foregår når stivelse forklisset, men at det er amylopektinet som er den aktive komponent. Jod-reaksjonen på

stivelse er derfor å betrakte som en indikator på nedsatt forklistringsevne, fordi nedbrytingen av amylopektinet foregår samtidig. Dette gjelder dog bare når α - og B-amylase begge er virksomme i oppløsningen samtidig.

På amylopektinet er virkningen av B-amylasen langt svakere. Det er bare i stand til å angripe de ytre kjeder, og bare fra de ikke reduserende ender. Nedbrytingen av disse ytre kjeder som har en maksimal lengde av ca. 18 glykoseenheter, foregår som for amylose ved at maltose spaltes fra. Reaksjonen stanser i en avstand av 1 - 2 glukosemolekyler fra knutepunktene. (glukosemolekyl med både α 1-4 og α 1-6 bindinger).

Da verken knutepunktene eller de indre kjeder kan angripes av B-amylase, blir det derfor igjen et ganske stort molekyl som i vekt utgjør ca. halvparten av amylopektinets makromolekyl. Det består av alle indre kjeder og korte stumper av de ytre kjeder og kalles B-dekstrin eller amylodekstrin.

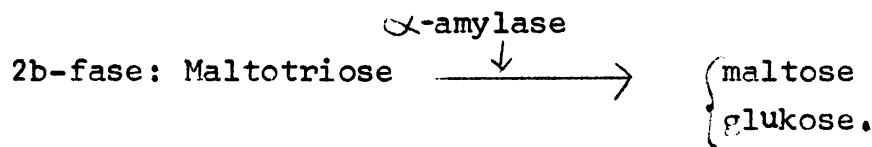
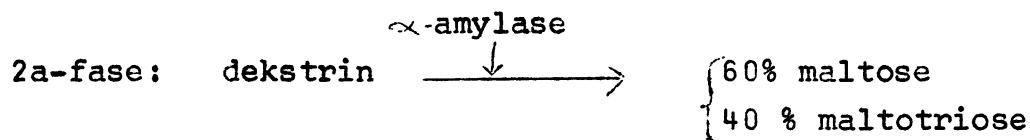
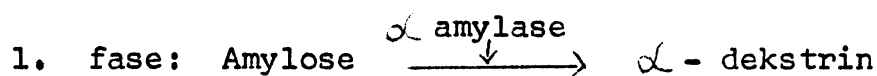
Når B-amylase alene virker på ufranksjonert stivelse, (dvs. slik som den forekommer i kornet) blir endeproduktet bestående av ca. 60 % maltose og ca. 40 % B-dekstrin.



α -amylasen har en hurtigere og langt mere drastisk virkning på stivelsen. Nedbrytingen av amylosen skjer ved at kjedemolekylet deles opp i enheter, bestående av 5 - 7 glukosemolekyler. Dette kalles α -dekstrin eller Schardinerringe som utgjør en omdreining amylospiralen. Nedbrytingen av amylosen kan gå meget hurtig, fordi alle aktuelle bindinger kan angripes samtidig. Dette er den mest karakteristiske virkning av α -amylasen og det er det den er berømt for.

α -amylasen kan fortsette med å bryte ned α -dekstrin til maltose, men effektiviteten er langt lågere enn for β -amylasen. α -amylase kan ikke bryte ned maltose til glukose, bortsett fra at maltotriose kan spaltes hvorved det dannes både maltose og glukose.

α -amylasens nedbryting av amylose deles ofte i to faser.

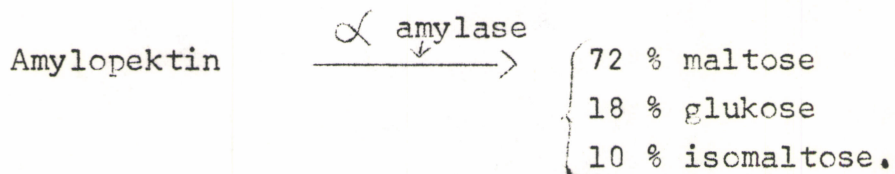


Reaksjon i fase 2B, er meget langsom. Endeproduktet når α -amylase alene nedbryter amylose, blir derfor ca. 87 % maltose og ca. 13 % glukose.

α -amylasen nedbryter amylopektinet på samme måte som den bryter ned amylosen, idet både indre og det ytre kjeder kuttes i enheter på 5 - 7 glukoseenheter. Sluttproduktet ved første fase blir også her α -dekstrin. Det dannes dessuten en del anomale α -dekstriner som inneholder knutepunktene på molekylkjedene (glukosemolekyl med α -1-4 og α -1-6 bindinger). Under fase 2b nedbrytes det anomale α -dekstrin til isomaltose og glukose.

I amylopektinet er omlag 5 % glukoseenhetene bundet til knutepunkter som vil gjøre at ca. 10 % av glukoseenhetene blir bundet i isomaltose som ikke er forgjærbar.

Sluttproduktet totalt blir derfor:



Når α -amylase nedbryter ikke fraksjonert stivelse blir sluttproduktene:

75 % maltose
17 % glukose
8 % isomaltose.

Det ser ut til at endeproduktene ved nedbrytingen av stivelse virker hemmende på amylasenes virksomhet, slik at nedbrytingen etter hvert går i stå. Vanlig blir derfor neppe mer enn 80-85 % av stivelsen omdannet til forgjærbart sukker. Den siste del av stivelsen kan nedbrytes til forgjærbart sukker ved kombinert virkning av gjær og amylaser, men dette går meget langsomt.

Kombinert virkning av α - og B-amylase under nedbrytingen av stivelse til forgjærbart sukker gjør at prosessen går meget hurtigere og er mer effektiv. α -amylasen foretar en hurtig oppdeling av molekylene til α -dekstriner, men er lite effektiv under den fortsatte nedbryting til maltose og glukose. Under den siste del av nedbrytingen er B-amylasen langt mer effektiv.

Når korn spirer, trenger de nydannede organer, røtter og spire, næring til sin vekst. Denne skaffes tilveie ved at ulike enzymer bryter ned den høymolekulære opplagsnæring i kornet, i første rekke stivelse og protein. Stivelse brytes ned til sukkerarter og proteinet til aminosyrer. Disse er vannløslige og kan transporteres til vekstpunkter og andre steder hvor det trengs næring.

Selv om stofftapet ved spiring i første omgang ikke er så stort, medfører avbyggingen av stivelse og protein at disse mister de fysiske egenskaper som er nødvendige under framstillingen av en rekke produkter av korn. Kraftigst er virkningen på kvaliteten av gjæret brød, men også andre kornprodukter får nedsatt kvalitet hvis de lages av groskadde korn. Når virkningen er sterkest på gjæret brød, er det fordi det til denne anvendelse er nødvendig både med god forklistringsevne hos stivelsen og god styrke og elastisitet hos proteinet.

Morfologisk spiring av korn kommer ikke igang før vanninnholdet er kommet opp i min. 35 % av friskvekt. Det svarer til ca. 54 % regnet av tørrvekt. Korn som har modnet og er berget under gunstige værforhold og som seinere er lagret med lågt vanninnhold, har lite innhold av α -amylase.

Hos spirevillig korn tar innholdet av α -amylase til å auke og α -amylasen er i stand til å begynne nedbrytingen av stivelsen allerede ved et vanninnhold av ca. 26 %. Det betyr at den biokjemiske del av spiringsprosessen kan starte ved et lågere vanninnhold enn den morfologiske. Under oppbevaring av korn med vanninnhold i området ca. 26-35 % eller som periodevis har dette vanninnhold, foregår det derfor en langsom nedbryting av stivelsen, antagelig også av protein, uten at dette kan sees på kornet. Dette er den sk. lønngroing som i de seinere år har redusert kornkvaliteten betydelig uten at synlig groskade har forekommet i tilsvarende omfang.

Kvalitetskader på korn bestemmes i prinsippet best på sluttproduktet. Enkeltegenskaper som berører kvaliteten kan imidlertid i enkelte tilfelle både sikrere og hurtigere bestemmes ved spesielle metoder. Groskade kan måles ved virkninger både på stivelse og på protein som begge påvirkes meget sterkt. Av de metoder en har, er de som måler virkningen på stivelsen de enkleste og mest effektive og er derfor mest brukt til å bestemme groskade på korn.

Serealkjemiske testmetoder for stivelse.

I kornteologien eller under framstilling av produkter av korn har stivelsens spesifikke kvalitet vært viet liten oppmerksomhet. Årsaken til dette er at inntakt stivelse, nesten uansett spesifikk kvalitet, har de egenskaper som er nødvendig for alle teknologiske prosesser. Under baking av gjæret brød skal stivelsen, når den forklistrer, binde det vann som frigjøres når proteinet koagulerer. Med det stivelse/proteininnhold en har i hvete og rug, er det nok stivelse til å klare denne oppgaven. Størst krav til stivelsen stilles det ved en del anvendelser av husholdningsmjøl hvor best mulig forklistrings- evne er ønskelig. Til dette nyttes derfor fortrinnsvis stivelses- rikt (og proteinfattig) mjøl, men forskjellen i spesifikk stivelseskvalitet har heller ikke til dette formål vært tillagt særlig betydning.

Problemene med stivelse oppstår først når denne er delvis avbygget og har fått nedsatt forklistringsevne. Men da blir også problemene store. Analyser vedrørende stivelse går derfor ut på å bestemme dens forklistringsevne, dvs. hvor mye vann stivelsen kan binde ved en bestemt konsistens eller den konsistens som oppnåes ved tilsetting av en viss mengde vann. Dette er en direkte bestemmelse av den aktuelle egenskap og skjer ved hjelp av viskosimetriske metoder. Ved andre metoder måles forhold som enten påvirker forklistringsevnen eller som viser sterk sammenheng med denne.

Det er tre hovedprinsipper som nyttes ved bestemmelse av stivelsens forklistringsevne.

1. Viskosemetriske metoder hvor viskositeten av stivelse forklistret i vann under nærmere spesifiserte betingelser måles. Av disse metoder er Falltall metoden den mest brukte.

2. Bestemmelse av innholdet av α -amylase. Dette er for såvidt en indirekte metode men da det er α -amylasen som foretar nedbrytingen av stivelsen, er det en meget sterk sammenheng mellom mengden av α -amylase og stivelsens polymeringsgrad, eller rettere den polymeringsgrad som stivelsen vil få når α -amylasen får virket på den f.eks. under deiglaging, og under den første del av steketiden for brødet.

Avvik fra gjennomsnittsforhold forårsakes ved at stivelsen kan ha ulik spesifikk kvalitet og vise ulik resistens mot nedbryting av α -amylase. Resultatene varierer imidlertid ikke mye på grunn av disse årsaker. Bestemmelse av mengden av α -amylase gir derfor meget pålitelige opplysninger om stivelsens tilstand eller aktuelle kvalitet.

3. Jod-reaksjon på stivelse gir opplysninger som stivelsens polymeringsgrad. Virkemekanismen for denne gruppe analysemetoder, og hva resultatet betyr er omtalt annet sted. Jodreaksjonen som indikator på stivelsens kvalitet er mindre opplysende enn de to førstnevnte metoder og nyttes nå lite.

Falltallsmetoden er basert på måling av viskositeten av stivelse i forklisset i vann. Til analysen nyttes 7 g grøp som slemmes opp i 25 ml vann i et stort regensglass. Glasset plasseres i kokende vann. Innholdet røres med en stav i 60 sekunder (et dobbeltslag pr. sek.) fra det øyeblikk glasset settes i kokende vann. Etter 60 sekunder slippes staven i øvre stilling. Falltallet angis i sekunder fra røringen tar til og inntil staven har sunket ned igjennom den forklistrede stivelsen. Lågeste analyseverdi er derfor 60, og høyeste verdi av størrelsesorden 400-500. Lågeste analyseverdi betyr at stivelsen ikke gir

merkbar viskositetsaukning i vannet, mens de høyeste verdier betyr at det ved forklistringen er dannet en tjukk grøt. Metoden gir prinsipielt meget riktige resultater, fordi den tilstedeværende α -amylase under analysen virker på den stivelse den eventuelt seinere skal virke på. Falltallet er ikke rettlinjert korrelert med stivelses nedbrytingsgrad. Hvis korn med forskjellig falltall blandes sammen, får blandingen et falltall som er betydelig lågere enn gjennomsnittet av de to enkeltanalyser. Etter log. transformering av falltallene får en imidlertid verdier som er rettlinjert korrelert med nedbrytingsgraden. De transformerte verdier, eller i praksis verdier som beregnes etter en empirisk formel, kalles

$$\text{Diastasetall, } D = \frac{6000}{\text{Falltall} - 50}$$

Noen eksempler på falltall med tilhørende D-verdier

Falltall	D-verdi
60	600
80	200
100	120
150	60
200	40
300	24
400	17

Når det blandes like mengder korn med falltall 100 og 400 vil en ved beregning over D-verdier finne at blandingen for falltall = 136 og ikke 250. Dette er det meget viktig å være merksom på når korn av ulik kvalitet blandes sammen.

Amylogram. Måling av stivelses tilstand med Amylograf var en av de mest brukte metoder før Falltallsmetoden ble utviklet. Amylograf (Brabender) er et apparat som måler viskositeten av stivelse som forklistrer i vann under jevn temperaturstigning. (1,5° C pr. min.) Viskositeten (motstanden i stivelsesoppl.)

måles ved en fjærbelastet arm som tegner en kurve i et diagram. Kurvens stigning viser viskositetsaukingen pr. tidsenhet. Kurvens maksimum viser høyeste viskositet og ved hvilken temperatur (og tid) den er oppnådd. Metoden gir meget gode og detaljerte opplysninger om stivelseskvaliteten. Resultatene kan imidlertid ikke uttrykkes i et enkelt tall. Analysene krever kostbart utstyr og er arbeidskrevende.

Molinmetoden angir stivelsens kvalitet i Molinenheter = ME. Ved metoden måles den evne et vannuttrekk av korngrøpp har til å forsukre en standard stivelsesoppløsning. Låge verdier er god kvalitet og omvendt. Analyseverdiene ligger vanlig i området 20-60 ME. Metoden ble utviklet i Sverige og har mest vært brukt der.

L-amyalse. Stivelsens tilstand kan vurderes ved innholdet av α -amylase. Da det er α -amylasen som nedbryter stivelsen, er det mengden av denne som bestemmer hvor hurtig nedbrytingen vil foregå når vilkårene er gunstige. I prinsippet måles den evne et vannuttrekk (som inneholder α -amylasen) av kornprøven har til å bryte ned en standard stivelsesoppløsning med B-amylase i overskudd. Den stivelsesoppløsning som nedbrytes, tilsettes Jod og endringene i fargeintensitet avleses med 5. min. mellomrom i et kolorimeter. Måleresultatet angis i $K(\alpha)$ hvor låge verdier er god kvalitet og omvendt. For friskt korn har $K(\alpha)$ verdier i området 3-6 mens sterkt groskadd korn kan vise verdier > 1000 . $K(\alpha)$ er lineært korrelert med log. falltall.

Protein.

Grunnenhetene i proteinmolekylet er kjeder av aminosyrer som er dannet ved at disse er bundet sammen med peptid bindinger mellom karboksylgruppen (COOH) på den ene aminosyre og α -aminogruppen (NH₂) på den neste. Disse lange kjeder av aminosyrer er videre bundet til nabokjedene med disulfidbindinger (tverrforbindelser fra cysteinrester). Kjødene kan være kveilet opp i spiraler som bindes til nabospiraler med hydrogenbindinger på spiralenes overflate.

I proteinet i korn er det vanlig 18 aminosyrer. Mengdeforholdet mellom aminosyrene og deres rekkefølge i peptidkjødene bestemmer proteinets fysiske, kjemiske og ernæringsmessige egenskaper.

Protein i korn består av mange komponenter med forskjellig innhold av nitrogen og andre stoffer, og de har forskjellige kjemiske og fysiske egenskaper. Ved en proteinanalyse, f.eks. Kjeldahl, bestemmes mengde nitrogen. Proteinmengden beregnes deretter ved at innholdet av nitrogen multipliseres med en faktor som er den inverse verdi av nitrogeninnholdet i den type protein det gjelder. For protein i hvete og rug nyttes faktoren, 5,7 for ris 5,95, mens faktoren 6,25 brukes for de fleste slags proteiner. Disse faktorer er riktige under den forutsetning at innholdet av nitrogen i de nevnte proteiner, er henholdsvis 17,5 , 16,8 og 16,0 prosent.

Konvensjonelt deles proteinet i korn i flere fraksjoner etter oppløsligheten av disse. (Osborne's system av 1907).

Proteinfraksjon	% totalprot., ca.	Kan ekstraheres med:
Albumin	2,5	Vann
Globulin	5,0	Tynne saltoppl.
Proteose	2,5	
Gliadin	40-50	70 % etylalkohol
Glutenin	40-50	Svake oppl. av syrer eller baser.

Mengdeforholdet mellom disse proteinfraksjoner varierer med arter, sorter og vekstvilkår. Den kjemiske sammensetning av de enkelte fraksjoner synes imidlertid å være meget konstant, iallefall såvidt sumformel angår. Ulike egenskaper hos fraksjonene antas i det vesentlige å skyldes strukturforskjeller, ulike typer av bindinger m.v.

Undersøkelser i de siste 10 år har imidlertid vist at de nevnte grupper av protein er sterkt heterogene og inneholder mange proteinarter. Dette er særlig tilfelle med de proteiner som ikke er løslige i vann, nemlig gliadin og glutenin. Gliadin består av minst 8 komponenter. Molekylvekten av gliadin oppgis å være 42.000-47.000. Glutenin oppgis å bestå av enheter med en molekylvekt av omlag 20.000 som er bundet sammen av disulfidbindinger til makroenheter med molekylvekt opptil 1. mill. Gliadin og glutenin tilsammen utgjør gluten, som for hvete betinger de spesielle deigegenskaper som hveten er kjent for. Glutenproteinets fysiske egenskaper som strekkmotstand, elastisitet, m.v. er antagelig betinget av mengdeforholdet mellom disulfidbindinger (SS) og sulfhydrylbindinger (SH). Gluten synes å ha de beste fysiske egenskaper når forholdet SS/SH er i området 15-20. Ved et høgere forhold (flere tverrforbindelser) blir gluten hard, kort og lite elastisk. Ved et lågt forhold får glutenet dårlig sammenhengskraft og gir en veik deig. Det er også hevdet at elastisiteten i gluten skyldes glideflater av lipoprotein mellom smale plater av polypeptidkjeder.

Protein finnes i alle deler av kornet, men det prosentiske innhold er størst i kimen, scutellum og i aleuronlaget. I endospermen er innholdet av protein høgest i de ytre lag og avtar innover mot sentrum.

Gjennomsnittsverdier for protein i de ulike deler av kornet (e. Peterson 1965).

Del av kornet	Vekt % av kornet.	Prosent prot.=N.5,7	Protein, % av totalinnh. i kornet.
Fruktskall	5,8	2,8	1,7
Frøskall	2,2	9,7	2,3
Aleuronlar	7,0	18,0	16
Endosperm ytterst	12,5	12,5	19
" midten	12,5	8,0	12
" innerst	57,5	5,7	41
Embryo	1,0	30,4	3,5
Scutellum	1,5	24,3	4,5

I hvete er ca. 78 % av innholdet av nitrogen bundet i reinprotein og ca. 22 % i andre nitrogenholdige stoffer. Hveteprotein er karakterisert ved et høgt innhold av de ikke essensielle aminosyrer og et lite og mindre vel balansert innhold av de essensielle aminosyrer.

I tabellen er innholdet av aminosyrer i proteinet av de viktige kornarter stilt sammen. Til sammenligning er tatt med eggalbumin. Tallene viser at hvetens protein har låg biologisk verdi, særlig p.g.a. lite innhold av lysin og methionin. Ris har den best balanserte aminosyresammensetning i forhold til behovet.

Tabell s. 22.

I neste tabell er det ført opp gjennomsnittstall for det prosentiske innhold av 10 viktige aminosyrer i ulike møllefraksjoner av hvete. Til sammenligning er også her tatt med eggalbumin som er den proteinart som antas å ha den mest ideelle aminosyresammensetning.

Tabell s. 23.

Prosent innhold av aminosyrer i proteinet i ulike kornarter
(e. Kent 1961)

	Hvete	Bygg	Rug	Havre	Ris	Mais	Hirse	Eggalbumin
Isoleusine	3,8	3,8	3,9	4,6	3,9	4,0	4,7	5,7
Leusine	6,4	6,9	6,1	7,0	8,0	12,0	14,3	7,8
Lysin	2,7	3,4	3,7	3,7	3,7	3,0	2,9	6,4
Methionin	1,6	1,4	1,6	1,4	2,4	2,1	1,6	3,7
Phenylalanin	4,6	5,0	4,6	5,0	5,2	5,0	4,3	5,3
Threonin	2,9	3,7	3,6	3,4	4,1	4,2	3,8	4,3
Tryptophan	1,3	1,4	1,3	1,3	1,4	0,8	0,7	1,0
Valin	4,3	5,0	5,0	5,4	5,7	5,6	6,0	6,6
Arginin	4,3	5,0	5,0	6,6	7,7	5,0	4,7	5,3
Histidin	2,1	1,9	2,1	1,9	2,3	2,4	3,3	2,2
Cystin	2,1	2,1	1,8	1,8	1,1	2,1	-	2,6
Tyrosin	3,2	3,5	4,2	3,8	3,3	3,8	2,7	3,0
Alanin	3,4	4,5	-	5,1	6,0	9,9	-	-
Asparaginsyre	5,0	5,9	-	4,2	10,4	12,3	-	9,8
Glulaminsyre	27,7	20,5	19,7	18,4	20,4	15,4	21,9	11,5
Glysin	3,8	4,3	-	4,2	5,0	3,0	-	3,3
Prolin	10,1	9,3	-	5,8	4,8	8,3	-	3,8
Serin	4,8	3,7	3,8	3,4	5,2	4,2	-	-

Prosentisk innhold av essensielle aminosyrer i hveteprotein i de ulike deler av kornet. (Beregnet på basis av 16 % N i protein) (e. Peterson 1965).

Aminosyrer	Eggalbumin Biol.verdi = 100	Endosperm Innerst	Endosperm Ytterst	Skall	Kime	Hvetegrø
1. Isoleucine	5,7	7,0	6,6	4,5	5,2	7,0
2. Leucine	7,8	9,1	8,0	6,5	7,3	8,3
3. Lysin	6,4	1,9	2,6	3,9	5,4	2,8
4. Methionine	3,7	1,1	1,4	1,1	1,3	1,3
5. Phenylalanine	5,3	4,0	3,4	2,5	2,5	3,7
6. Threonine	4,3	2,6	2,7	2,9	6,3	2,8
7. Tryptophan	1,0	0,9	1,1	1,8	0,9	1,0
8. Valin	6,6	3,7	4,0	4,1	4,2	4,0
9. Arginine	5,3	2,9	4,5	7,5	6,2	3,8
10. Histidine	2,2	1,7	1,7	1,7	3,0	1,7

I hveteprotein utgjør de 8 essensielle aminosyrer omlag 31 % mot ca. 41 % i eggalbumin. Hvis ytterligere to aminosyrer, arginin og histidin, tas med, blir tallene henholdsvis 37 og 49 %. Den resterende del av proteinet, utgjøres av de ikke essensielle aminosyrer. Av disse er det mest av glutaminsyre, ca. 32 %, og av prolin, ca. 12 %.

Av tabellen går det fram at det i hveteprotein er svært lite av lysin og methionin. Dette er særlig tilfelle i endospermen som utgjør den alt overveiende del av hvetekornet og som i siktet mjøl med låg utmalings^{-grad}, nesten er enerådende. I aleuronlaget og i kimen er det f.eks. 2,5 ganger mer lysin enn i endospermen. Av methionin er det jevnt lite i alle deler av kornet.

På grunn av for lite innhold av en del essensielle aminosyrer, særlig lysin og methionin som nevnt ovenfor, har hveteprotein låg biologisk verdi. For protein i de ulike deler av kornet eller i ulike møllefraksjoner varierer den fra 45 til 60 % også noe avhengig av beregningsmåten. Hvis den baseres på den aminosyre som er i minimum, får en lågere tall enn når det nyttes en indeks hvor alle essensielle aminosyrer teller med. Innen den samme kornart er det små sortforskjeller i aminosyresammensetning og biologisk verdi i de samme proteinfraksjoner, f.eks. gliadin, glutenin m.v. De forskjeller som registreres, skyldes derfor i det vesentlige at mengdeforholdet mellom de ulike proteinfraksjoner kan bli ulikt under forskjellige dyrkingsforhold. Et høgt totalinnhold av protein i kornet følges vanlig av et prosentvis lågere innhold av lysin. Det protein som oppnåes ved sterkere nitrogen-gjødsling har av denne grunn noe lågere biologisk verdi.

I bygg er det lignende fraksjoner av protein som i hvete. Et innhold av 10,5 % protein fordeler seg på ca. 2% vannløslige (albumin og globulin) ca. 4 % hordein, (prolamin) og ca. 4,5 % gluteling. Hordein og glutelin skiller seg fra gliadin og

glutenin i hvete, bl.a. ved at det ikke danner gluten og de har andre fysiske egenskaper. Forskjellen kan eventuelt bare bestå i et ugunstig forhold mellom sulphydryl og disulphid bindinger på samme måte som omtalt foran.

Testmetoder for proteinkvalitet.

Brødvolum og brødkvalitet forøvrig bestemmes av proteinmengde og proteinkvalitet. Brødvolumet er for den samme proteinkvalitet med visse unntagelser og begrensninger proporsjonalt med innholdet av protein i mjølet. Betydningen av proteinmengden for bakeevnen skal en i denne forbindelse ikke behandle nærmere.

De testmetoder for proteinkvalitet som behandles i det følgende, tar sikte på å bestemme fysiske egenskaper hos proteinet som er av betydning ved framstilling av gjæret brød. Proteinkvalitet i denne forbindelse kan prinsippielt deles i to kategorier. Den ene omfatter kvalitetsegenskaper som under optimale betingelser gir det beste resultat. Den andre er egenskaper ved proteinet som gjør at det tåler teknologiske prosesser og mekanisk påkjenning uten at kvaliteten av sluttproduktet derved forringes. Egenskaper av den siste kategori har i den seinere tid blitt meget viktige i sterkt automatiserte bakerier. Standard referansemetode for proteinkvalitet er baketest med 100g mjøl og optimal vesketilsetning. Dette gjelder under forutsetning av intakt stivelse d.v.s. falltall i området 3-400. Baketest er imidlertid omstendelig, tidkrevende og krever kostbart utstyr. Reproduserbarheten er heller ikke alltid så god som ønskelig, fordi både utstyr og arbeidsteknikk virker på resultatene. Standard baketest brukes derfor i begrenset omfang og mest ved avsluttende undersøkelser og ved kvalitetskontroll.

Det er utviklet og brukt et stort antall hurtigmetoder for undersøkelse av proteinkvalitet hos hvete. Disse metoder er basert på mange prinsipper f.eks. mikrobaketest, glutenmengde i våt eller tørr tilstand, svellingsev. av gluten i svake syrer, oppløsligheten av gluten i svake syrer, apparater som måler deikkonsistens, strekningsmotstand, elastisitet m.v.

Noen av de testmetoder som brukes mest her i landet og i våre nærmeste naboland, skal kort omtales.

Zeleny-tall er et uttrykk for graden av svelling av proteinet i svak mjølkesyre. En prøve av grøpp eller mjøl rystes ut i oppløsningen og settes deretter i ro for bunnfelling. Høyden av bunnfallet avleses i et gradert sylinderglass. Zelenytallene ligger vanlig mellom 20-60 med de høge verdier for best kvalitet. Ved svært svak kvalitet eller skadd protein bunnfelles ikke proteinet og en får heller ingen avlesning.

Zelenytallet er et kombinert uttrykk for proteinmengde og proteinkvalitet, fordi både mengde og bedre kvalitet auker mengden av bunnfelt protein. For å få et uttrykk for den spesifikke proteinkvalitet divideres Zelenytallet med prosent protein. En får da verdier i området 3-5 med høge tall for best spesifikk kvalitet. Zelenymetoden krever små prøver og er rask å utføre. Utstyret er heller ikke særlig kostbart. Resultatene viser høg korrelasjon med standard baketest. Metoden er derfor en av de beste hurtigmetoder en har til bestemmelse av bakeevne og proteinkvalitet hos hvete.

Pelshenke-tall angir tiden i minutter som en deigkule fra innlegg klarer å holde seg hel og flytende i vann. Det lages en deigkule av grøpp og gjæroppløsning. Deigkulen slippes opp i et glass vann. Når gjæren tar til å arbeide, eser deigkulen ut og flyter opp til overflaten. Deigkulen fortsetter å ese inntil den etter en tid går i stykker og synker.

Det er sterk sammenheng mellom proteinkvaliteten og den tid det tar før deigkulen synker. Høge verdier er følgelig god kvalitet og omvendt. Metoden var tidligere regnet som en av de beste hurtigmetoder til vurdering av bakeevnen hos hvete.

men er nå i stor utstrekning erstattet med Zelenymetoden, fordi analyser etter denne metode er raskere å utføre. Pelshenketallet er også et kombinert uttrykk for proteinmengde og proteinkvalitet.

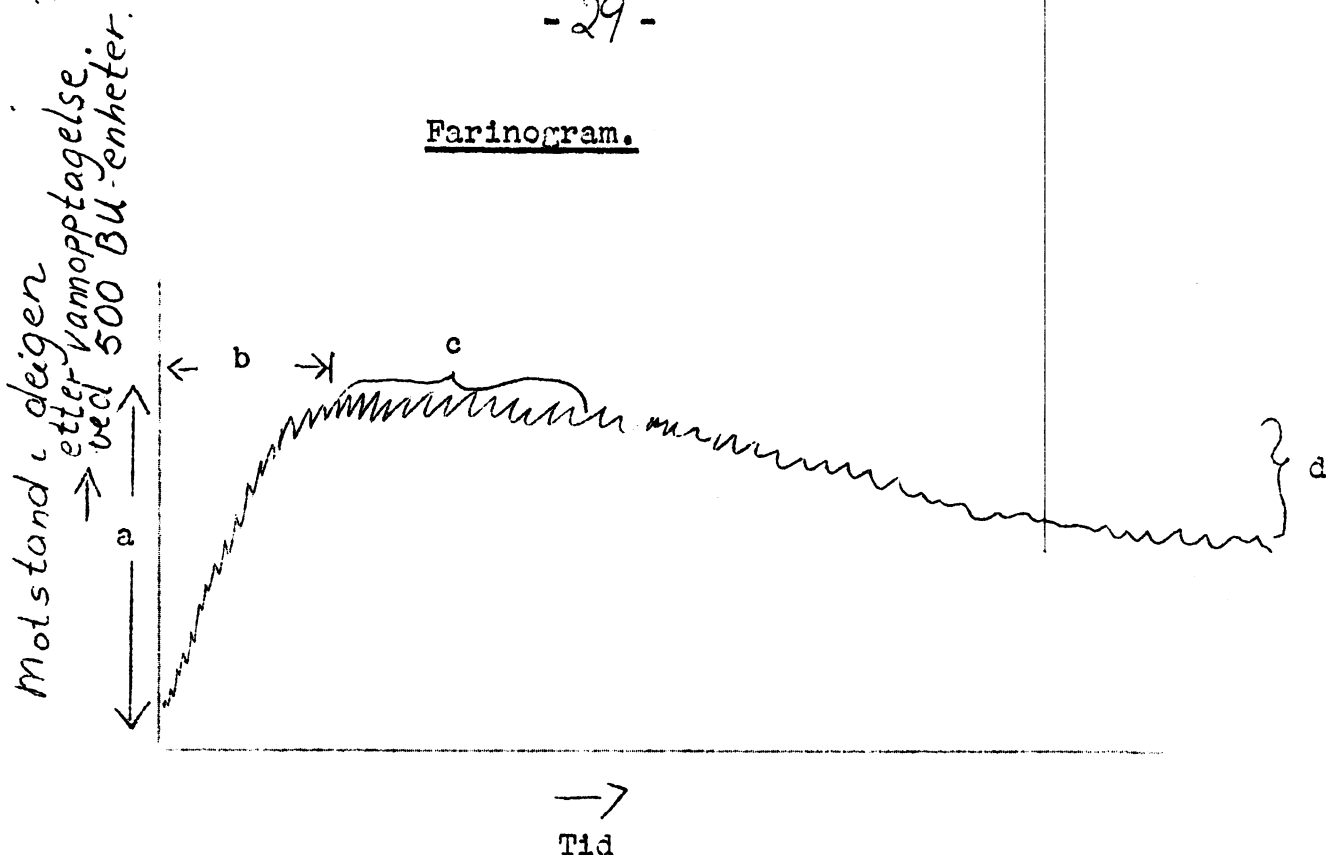
Apparater som måler deigens fysiske egenskaper er også mye brukt til å måle proteinkvaliteten. Disse metodene gir følgelig resultater som forteller mest om proteinkvaliteten sett fra et teknisk eller mekanisk synspunkt. Apparatene er kostbare. Det må nyttes siktet mjøl og det tar forholdsvis lang tid å utføre en analyse.

eller Alveograph
Extensimeter (Chopin) er et apparat hvor en tynn deigskive blåses opp til en balong. Det lufttrykk som skal til og størrelsen av balongen er mål for deigens strekkfasthet og elastisitet,

Extensograf (Brabender) er et annet apparat til måling av deigens fysiske egenskaper som strekkfasthet og elastisitet.

Farinograf (Brabender) er det mest brukte av de apparater som måler deigens fysiske egenskaper og som antagelig også gir resultater som er best korrelert med baketest. I Farinografen måles motstanden under røring i en deig. Ved en skrivemekanisme overføres resultatene til et diagram som kalles et farinogram. På skissen er tegnet et farinogram. De viktigste kvalitetsegenskaper som farinogrammet viser, er tatt med. Farinografen nyttes også til å bestemme optimal veskemengde for å oppnå de beste deigegenskaper og det største brødvolum. Det utføres da analyser på deig hvor ulikt store veskemengder er tilsatt.

Farinogram.



- a = Fasthet etter vannopptagelse
- b = Deigutviklingstid (tid til kurvens maks.)
- c = Stabilitet (Den tid konsistensen er uendret)
- d = Bløtning

Mikrobakeforsøk. Mikrobaketest utføres i prinsippet på samme måte som den standard baketest med 100 g mjøl. I mikrobaketest nyttes imidlertid meget små mengder mjøl, ned til 8 og 5 g. Dette krever spesielle mikromøller og annet utstyr egnet for de meget små kvanta deig. Brøda blir bare 4-5 cm lange, men resultatene viser god overenstemmelse med standard baketest. Baketesten er arbeidskrevende og utstyret ~~dyrt~~ kostbart. Det er derfor bare få steder hvor metoden er i bruk. På samme måte som de først nevnte metoder egner den seg godt til undersøkelse av foredlingsmateriale, fordi det kreves små mengder korn, ca. 25 g pr. prøve.

Av andre metoder til kvalitetsundersøkelse av hveteprotein, som en må mest støtter på i eldre litteratur, skal nevnes bestemmelse av glutenmengde eller klebermengde. Av en mjølprøve lages en deig som knas i vann til all stivelsen er vasket ut.

Vektmengden kan bestemmes som fuktig kleber eller som tørr kleber. Tildels er også fastheten og stabiliteten av kleberen undersøkt. En kule av fuktig kleber legges på et fåatt underlag. Kleber av god kvalitet vil da beholde formen i lang tid, mens kleber av meget svak kvalitet vil miste kulefasongen og flyte utover.

Testmetoder for proteinkvalitet eller for bakeevne hos hvete kan ikke brukes på eller har ingen mening brukt på andre kornarter. Det er bare hvete, og også bare hexaploid hvete, som har protein med de fysiske egenskaper som er nødvendig for framstilling av gjært brød med stort volum. De andre hvetearter har protein med svake fysiske egenskaper. Gjæret brød av disse gir et hardt brød med lite volum. Blandet med brødhvete kan det imidlertid oppnåes brukbare resultater, hvis det ikke stilles store krav til brødstørrelse og porøsitet. Av rug kan det som kjent bakes gjæret brød med lignende egenskaper som brød av hvete. Selv om rugen inneholder tilsvarende proteinarter som hveten, er disse ikke elastiske i samme grad. Dette antas å skyldes at forholdet disulfid/sulfhydryl bindinger er meget lågt, av størrelsesorden 4-5, mot 15-20 hos hveteprotein.

Den manglende elastisitet og manglende gasholdende evne hos rugproteinet kompenseres av et stort innhold av slimstoffer (pentosaner) som sveller ved vannopptagelse og gjør deigen plastisk og elastisk. Det er derfor liten forskjell på bakeevnen hos rugsorter, og de forskjeller som måtte finnes, har lite med rugproteinet å gjøre.

Fett.

Fettinnholdet i korn er viktig av 3 grunner:

1. Fettet i korn inneholder to essensielle fettsyrer, nemlig linolsyre og linolensyre.
2. Fettet er bærer av de fettløslige vitaminer, særlig E vitamin.
3. Fettet har høgt energiinnhold.

Innholdet av fett i hvete, rug og bygg er 1-2 %, i hirse ca. 3,0 %, i mais ca. 5,0 % og i avskallet havre ca. 7,0 %.

Fettinnholdet er størst i kimen, hos hvete 6-10 % og hos havre 20-25 %. Kimen utgjør imidlertid bare 2,0 - 2,5 vektprosent av kornet og da den fjernes fra de fleste kornprodukter til mat, blir det innholdet i endospermen som er utslagsgivende.

Fettet i kornartene er karakterisert ved et meget høgt innhold av umettede fettsyrer som er meget ettertraktet i dagens kosthold, i det 70-90 % av fettene utgjøres av oljesyre og linolsyre. Av de mettede fettsyrer er palmitinsyre viktigst med 10-20 % av fettene. Det er dessuten mindre mengder av andre fettarter og av frie fettsyrer.

Fettet i friskt velberget korn er stabilt og skaper vanlig ingen vanskeligheter. Men dårlig berging, dårlig lagring, lang tids lagring, mekanisk skade på kornet, varmebehandling m.v. kan medføre en raskere nedbryting av fettene. Det er her viktig å være merksam på at det er kornets kondisjon som er avgjørende for hva det tåler av teknologiske prosesser uten at det går ut over fettartenes stabilitet.

Umodne (grønfargede) kjerner av hvete har høg aktivitet av lipase som spalter fett og derved gir frie fettsyrer som kan gi usmak ved baking av fettrike deiger. Det samme kan forekomme om havremjøl (fettrikt) blandes i hvetemjøl.

Fettet i korn kan nedbrytes på to måter. Den ene er ved hydrolyse som skjer under påvirkning av lipaser. Det resulterer i et auka innhold av frie fettsyrer i kornet. Innholdet av frie fettsyrer brukes derfor ofte som et mål for kornets eller mjølets kondisjon. I helt og uskadd korn kommer vanligvis ikke

fettet og de tilhørende enzymer i kontakt med hverandre. Men ved skader på strukturen f.eks. ved maling, får de kontakt som disponerer for nedbryting av fett.

Den andre type av fett nedbryting er oksydasjon som skjer under påvirkning av lipoksydase eller rent kjemisk ved god tilgang på surstoff.

Nedbryting av fett både ved hydrolyse og ved oksydasjon gir harsk lukt og smak på kornproduktene. For å få kornproduktene best mulig holdbare, fjernes derfor kimen som inneholder mest fett.

Enzymatisk nedbryting av fett kan undgås ved å sette lipasene ut av funksjon, f.eks. ved varmebehandling. Oksydasjonen av fett kan imidlertid likevel foregå. Den blir også oftest verre etter en varmebehandling av korn eller kornproduktene, fordi en del naturlige antioksydanter ødelegges samtidig. Det er imidlertid også kjent at en korttids varmebehandling kan gjøre fett mer stabilt, fordi det under behandlingen kan dannes nye arter av antioksydanter, f.eks. ved sukkerproteinreaksjoner. Tilsetning av spesielle antioksydanter kan også foretas for å gjøre fett mer stabilt og lagringsdyktig.

Problemene med fett nedbryting er mest aktuelle for produkter som skal ha god lagringsevne etter at de har gjennomgått teknologiske prosesser, f.eks. havregryn, frokostsereals, flatbrød, knekkebrød m.v. Til knekkebrød hvor det tilsiktes meget god lagringsevne, stilles det derfor idag strengere krav til kornvarens kondisjon enn til noen annen bruk av korn. Årsaken er i første rekke at en ønsker en intakt fettkvalitet av omsyn til E-vitamin og tokoferolkompleksets stabilitet.

Mineraler - askeinnhold.

Innholdet av mineraler, eller askeinnhold, i korn er størst i inneragner og skall. I selve kornet er askeinnholdet hos hvete og rug ca. 1,8 % hos avskallet bygg ca. 1,3 % og hos havre 2,3 % i gjennomsnitt, men med adskillige variasjoner idet opptil 0,5 % høyere og lågere verdier forekommer.

Askeinnholdet er meget ulikt i de forskjellige deler av kornet.

Deler av kornet	Prosent aske
Endosperm innerst	0,5
" ytterst	0,8
Kimen	4,5
Aleuronsjiktet	5,0-11,0
Fruktskall	5,0
Frøskall	8,0-24,0

Da askeinnholdet er lågest i de sentrale deler av endospermen, vil askeinnholdet i mjølet variere med utmalingsgraden. Askeinnholdet i mjølet kan derfor nyttes som kontroll på utmalingsgraden. Følgende tabell viser innholdet av de essensielle mineralstoffer i hele hvetekorn og i siktemjøl av hvete av låg utmaling.

Mineraler:	Hel hvete	Siktemjøl
Kalium	0,45 %	0,15 %
Fosfor	0,38 "	0,13 "
Svovel	0,20 "	0,13 "
Magnesium	0,16 "	0,030"
Klor	0,077"	0,069"
Kalsium	0,051"	0,020"
Natrium	0,024"	0,019"
Jern	0,0051"	0,0014"
Jod	0,14 ppm	0,02 ppm

Tallene i tabellen viser at ved ^{låg} utmalingsgrad går innholdet i mjølet av fosfor ned til ca. 30 %, kalsium til ca. 40 %, jern til ca. 30 % og jod til ca. 15 % av det opprinnelige innhold i kornet.

De mineraler som det oftest er mangel på i dietten, er kalsium, fosfor og jern og i enkelte distrikter også jod og fluor. I forhold til behovet inneholder helkornsprodukter betydelige mengder av disse viktigste mineraler. Ved framstilling av siktemjøl går imidlertid største delen av disse tapt.

Det er også andre mineraler i kornet enn de som er tatt med i tabellen, men disse er av mindre betydning i dietten. Det innhld av mineraler som er ført opp i tabellen er gjennomsnittstall. Som nevnt tidligere kan innholdet av mineraler i korn variere betydelig avhengig av gjødsling, jordart m.v.

Vitaminer av betydning i korn er særlig komponenter av B- og E vitamin. De fleste B-komponenter er konsentrert i aleuronlaget og i scutellum. Omlag halvparten av mengden av riboflavin og pantothensyre finnes imidlertid i endospermen. Det er derfor særlig disse som går over i sikte-mjølet.

De ulike tokoferoler som gir E-vitaminvirkning er fettløslige og finnes derfor i størst mengde i kimen og i kornskallet. Grøpp eller helkornsprodukter er derfor ganske rike på E-vitamin, omlag 3 mg pr. 100 g, mens innholdet i siktemjøl er betydelig mindre.

2. Korn og kornprodukter til mat i Norge.

Av det nåværende kornareal på ca. 2,7 mill da er ca. 68 % bygg, ca. 30 % havre og ca. 2 % hvete og rug. Med en normalavling på 300 kg pr. da gir dette en totalavling på ca. 810.000 tonn korn. Da avlingen i kg pr. da er omlag den samme for alle kornartene, blir fordelingen av totalavlingen på de ulike kornarter omlag som fordelingen på arealene.

En normalavling av norsk korn på ca. 810.000 tonn brukes slik:

Såkorn	ca.	55.000	tonn
Brødkorn	0 -	10.000	"
Havre til mat	5 -	10.000	"
Bygg til mat	5 -	10.000	"
Til for	725 -	745.000	"
<u>I alt ca.</u>		<u>810.000</u>	<u>tonn</u>

Av norsk avlet korn brukes nokså regelmessig 6-8000 tonn bygg og 6-8000 tonn havre til ymse matprodukter. Da norsk produksjon av brødkorn er liten og av ujevn kvalitet, avhengig av værforhold under høsting og berging, importeres den alt overveiende del av det korn som brukes til brød eller andre matvarer av korn.

Fra 1971 er internasjonal handel med hvete ikke lenger regulert av avtaler. Importland kan derfor nå kjøpe på verdensmarkedet der hvor de oppnår de mest gunstige tilbud på de kvalitetene som ønskes. Varekvanta fra de forskjellige land og hvilke land som leverer brødkorn til Norge varierer derfor meget sterkt. Følgende oversikt viser prosentvis andel av importen til Norge fordelt på de viktigere leverandørland for årene 1966, 68 og 70.

	1966	1968	1970
Hvete: USA	48,7	13,3	12,4
Canada	8,8	9,7	31,2
Sovjet	0	11,4	0
Argentina	10,0	0,3	0
Frankrike	2,1	14,8	0
Australia	9,1	17,7	14,5
V.Tyskland	0,2	0	8,4
Danmark	1,1	0,2	0
Sverige	5,2	17,6	24,4
Sum hvete i prosent av brødkorn	85,2	85,0	90,9
Rug: Sovjet	0	1,2	0
Canada	11,3	7,8	0
Argentina	1,4	3,0	4,0
USA	0	1,2	0
Sverige	0	1,2	4,2
Polen	0,3	0,3	0,9
Sum rug i prosent av brødkorn	14,0	14,7	9,1
Import av brødkorn i tonn	384.000	318.000	378.000

I enkelte år importeres det videre mindre kvanta av havre og bygg. De rel. store variasjoner i importen for år til år skyldes ulikt store lagerbeholdninger ved årsskifte.

Forbruket av matkorn pr. innbygger og år har gjennom en lengre tid vist nedgang. Følgende tall viser dette.

1929	120	kg	mjøl	pr.	innbg.
49	116	"	"	"	"
59	81	"	"	"	"
69	70	"	"	"	"

Parallelt med nedgangen i forbruket av matkorn har det foregått en endring i mengdeforholdet mellom hvete og rug. Andelen av rug har her i landet, som i de fleste andre land, vært jevnt avtagende og er nå nede i 11-12 % av matkornet. Den prosentvise fordeling av matkornforbruket på de ulike kornarter er omlag følgende:

Hvete	85 %
Rug	11 "
Bygg og havre	<u>4 "</u>
Ialt	<u>100 %</u>

Malingen av siktemjøl og andre mølleprodukter gir ca. 70.000 tonn avfallskorn og avfallsmjøl som går til for.

3. Maling og malingsprodukter av korn.

Når alminnelig silovare av korn kommer til møllen, blir den betraktet som en råvare som må gjennomgå en rekke rense- og kondisjoneringsprosesser før malingen kan ta til.

I silovare av korn finnes mange slags forurensninger: jord, støv, småstein, hyssingstumper, metallbiter, insekter, ugrasfrø, frø av andre kulturvekster, agner, halmstubb m.v. Ved luftsortering, sål, triør, skakebord vasking, magneter m.v. skilles forurensninger fra.

Detetter må kornet kondisjoneres eller tempereres for å få det i en slik fysisk tilstand at det er lett å male med høgt mjøl-utbytte. Kondisjoneringen skjer ved tilsetning av vann ved kort tids bløting/vasking, som damp eller i tåkeform. Behandlingen kan videre være en kald kondisjonering, varm kondisjonering ved temp opp til ca. 45°C eller høgtemperaturkondisjonering ved over 45°C. Storparten av den tilførte fuktighet blir sittende i kornskallet eller i de ytre deler av endospermen. Dette gjør at skallet blir seigt mens endospermen foreblir tørr og sprø.

På valsemøller maler kornet best ved et vanninnhold på 15-18 % etter kondisjonering avhengig av mølleutstyr av typer av hvete. Vanninnholdet må være høgest for proteinrik hard hvete, oftest 17-18 %, mens de mjukere hvetetyper helst bør være i området 15-16 % vann. P.g.a. temperaturstigning under malingen med derav følgende uttørking blir vanninnholdet i mjølet i området 13-14 %.

Ved kondisjoneringen oppnåes at:

1. Kornskallet løsner lettere fra endospermen.
2. Kornskallet blir seigere slik at det ikke finknuses. Begge disse forhold forenkler mølleoperasjonene og gir høyere utbytte av siktemjøl av en bestemt kvalitet.
3. Mjølet får det mest gunstige vanninnhold som gjør at glir lettere gjennom siktene samtidig som det er lagringsdyktig.

Malingen av kornet på moderne valsemøller foregår ved 3 ulike arbeidsoperasjoner.

1. Malingen som skjer ved en trinnvis skjæring og seinere knusing av korn og grovt grøpp.
2. Frasikting av finpartikler.
3. Sortering av mjølet med sikter eventuelt ved luftsortering.

Malingen og knusingen av kornet skjer med valser av to forskjellige slags

- a. Den første bryting eller skjæring av kornet skjer trinnvis mellom par av riflete valser som roterer i samme retning, men med ulik hastighet. Kornet eller den delvis knuste masse passerer 4-5 sett valser med stadig finere rifler og mindre avstand. Mellom hver passering av valsene går massen over 1,0 - 0,5 mm sikt med luftgjennomgang hvor finmateriale siktes fra og skalldeler løftes vekk med luftstrømmen.

b. Den fortsatte reduksjon av partikkelstørrelsen skjer ved flere par av glatte valser som roterer med liten forskjell i hastighet etterfulgt av sikting og sortering etter partikkelstørrelse.

Vanlig siktemjøl som inneholder partikkelstørrelser fra 1-150 μ kan være gjenstand for ny redusering for å framstille spesielle mjølkvaliteter. Etter reduseringen med glatte valser luftsorteres dette mjølet f.eks. i størrelsesfraksjonene.

1. $> 40\mu$ som har et proteininnhold omlag som utgangsmaterialet (mjølet) Denne fraksjonen utgjør ca. 65 %.
2. 40-20 μ som har et betydelig lågere proteininnhold. Denne fraksjonen består overveiende av stivelseskorn og utgjør 20-30 %.
3. $< 20\mu$. Denne fineste fraksjonen består mest av de proteinpartikler som i helt korn fyller mellomrommene mellom stivelseskorna. Fraksjonen $< 20\mu$ utgjør 5-15 % og har et meget høgt innhold av protein. Den 10 % andel med minst partikkelstørrelse har omlag dobbelt så mye protein som utgangsmaterialet. Forskjellen er størst for mjuk hvete, betydelig mindre for hard hvete som gir jevnere partikkelstørrelse under malingen. Proteinrik hard hvete gir derfor et mjøl som føles som fin sand mellom fingrene. Denne struktur av mjølet (grittiness, ørighet) gjør at det glir raskere gjennom sikten. Vanlig siktemjøl av Manitobakvalitet inneholder bare 10-20 % av fraksjonen 40-50 μ mens mjøl av mjuk hvete kan ha 50-60 % i denne størrelsesfraksjon. Hard hvete brytes nemlig mest etter selleveggene, mens mjuk hvete brytes uregelmessig og ofte gjennom sellene. De minste partiklene har tendens til å klumpe seg pga. statisk elektrisitet og kan være vanskelig å få gjennom siktene. De fineste fraksjoner må derfor luftsorteres.

De to fineste fraksjonene (40-20 og $< 20\mu$ med sitt spesielle innhold av protein kan brukes til innblanding i standard siktemjøl for å gi dette spesielle egenskaper.

Hvis en ser bort fra kornets kvalitetsegenskaper er utmalingsgraden det viktigste middel til å oppnå et mjøl med gode teknologiske egenskaper og som gir produkter med tiltalende utseende og god salgskvalitet.

Framstilling av siktemjøl innebærer en skarp fraksjonering av kornets morfologiske bestandeler. Kornskall, aleuronlag og kime går i avfallet, mens endospermen gir siktemjølet. Ved moderne mølleteknikk får en i siktemjølet først med de sentrale deler av endospermen og de utenforliggende deler kommer med etter hvert som utmalingsgraden aukes. Den kjemiske sammensetning av de forskjellige mjølfraksjoner av hvete i prosent av tørrstoff går fram av følgende tabell (gj.sn.tall).

Fraksjoner	Aske	Fett	Protein	Stivelse	Trevler	Pentose-
Hele korn	1,9	2,3	15,5	66,3	2,5	7,9
1.mjøl, 0-30 %	0,5	1,1	13,2	79,3	0,1	2,6
2.mjøl. 30-70 %	0,9	1,9	15,1	74,7	0,2	3,4
3.mjøl, 70-75 %	2,4	4,0	19,4	61,1	1,1	5,5
Ettermjøl, 75-80%	3,3	4,6	20,4	47,2	3,1	11,6
Finkli, 80-89 %	5,8	5,4	18,3	15,7	9,8	22,5
Grovkli, 89-93 %	7,6	5,2	17,4	8,7	11,3	30,5
Skallkli, 93-98, 5%	7,5	5,2	17,4	9,7	14,1	29,3
Skallavfall	4,4	3,5	14,6	24,4	18,5	25,0

Tabellen viser at låg utmalingsgrad gir mjøl med nedsatt innhold av mineraler, fett, trevler, pentosonar og protein i forhold til helt korn eller grøpp. Innholdet av stivelse er høgere og den teknologiske kvalitet av proteinet er bedre. J.fr. omtalen av de samme forhold på sidene 22, 33 og 34 foran.

Før valsemølleteknikken ble utviklet i 1880 åra, foregikk malingen av korn mellom riflete kvernsteiner hvorav den øverste roterte. Kornet ble da knust til ferdig mjøl i en arbeidsoperasjon og siktet etterpå. Med denne teknikk lot det seg ikke gjøre å skille kornets bestandeler så fullstendig som ved valsemøllene. Det ga et ernæringsmessig bedre mjøl, men som teknologisk ikke var av så høg kvalitet. Utbyttet av godt siktemjøl ble heller ikke så høgt.

Det går fram av det som er nevnt foran at det kan framstilles siktemjøl med vidt forskjellige egenskaper. Mange egenskaper kan påvirkes av mølleteknikk, men en stor del kan føres tilbake til utgangsmaterialet, kornet.

Kravene til kvalitet av korn og mjøl kan sees ut fra forskjellige interesser.

Møllerens krav til kornet er først og fremst høgt mjølutbytte og gode mølleegenskaper.

Bakerens krav til mjølet er høgt deigutbytte, gode teknologiske egenskaper og stabil kvalitet.

Konsumentens krav er et stort, velsmakende brød med tiltalende utseende.

Samfunnets krav er at brødet skal være et ernæringsmessig mest mulig fullverdig næringsmiddel.

Møllerens, bakerens og konsumentens krav lar seg lett forene ved at det brukes hard proteinrik hvete av god teknologisk kvalitet og at det nyttes låg utmalingsgrad som bidrar sterkt til bedret teknologisk kvalitet. Samfunnets krav til ernæringsmessig kvalitet lar seg også lett forene med bruk av hard proteinrik hvete. Låg utmalingsgrad, derimot, lar seg ikke forene med dette krav, fordi den ernæringsmessige kvalitet blir sterkt redusert med lågere utmalingsgrad. Årsaken til dette er at jo lågere utmalingsgrad jo mindre blir det med i siktemjølet av kornskall, aleruronsjikt, ytre endosperm og kime som inneholder storparten av vitaminer og mineralstoffer og som har det høgste innhold av protein og det biologisk mest høgverdige protein.

I alle land hvor kornprodukter utgjør en stor del av kostholdet, tillegges dette forhold betydelig vekt. I krigs- og krisetider settes utmalingsgraden opp for å få med mest mulig av vitaminer, mineraler og høgverdig protein i brød og andre kornprodukter selv om dette skjer på bekostning av farge, tekstur og brødvolum. Her i landet har det siden 1. aug. 1958 vært bestemt at utmalingen av siktemjøl av hvete ikke må være lågere enn 78 % og av rug ikke under 75 %.

Forbruket av de viktigere mølleprodukter til mather i landet er omlag følgende:

Siktet hvetemjøl (78 % utm.)	73,0 %	
Sammalt " (97,5 % utm.)	11,0 %	
Blandet siktemjøl bestående av		
85 % rug (75 % utm.)	10,0	
15 % hvete (78 % utm.)		
Siktet rugmjøl (65-70-75 % utm.)	0,1	
Sammalt rug (95 % utm.)	3,0	
Flatbrødmjøl: 85 % rug	}	0,4
15 % hvete		
Spisset byggmjøl (50,70 % utm.)	}	1,0
Byggryn (50 % utm.)		
Skredd havremjøl (60 % utm.)	}	2,0
Havregryn		
Puffet havre		
Puffet hvete		

Av siktemjøl av hvete markedsføres flere kvaliteter.

Husholdningsmjøl er en kvalitet som kan brukes til de fleste formål. Låg diastase og god stivelseskvalitet er viktig, men proteininnholdet kan bare være middels. Siktemjøl for salg i dagligvareforretninger er av denne kvalitet.

Bakerimjøl til gjæret bakst bør ha høgt proteininnhold og god proteinkvalitet for å tåle deigbehandling i sterkt automatiserte bakerier. Bakerimjøl går bare til bakerier og storparten leveres i bulk.

Kakemjøl til kjeks, kaker, m.v. bør ha høgt innhold av god kvalitet stivelse og lågt innhold av protein.

Generelt er variasjoner i værforholdene i vekstsesongen en forutsetning for et godt resultat. Regn f.eks. er bra, men ikke i for lange perioder. Varmt, tørt vær er også bra, men heller ikke dette i for lange perioder, helst ikke over 7 - 10 dager på jord med middels vannholdende evne.

Som oppsummering kan sies at de naturlige vilkår for korndyrking i Norge er forholdsvis gunstige når det gjelder å ta store avlinger pr. arealenhet. I de sørlige deler av landet er sommertemperaturen høy nok til å ta de største avlinger. Summen av nedbør for sommeren er også stor nok. Når de naturlige vilkår likevel ikke kan måle seg med de beste i Vest Europa, er det fordi sommeren er for kort og at fordelingen av nedbøren i sesongen er mindre god. Det er jevnt over for lite nedbør på forsommeren og unødig mye på ettersommeren. Vilkårene for å ta store avlinger er likevel langt bedre enn i de meget vidstrakte jordbruksområder hvor det er for tørt, tildels også for varmt til at store avlinger kan oppnås.

Det ulemper som været medfører for korndyrkingen i Norge, går mer ut over kvaliteten enn kvantiteten. Den korte vekstsesong og de store nedbørsmengder i høstetiden fører også med seg at dyrkingen blir kostbarere enn i land med lengre sesong og tørrere klima.

Det er derfor nødvendig med en overkapasitet både i våronn og under høstarbeidet for å få disse onnene unna på den korte tid som står til disposisjon. Likevel kan det være vanskelig å oppnå tilfredsstillende kvalitet med det sortsmateriale som står til disposisjon.