

Kapitel 10. Kvalitet af sidstindlejret protein i kernen ved ekstra kvælstofgødskning

Johannes Ravn Jørgensen
Danmarks JordbrugsForskning
Afdeling for Plantebiologi
Forskningscenter Flakkebjerg
4200 Slagelse
E-mail: Johannes.Jorgensen@agrsci.dk

Introduktion

Stort udbytte og god brødmelskvalitet er vigtige parametre ved dyrkning af brødhvede. Begge dele kan forbedres ved kvælstofgødningsstrategier, såsom mængde, tilførelstidspunkt, deling af gødning og kvælstofkilde.

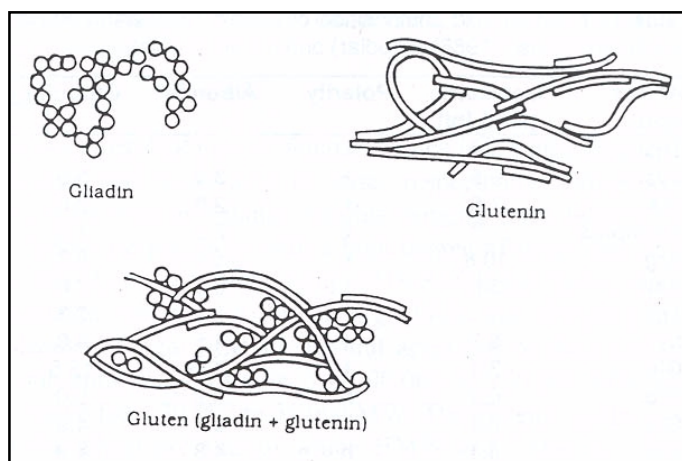
Hvedekerner består af tre hovedbestanddele: kimet til den nye plante, frøhviden, der er næringsstofkilden til den nye plante, og skaldele, der beskytter frøet. Frøhviden, der indeholder ca. 80% af kernens protein, består primært af store kantede celler, der er fyldt med stivelse og yderst mod frøskallen et lag aleuronceller med et stort indhold af fedt og protein.

Hvedens protein

Proteinfraktionen er den vigtigste fraktion ved bestemmelse af hvedens egnethed til brødfremstilling. Når hvedemel blandes med vand, danner de vandopløselige lagerproteiner en glutenmatrix, et komplet sammenhængende netværk, i hvilket bestanddele som stivelse og dannede gasser er indkapslet. Ved æltning trækkes proteinerne ud til en tynd proteinfilm. Selv om gluten danner strukturen i dejen, er det dejens forskellige proteinkomponenter, der giver den dens klæbrige elastiske egenskaber, og er ansvarlig for tilbageholdelsen af de under processen dannede gasser, og bestemmer melets egnethed til brødfremstilling. Mellem forskellige hvedesorter er der observeret forskelle i elasticiteten af glutenmatrixen og proteinets evne til at danne aggregater (samle dejen). God elasticitet og evnen til at danne aggregater er tilsyneladende basale krav for dannelse af en brøddej (Johansson, 1995).

Hvedeprotein har et lavt indhold af de essentielle aminosyrer lysin, tryptophan og methionin, men et højt indhold af prolin og glutamin. Proteinet i hvedekernerne er traditionelt klassificeret i fire typer i henhold til deres opløselighed, kaldet Osborne klassifikationen. Her foretages en fortløbende ekstraktion af melet i proteinfraktionerne: albumin (vandopløseligt), globulin (opløseligt i en tynd saltopløsning), gliadin (opløseligt i en vandig alkoholopløsning), glutenin (opløseligt i fortyndet syre eller base). Hovedfunktionen for disse proteiner er at fungere som et lager for N, S og C for væksten af kimplanterne. Gliadin- og gluteninfraktionerne udgør hovedbestanddelene i gluten (Figur 1) og er de egentlige oplagringsproteiner (ca. 85% af det totale endosperm-protein) i hvede (Shewry & Tatham, 1990). Gliadinerne, der er monomere, er opløselige i vandige alkoholopløsninger, medens gluteninerne, der er polymere, omfatter "high-molecular-weight" (HMW) og "low-molecular-weight" (LMW) subunits, og disse er først ekstraherbare med en vandig

alkoholopløsning, efter at disulfatbindingerne mellem de enkelte subunits er brudt. Gluteninerne giver glutenkomplekset



Figur 1. Basisstruktur af gluten (Paul & Palmer, 1972).

dets elasticitet. Grunden til dette er det udbredte netværk af intermolekulære disulfidbindinger, der stammer fra cysteinbindingerne. Disulfidbindingerne er dannet fra cystein til cystein, enten inden for det samme molekyle (intra-chain) eller ved at lænke to protein-subunits sammen (inter-chain). Viskositeten (strækbarhed) af dejen er hovedsagelig tilskrevet de monomere gliadiner, der kun danner intra-chain eller ikke-disulfidbindinger. Dejens elasticitet er primært associeret til de polymere gluteniner, der både danner intra- og inter-chain disulfidbindinger. Det er balancen mellem viskositet og elasticitet, der bestemmer egnethed og kvalitet af hvedemel til forskellige formål.

Nye molekylærbiologiske metoder har muliggjort genetisk transformation af hvedes glutenproteiner med det formål at forbedre bagekvaliteten, herunder integrering og expression af "high-molecular-weight glutenin subunit" (HMW-GS) gener. Der forestår dog stadigvæk en stor forskningsindsats i forståelsen af HMW-GS'ernes rolle, før de molekylærbiologiske metoder kan tages i anvendelse i fremstillingen af nye hvedesorter med forbedrede bageegenskaber (Vasil & Anderson, 1997).

Kvælstof og proteinindhold i kernerne

I modsætning til den betragtelige forskningsindsats målrettet mod forståelse af den genetiske basis af glutenkvalitet, er dyrkningsfaktorer blevet givet relativt lille opmærksomhed (Autran, 1997). Genotypen (sorten) af hvede er generelt blevet betragtet som værende af større betydning end dyrkningsfaktorerne for de kvalitative parametre i gluten, med undtagelse af proteinindholdet. For udbytte og kvalitet er vekselvirkningen mellem genotype og miljø af relativt lille betydning, hvis man sammenligner med sortens og dyrkningsfaktorernes direkte betydning (klima og kvælstof). Forskellige hvedesorter har således tendens til at rangere i samme rækkefølge under forskellige dyrkningsbetingelser.

Det forøgede kerneudbytte, der er opnået gennem en forbedring af høstindekset, har dog ofte neutraliseret sorterens forbedrede evne til optage og indlejre protein i kernerne. Dette er en del af forklaringen på den ofte omtalte negative korrelation mellem udbytte af sorter og deres indhold af protein i kernerne. Et øget udbytte ved sortsvalg har derfor ofte den konsekvens, at proteinindholdet i kernerne reduceres. Højt proteinindhold i nogle sorter har ikke været betinget af mere protein, men af reduceret stivelsesakkumulation. Forsøg

foretaget i Storbritannien (Goodin et al. 1997) antyder, at ved et givet kvælstofniveau indeholdte de dyrkede sorter i 1993 0,8% mindre protein i tørstof sammenlignet med 19 år tidligere. Moderne kortstråede sorter giver på trods heraf et større udbytterespons over for kvælstof og øget kvælstoftilførsel, hvilket har bidraget til et øget proteinindhold i kernerne. Konsekvensen af disse to modsatrettede tendenser er, at moderne hvedesorter er i stand til at akkumulere mere kvælstof i kernerne, selv om de ved et givet kvælstofniveau ville have et lavere proteinindhold i kernerne end ældre sorter .

Når proteinindholdet i kernerne ændres, ændres den relative sammensætning af de forskellige proteiner også. Ved et lavt proteinindhold er andelen af albuminer og globuliner, udtrykt som procentandel af det totale protein, meget større end ved højere proteinindhold. Mængden af albuminer og globuliner stiger samtidig med, at det totale proteinindhold stiger. Men som andel af det totale protein stiger det ikke så hurtigt som procentandelen af lagerproteinerne (gliadiner og gluteniner). Dette har ernæringsmæssige konsekvenser, idet albuminer og globuliner har en bedre aminosyresammensætning end lagerproteinerne.

Vigtigheden af kvælstofgødsning ved produktion af hvede med god bagekvalitet er vist i talrige forsøg, og en af de mest bemærkelsesværdige korrelationer er den næsten lineære korrelation af kvælstof med brødvolumen (Zhao et al. 1999a). Sengødsning i stadie 50-60 kan være af stor betydning for hvedens brødkvaliteter, idet syntesen af glutenproteinerne begynder ca. 3-4 uger før modning og når sit optimale indhold i forhold til kvalitetsparametrene allerede to uger før modning.

Svovl og proteinindhold i kernerne

Svovl (S) gødsning har en afgørende betydning for brødhvedekvaliteten. Dette er på grund af den essentielle rolle, som disulfidbindingerne har for glutenegenskaberne. S-behovet er for hvede ca. 15-20 kg ha⁻¹ for optimal vækst. Den reproduktive vækst er mere følsom over for svovlmangel end den vegetative vækst, hvilket bl.a. kommer til udtryk ved reduceret kernestørrelse ved S-mangel. Ud over at have udbyttmæssige konsekvenser er kernens S-indhold en vigtig parameter for brødhvedekvaliteten. Svovlmangel bevirker, at syntesen og akkumuleringen af S-fattige eller lav-S proteiner såsom ω -gliadin og "high molecular weight" (HMW) subunits af glutenin sker på bekostning af S-holdige proteiner. Nyere undersøgelser har vist, at brødvolumen er stærkere korreleret til kernens S-indhold end til N-indholdet. Samt at man kan kompensere for et lavt proteinindhold i kernerne ved et højt S-indhold (Zhao et al. 1999b; Luo et al., 2000).

Svovl er relativt immobil i korn i forhold til andre næringsstoffer, som f.eks. N og P. I forsøg med vårbyg er det fundet, at omkring 50% af kernerens N-indhold skyldes remobilisering fra bladene, mens kun ca. 25% af kerne-S stammer fra remobilisering (Eriksen et al., in press). For hvede er der fundet resultater, som peger i samme retning (Hocking, 1994; Monaghan, 1999). Tilgængeligheden af sulfat i jorden under kernefyldningsperioden må således forventes at være vigtig for opnåelse af optimal udbytte og kvalitet.

Desuden har tilgængeligheden af S positiv indflydelse på planternes N-udnyttelse. I ovennævnte forsøg blev 70% af N i bladene remobiliseret til kernerne i kernefyldningsperioden ved tilstrækkelig S-forsyning, mens kun ca. 35% blev det i svovlmanglende planter.

Referencer

- Autran, J.C., 1997. Integrated knowledge of gluten quality: Growth conditions as well as genetic aspects. In *Gluten '96: Proceedings of the 6th International Gluten Workshop'*, (C.W. Wrigley, ed.), Royal Australian Chemical Institute, Sydney, Australia, pp. 446-449.
- Eriksen, J., Nielsen, M., Mortensen, J.V. & Schjørring, J.K. (in press) Redistribution of sulphur during generative growth of barley plants with different sulphur and nitrogen status. *Plant and Soil*.
- Gooding, M.J., G. Smith, W. P. Davies and P. S. Kettlewell, 1997. The use of residual maximum likelihood to model grain quality characters of wheat with variety, climatic and nitrogen fertilizer effects. *Journal of Agricultural Science* 128:135-142.
- Hocking, P.J. 1994. Dry matter production, mineral nutrient concentrations, and nutrient distribution and redistribution in irrigated spring wheat. *Journal of Plant Nutrition* 14: 1289-1308.
- Hoseney, R.C., 1994. *Principles of cereal science and technology*. AACC, St.Paul, Minnesota, USA, 378p.
- Johansson, E., 1995. *Wheat grain proteins: accumulation and composition in breeding for improved bread-making quality*. The Swedish University of Agricultural Sciences; ISBN 91-576-5006-3, 299 p.
- Kent, N.L. & Evers, A.D., 1994. *Technology of cereals*
- Lou, C., Branlard, G., Griffin, W.B. and McNeil, D.L. 2000. The effect of nitrogen and sulphur fertilisation and their interaction with genotype and wheat glutenins and quality parameters. *Journal of Cereal Science* 31:185-194
- Monaghan, J.M., Scrimgeour, C., Zhao, F.J. & Evans, E.J. 1999. Sulphur accumulation and redistribution in wheat (*Triticum aestivum*): a study using stable sulphur isotope ratios as a tracer system. *Plant, Cell and Environment* 22: 831-840.
- Paul, P.C. and Palmer, H.H., 1972. *Fodd Theory and Applications*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Shewry, P.R. and Tatham, 1990. The prolamin storage proteins of cereal seeds: structure and evolution. *Biochem J.*: 267:1-12.
- Vasil, I.K. & Anderson, O.D., 1997. Genetic engineering of wheat gluten. *Trends in Plant Science*. vol. 2, no. 8:292- 297.
- Zhao et al., 1999a. Sulphur assimilation and effects on yield and quality of wheat. *Journal of Cereal Science* 30:1-17.
- Zhao et al., 1999b. Variation in the breadmaking quality and rheological properties of wheat in relation to sulphur nutrition under field conditions. *Journal of Cereal Science* 30, 19-31.