

BULLETIN

EEN UITGAVE VAN TNO-VOEDING, BAKKERIJ TECHNOLOGIE, ZEIST

AUGUSTUS 1997

Procesbeheersing in rijkskasten

door Ir. P. Sluimer

Procesbeheersing is een onderwerp dat bij TNO Voeding voortdurend in de belangstelling staat. Bij een slechte beheersing van de procesomstandigheden ontstaan storingen. In moderne termen zeggen we dan dat die leiden tot faalkosten. In het kleinbedrijf werd aan die faalkosten lange tijd geen aandacht besteed: bij storingen was je gewoon wat later gereed met de productie. En als ze meer regel dan uitzondering waren, begon je wat vroeger. Nu wordt ook in het kleinbedrijf over storingen toch meer bedrijfseconomisch gedacht. In het grootbedrijf was dat altijd al zo.

Eén van de storingsgevoelige apparaten in de bakkerij is de voorrijskast, of het nu een bollenkast of een puntenkast is. Bij de bollenkast levert het keren van de bollen de grootste kans op storingen. Bij condens op de deegstukken is er kans dat ze blijven kleven. Als door omstandigheden de deegstukken wat aandrogen, gaan ze glijden in plaats van rollen. Ook dat kan tot storingen leiden, b.v. in de opmaakmachine. Bij de puntenkast leidt de instabiliteit van de mandjes wel tot storingen.

Bij TNO Voeding is de afgelopen jaren onderzoek gedaan naar het verbeteren van de beheersing van het rijproces. Dat heeft geleid tot een beter inzicht welke factoren daarbij van belang zijn. Aan de resultaten is dit bulletin gewijd. En omdat de relatieve vochtigheid, het dauwpunt en de wateractiviteit daarbij een belangrijke rol spelen willen we die hier ook behandelen.

Een nieuw concept puntenkast

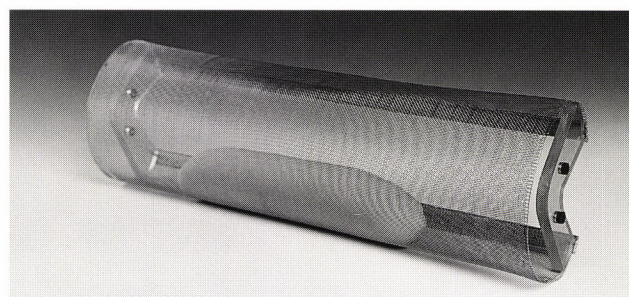
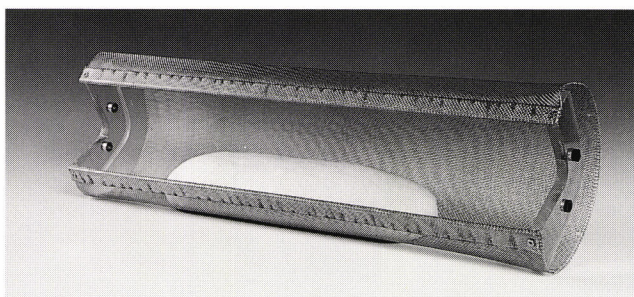
Het idee om een nieuw concept puntenkast te ontwikkelen ontstond bij het werken met een rijkskast die voor enige tijd door LC uit Someren in de handel werd gebracht. Het rijsmantje heeft daarbij de vorm van een cilindervormige goot, waarbij ongeveer een kwart van de cilinderwand is weggelaten. Dit is de opening waardoor deegstukken worden toegevoerd en afgevoerd. Door schotten in de goot ontstaan kamertjes voor één deegstuk. De kamertjes worden gevuld met de opening van de goot naar boven. Tijdens het rijzen bevindt de vulopening zich afwisselend links of rechts, waarbij de goot steeds kantelt met de opening naar boven. Gedurende de rijstijd wisselt daardoor de plaats van het deegstuk in het kamertje regelmatig waardoor kleven wordt voorkomen. Aan het eind van de rijstijd wordt het gootje met de opening naar beneden gekeerd, waarna het deegstukje wordt afgevoerd.

Het grote voordeel van deze werkwijze is dat er in principe maar twee storingsgevoelige plaatsen zijn nl. de in- en uitvoer. En dat is dus duidelijk anders dan bij klassieke voorrijskasten. Daardoor vervalt de noodzaak om tijdens de rijns nog bij de deegstukken te kunnen. En dat schept de mogelijkheid om met een goede isolatie en dus met een betere klimaatbeheersing te werken.

Met die gedachte is een puntenkast geconstrueerd voor 150 deegstukken. De rijsmantjes bestaan uit roestvast stalen gaas. Door het op een bepaalde manier omslaan van de rand komt het deeg alleen met dit gaas in aanraking. Dit r.v.s. gaas blijkt voor deeg goede lossingseigenschappen te hebben.

Het is uiteraard veel beter reinigbaar dan de katoenen of kunststof mandjes die nu veelal in gebruik zijn. Ook 'cleaning in place' behoort met deze r.v.s. mandjes tot de mogelijkheden. De mandjes zijn 60 cm lang en de cylinder diameter is ongeveer 14 cm. De stijfheid van het

Twee afbeeldingen van het rijsmantje, met de opening naar voren, en met de opening naar achteren.



gaas wordt gebruikt om de vorm enigszins flexibel te houden.

Deze rijspanndjes worden in een frame getransporteerd met behulp van een kettingtransport. Dit frame is geplaatst in een kast van panelen van 4 cm dik polyurethaan schuim. Het lijkt een beetje overdreven om zo'n goede isolatie bij zulke kleine temperatuurverschillen toe te passen. We wilden echter ook graag proeven doen bij een r.v. van 95% of hoger. Dan is zo'n goede isolatie onontbeerlijk.

Boven het transportgedeelte van de kast is een ruimte uitgespaard als klimaatkamer. Hierin bevindt zich een verwarmingsspiraal en een luchtbevochtiger. Met een ventilator wordt lucht uit de kast naar de klimaatkamer geblazen en op de gewenste temperatuur en vochtigheid gebracht. De capaciteit van de ventilator is zodanig gekozen dat luchtsnelheid over de rijspanndjes ca 5 cm/s is, betrekkelijk laag dus. Als luchtbevochtiger is zowel een vernevelaar met perslucht gebruikt als een ul-

trasoon vernevelapparaat. De geconditioneerde lucht wordt via een dubbele wand naar beneden gevoerd en vervolgens in het rijsgedeelte gebracht. Via de invoerkant wordt ze afgezogen naar de klimaatkamer.

Een klein procescomputertje bestuurt het geheel, d.w.z. ze regelt de temperatuur en de relatieve vochtigheid van de lucht in de kast. Ze telt het aantal deegstukken dat zich in de kast bevindt en ze telt ook het aantal uitgevoerde deegstukken. De uitvoersnelheid kan van 400 tot 3600 deegstukken per uur worden gevarieerd. Bovendien regelt ze de rijstijd.

Dat gebeurt op de volgende manier. Als doorvoerkast zou de verblijftijd van deegstukken bij een uitvoer van 1200 deegstukken 150/1200 uur zijn, is 7½ minuut. Als de kast als charge-rijskast gebruikt wordt, wordt op gezette tijden de looprichting van het transport omgedraaid. Daardoor worden de deegstukken in de mandjes regelmatig gekeerd, waardoor kleven wordt voorkomen. Met deze opstelling zijn rijspoeven uitgevoerd met

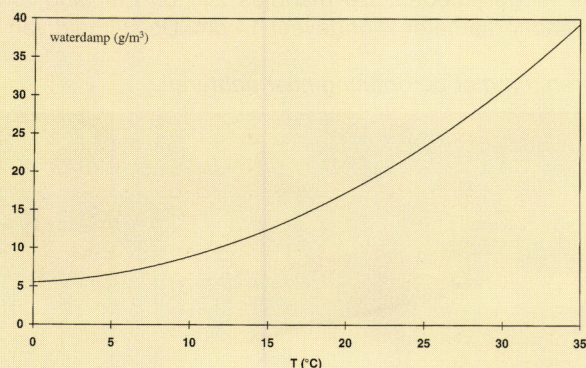
De relatieve vochtigheid van lucht, het dauwpunt van lucht

Het begrip relatieve vochtigheid wordt veel in de bakkerij gebruikt. Het wordt niet altijd juist gebruikt. Vandaar, dat wij hieronder een nadere toelichting geven.

En omdat het dauwpunt van lucht ook een belangrijke eigenschap van lucht aangeeft zullen we dit ook behandelen. We willen eerst iets zeggen over de absolute vochtigheid van lucht. Die drukken we uit in grammen waterdamp per m³ lucht. Nu blijkt dat de hoeveelheid waterdamp in lucht aan een maximum gevonden is. En dat maximum is weer afhankelijk van de temperatuur. Hieronder zijn in het gebied dat voor de bakkerij van belang is die maxima gegeven.

t in °C	g/m ³
0	5
5	7
10	9
15	13
20	17
25	23
30	30
35	40

We betrekken hier de hoeveelheid waterdamp op één m³ lucht omdat dit voor onze toepassing voor de hand ligt. In de techniek wordt het ook wel betrokken op kg droge lucht. Overigens is de massa van 1 m³ lucht ongeveer 1 kg. Lucht van 30°C kan dus maximaal 30 g waterdamp per m³ bevatten. Minder is uiteraard wel mogelijk, meer niet. Dan zal het gaan regenen of misten, of iets dergelijks. In een grafiek kunnen we duidelijk zien hoe sterk afhankelijk de maximale hoeveelheid waterdamp is van de temperatuur.



De lijn in deze grafiek noemen we de lijn van de verzadigde waterdamp. Het gebied eronder noemen we onverzadigd, omdat op elk punt in dat gebied de hoeveelheid waterdamp in de lucht kan worden vergroot.

Tot zover gaat dit verhaal over de absolute vochtigheid van de lucht. De relatieve vochtigheid van lucht wordt gedefinieerd als:

$$\frac{\text{de werkelijke hoeveelheid waterdamp}}{\text{de maximale hoeveelheid waterdamp}}$$

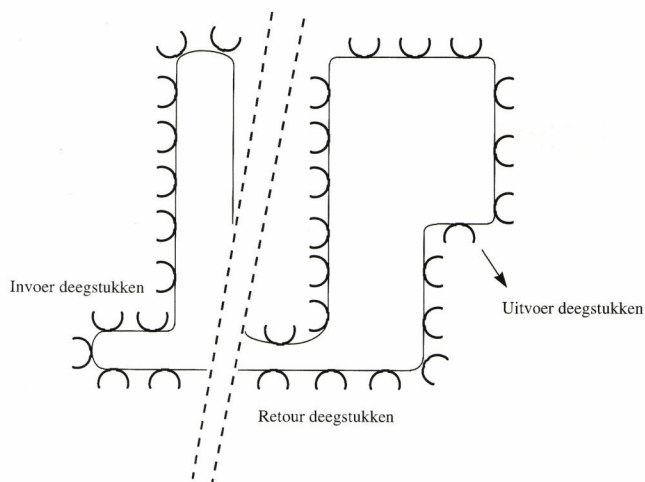
bij een bepaalde temperatuur. Stel dat lucht van 30°C 18 g waterdamp per m³ bevat. Maximaal kan die lucht 30 g waterdamp bevatten. De relatieve vochtigheid is dus 18/30 = 0,6 ofwel 60%.

Deze relatieve luchtvochtigheid geldt bij 30°C. Als de temperatuur van die lucht verandert, zal ook de r.v. veranderen omdat de maximale hoeveelheid waterdamp met de temperatuur verandert. Wordt lucht afgekoeld dan stijgt de r.v., wordt lucht verwarmd dan daalt ze. Als we de lucht uit het hierboven genoemde voorbeeld af zouden koelen tot 25°C wordt de r.v. $18/23 \times 100 = 78\%$, warmen we zo op tot 35°C, dan wordt de r.v. $18/40 \times 100 = 45\%$. Bij het vermelden van de r.v. van lucht dient aangegeven te worden bij welke temperatuur die geldt.

In feite wordt bij het afkoelen van lucht een horizontale lijn gevolgd in het damp-temperatuur diagram. Die lijn eindigt bij de verzadigingslijn. Dan wordt de r.v. 100% en zal bij verdere afkoeling condens ontstaan. Dit punt noemen we het dauwpunt. Van ons voorbeeld van lucht van 30°C en 60% r.v. is het dauwpunt 21°C. Het dauwpunt is in zoverre een handige maat dat daarmee alle lucht met een hoeveelheid waterdamp van 18 g per m³, onafhankelijk van de temperatuur, is vastgelegd.

Het begrip relatieve vochtigheid wordt vooral gebruikt als de temperatuurverschillen klein zijn, het dauwpunt wordt vooral gebruikt als de temperatuurverschillen groot zijn.

In industriële narijnkasten met een temperatuur van 35°C zou je de toestand van de lucht het beste kunnen beschrijven met het dauwpunt, in een goed geïsoleerde voorrijskast met kleine temperatuurverschillen kan je de toestand van de lucht beter beschrijven met de relatieve vochtigheid.



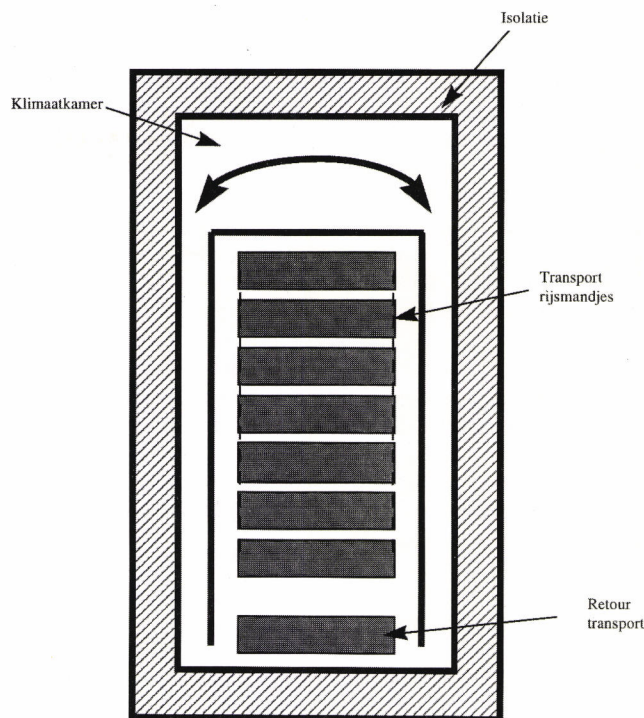
Schematische voorstelling van de puntenkast. Tijdens de rijs kantelt het deegstuk regelmatig van de ene naar de andere kant van het mandje.

verschillende deegtemperaturen, bij verschillende kasttemperaturen en r.v. De resultaten ervan zullen we hieronder bespreken.

Experimenten

De opzet van de proeven was de temperatuur van de kast en van het deeg over een zo groot mogelijk gebied te variëren. Daarbij zou worden nagegaan bij welke r.v. er nog sprake was van een goede deeghuid. Uiteraard zou de kasttemperatuur altijd hoger dan of gelijk aan de deegtemperatuur worden gekozen. Anders zou het deeg zeker uitdrogen.

Het belangrijkste resultaat van deze proeven was dat naarmate het verschil tussen kast- en deegtemperatuur groter was, de kans op storingen toenam. Bij een aantal proeven met een hogere kasttemperatuur dan de deegtemperatuur deed het merkwaardige feit zich voor dat de deegstukken gedurende de rijs vanuit het midden van het mandje naar de zijkant verschoven. In extreme gevallen was het deegstuk zelfs tegen één van de twee zijschotten opgekropen. Let wel, dit werd zelfs waarge-



Een doorsnede van de gebruikte kast. Bovenin bevindt zich de klimaatregeling, met een verwarming- en een bevochtigingsapparaat. De geconditioneerde lucht wordt via een dubbele wand naar beneden geblazen en komt zo in het rijsgedeelte.

nomen als de deegstukken aan het eind van de 40 minuten durende rijsperiode gekorst waren.

De verklaring daarvan is als volgt. Als de temperatuur in de kast b.v. 4°C hoger dan de deegtemperatuur zal het dauwpunt van de lucht gauw hoger zijn dan de deegtemperatuur. Aan het begin van de rijstijd zal er dus condens op de deeghuid optreden.

Bij het veranderen van de positie van het rijsmandje zullen de linker en rechterzijde van de punt niet gelijktijdig loslaten. De kant die het eerst loslaat zal naar het midden van het rijsmandje vallen en zo voor een verschui-

De wateractiviteit in een deeg

Een begrip dat in de levensmiddelenwetenschap veel gebruikt wordt om de toestand van het vocht in een product te beschrijven is de wateractiviteit, afgekort A_w waarde. Deze wateractiviteit van een product is een maat voor de beschikbaarheid van vocht voor allerlei natuur- en scheikundige processen. Dus een maat voor de binding van het vocht in een product. Deze is gelijk aan de evenwichts relatieve vochtigheid van de lucht. In principe kunnen we de wateractiviteit van een deeg bepalen door het meten van de relatieve vochtigheid in een goed geïsoleerd kamertje gevuld met een stukje deeg. Met zo'n opstelling duurt het echter vrij lang tot evenwicht is bereikt. In laboratoria gebeurt het meten van de wateractiviteit routinematig met specialistische apparatuur, z.g. spiegeldauwpuntsmeters, tot in drie decimalen nauwkeurig.

De A_w waarde van zuiver water is uiteraard 1,0. Die van brooddeeg verschilt daarvan slechts weinig. Voor een gangbaar brooddeeg vonden we een wateractiviteit van 0,97. Dat vooral opgeloste stoffen invloed hebben op de A_w waarde blijkt wel uit die van zoutarm deeg: 0,99, dus vrijwel gelijk

aan zuiver water. Een deeg met 10% extra suiker had een A_w waarde 0,96. De betekenis van deze waarde is dat bij temperatuurevenwicht de lucht rondom deeg een r.v. zal trachten aan te nemen van 97% (bij een gangbaar deeg).

Een gevolgtrekking die we wel kunnen maken is dat deeg zal uitdrogen als de r.v. lager is dan 97% (bij een gangbaar deeg) en wel sneller naarmate de r.v. lager is. Theoretisch zal een brooddeeg dat boven zuiver water wordt bewaard vocht opnemen. Dit geldt uiteraard ook weer als er temperatuurevenwicht is. In de praktijk zullen die omstandigheden er nooit zijn.

Let wel, dit geldt als de temperatuur van het deeg en de omgeving gelijk is. Bij temperatuurverschillen tussen deeg en omgeving kan er nog een ander verschijnsel optreden. Dat is condensvorming. Als het dauwpunt van de lucht hoger is dan de deegtemperatuur zal dit geval zijn. Er slaat dan vocht op het deegstuk neer. Dit kan uiteraard alleen als de luchttemperatuur hoger is dan de deegtemperatuur. Als de luchttemperatuur lager is dan de deegtemperatuur zal altijd uitdroging plaatsvinden.

Koeling en bevochtiging van rijskasten

De klimaatbeheersing van industriële rijskasten is de laatste tientallen jaren sterk verbeterd. Hieraan heeft ook luchtkoeling een bijdrage geleverd. De eerste koeleenheden op rijskasten kwamen voor bij z.g. industriële stokkenkasten. Franse bakkers geven hun stokbrood vaak een zeer lange narijs, bij een lage deeg- en omgevingstemperatuur. Nederlandse bakkers, die deze werkwijze wilden navolgen, kwamen meestal op een te hoge narijstempertuur uit, waardoor de narijs vlotter verliep dan zij wenselijk vonden. Door een koeleenheid aan de kast te koppelen kan die lage temperatuur wel beheerst worden, met de overeenkomende lange narijstijd. Een koeleenheid kan ook gebruikt worden voor het omlaag brengen van de relatieve vochtigheid in de kasten.

Later is het idee van luchtkoeling ook toegepast op industriële voorrijskasten. Deze werken over het algemeen met een wat hogere temperatuur dan de Franse rijskasten. De noodzaak voor het toepassen van een koeleenheid is daardoor wat minder: meestal is de omgevingstemperatuur laag genoeg om de temperatuur van de kast op het gewenste peil te houden. Het beheersen van de rijskasttemperatuur

door middel van een koeleenheid is een efficiënte, maar betrekkelijk kostbare oplossing.

Ook de techniek van het bevochtigen van rijskasten is in de loop der tijd verbeterd. Traditioneel werden rijskasten bevochtigd met warmwaterketels. Als vocht in de kast nodig was werd de ketel verwarmd, waardoor meer waterdamp werd meegenomen met de langstromende lucht. Zo'n systeem is traag, maar omdat een haarhygrometer ook langzaam reageert, voldeed het op zich wel. Dit is nog steeds in gebruik.

Een ander goede mogelijkheid is bevochtiging met droge stoom. Je kunt berekenen dat de temperatuurstijging als gevolg van de stoomtoevoer slecht zeer beperkt is: per kg lucht is ca 10 g stoom nodig en de temperatuurstijging als gevolg daarvan is een enkele graad.

Tenslotte zijn de laatste jaren ook koudwater vernevelaars in gebruik gekomen. Hiervoor komen in aanmerking verstuiers en tegenwoordig ook ultrasone vernevelaars. Beiden voldoen goed.

ving naar één kant zorg dragen. Later tijdens de rijns zal door de warmere omgeving de temperatuur aan het deegoppervlak stijgen, waardoor het deeg meer de neiging krijgt aan te drogen.

Onder deze goed gecontroleerde omstandigheden was het dus aan te bevelen de deeg- en kasttemperatuur gelijk te houden. Dus bij een deegtemperatuur van b.v. 26°C ook een kasttemperatuur van 26°C.

En onder die omstandigheden worden goede resultaten verkregen bij een r.v. tussen 70 en 75%. Boven de 75% hadden we toch te veel last van kleven, en dus het verplaatsen van het deegstuk uit het midden van het rijsmantje. Onder de 70% was het deegstuk na een rijns van b.v. 40 minuten te veel uitgedroogd.

Conclusies

Bij de proeven die we hebben uitgevoerd, bleek dat de beste resultaten werden verkregen als de rijskasttemperatuur en de deegtemperatuur aan elkaar gelijk werden genomen. Hoe groter het verschil in temperatuur werd genomen, des te groter de kans op storingen was. Dat wil zeggen dat de kans op kleven erg groot werd aan het begin van de rijns, terwijl aan het einde van de rijns de deegstukken toch nog gedroogd waren.

De vraag is uiteraard of dit ook geldt voor praktijk-situaties. Er zijn twee belangrijke verschillen met gangbare praktijkomstandigheden: de isolatie van de kast was uitstekend en de luchtsnelheid over de deegstukken was gering. We gaan hierop nader in.

De meeste rijskasten in het midden- en kleinbedrijf zijn niet of matig geïsoleerd. Je mag aannemen dat het frame de neiging heeft de temperatuur van de omgeving aan te nemen. Ook als de temperatuur van de lucht in de kast gelijk aan de deegtemperatuur wordt gehouden zal

het frame in een koudere bakkerij kouder blijven. In een ongunstig geval leidt dit tot condensatie van vocht op het frame en op den duur tot uitdrogen van het deeg. Vandaar dat de oude vuistregel 'kasttemperatuur 2°C hoger dan de deegtemperatuur' in dat type kasten zo gek nog niet is. Daardoor wordt het frame wat warmer. Er kan worden volstaan met een wat lagere relatieve vochtigheid. Daar komt nog een ander feit bij. Bij een ongeïsoleerde kast is er ook vaak een groot temperatuurverschil tussen onder- en bovenkant. Het is bij ongeïsoleerde kasten dan ook van invloed waar de temperatuurvoeler wordt geplaatst.

De tweede factor die voor het beheersen van het rijnsproces van belang is, is de luchtsnelheid over de deegstukken. In sommige gevallen is een hoge luchtsnelheid gewenst, b.v. bij rijsonderbreking bij het opwarmen van de deegstukken. De keuze van de r.v. is dus zeer belangrijk: een hoge r.v. levert veel condens, een lage r.v. gaat gepaard met de vorming van een huid op het deeg. Naarmate de luchtsnelheid lager gehouden wordt, wordt de r.v. instelling ook minder kritisch. Vandaar ook dat we bij onze proeven op 70 à 75% uitkomen. Bij hogere snelheden zou de r.v. zeker hoger gekozen moeten worden.

De vraag die uiteraard gesteld is: 'Is isolatie van de rijskasten in verband met procesbeheersing nodig?' Het antwoord daarop is tweeledig. Een goede bollenkast die nog niet te oud is, hoeft uiteraard niet vervangen te worden. Maar als men aan vervanging van de voorrijskast toe is, is het aan te bevelen een goed geïsoleerde kast met een goede klimaatregeling aan te schaffen. Het terugdringen van faalkosten, het verminderen van de kans op storing bij het bereidingsproces, zal in de komende jaren steeds belangrijker worden.

TNO Voeding doet onderzoek ten behoeve van de bakkerij-branch. Het test nieuwe grondstoffen, ontwikkelt nieuwe processen en producten. Het hier gerapporteerde onderzoek wordt ingevoerd in het kader van een project met als doelstelling de verschillende fasen in het broodbereidingsproces, zoals kneden, rijzen en bakken automatische te laten verlopen. Het geeft ook voorlichting hierover.

Voor meer informatie:

TNO Voeding

Postbus 360

3700 AJ ZEIST

Tel.: 030 69 44 471

Fax: 030 69 54 186

E-mail sluimer@voeding.tno.nl