

1 JUNI 1981

J.A. Wijsman

Instituut CIVO-Technologie TNO

Centraal Instituut voor Voedingsonderzoek TNO

Samenvatting

Publikatie Nr. 1366-T

Het roosten van cacaobonen of van gebroken kernen, zijnde de van doppen en kiemen ontdane bonen, is in de cacao- en chocolade-industrie één van de belangrijkste bewerkingen. Een overzicht wordt gegeven van de wijze waarop het roosten op industriële schaal plaatsvindt. Vervolgens wordt nader ingegaan op een aantal aspecten van het roostonderzoek dat in samenwerking met de cacao- en chocolade-industrie werd uitgevoerd. De resultaten van een onderzoek naar de invloed van het roosten op de eigenschappen van de uit de kernen verkregen cacaoboter worden vermeld. Aandacht wordt besteed aan een onderzoek dat tot doel heeft het roostproces en de daarbij plaatsvindende reacties nader te karakteriseren.

Inleiding

Een van de technieken om voedingsmiddelen een hitte-behandeling te doen ondergaan is het roosten. Het roostproces wordt uitsluitend op industriële schaal toegepast in tegenstelling tot bijvoorbeeld koken, bakken, braden en frituren. Laatstgenoemde processen lenen zich ook voor toepassing op huishoudelijke schaal.

Het roosten of branden is een proces dat noodzakelijk is om van een ongenietbare zo niet oneetbare grondstof te komen tot een consumabel eindprodukt en/of halffabriekaat. Sprekende voorbeelden van produkten waarbij dit het geval is zijn koffie en cacaobonen.

Het branden van koffie en het roosten van cacaobonen hebben beide het doel de vorming van reuk- en smaakcomponenten en het verwijderen van ongewenste aromastoffen via verdampen van het vocht. Toch zijn er verschillen aan te wijzen. Het roosten van koffie (Eichler, 1976) is een proces dat ca. 10-15 minuten in beslag neemt, waarbij temperaturen worden toegepast van 200-220 °C. Is echter donker gebrande koffie gewenst, dan zal de roosttemperatuur dienen te stijgen tot ongeveer 250 °C. Bij het branden van cacaobonen daarentegen worden lagere temperaturen aangewend. Het temperatuurtraject waarbinnen geroost wordt zal in het algemeen liggen tussen 120 °C en 140 °C. Indien de bonen gebruikt worden voor de chocoladebereiding zal "laag" gebrand worden; bij verwerking

126 In: Uitkomst en Uitzicht, Proceedings van het Symposium
40 jaar Voedingsorganisatie TNO, Utrecht, 7-10 oktober,
1980. Wageningen, Pudoc, 1980.

tot cacaopoeder is een hogere temperatuur noodzakelijk. Het roosten zal ook veel langer moeten worden doorgezet dan bij het branden van koffie: brandtijden tot 1 uur zijn geen uitzondering. Het roosten zal het verwijderen van het dopmateriaal en het verkleinen van de cacaokernen vergemakkelijken.

Nederland behoort voor wat betreft de export van cacao- en chocolade-produkten tot één van de belangrijkste landen in de wereld: nummer één voor cacaoboter én voor cacaopoeder. De omvang van de cacao- en chocolade-industrie in Nederland moge blijken uit de in- en uitvoercijfers over 1979: $210 \cdot 10^6$ kg/f $1.584 \cdot 10^6$ respectievelijk $228 \cdot 10^6$ kg/f $1.718 \cdot 10^6$.

Het Instituut CIVO-Technologie TNO en met name de Afdeling Oliën, Vetten en Margarine voert in samenwerking met het grootste gedeelte van de Nederlandse cacao- en chocolade-industrie al sinds jaren onderzoekswerkzaamheden uit op het onderhavige gebied. Een aanzienlijk deel van de research activiteiten werd en wordt gewijd aan het roosten. In eerste instantie werd aandacht besteed aan de invloed van het roosten van cacaobonen op de eigenschappen van de uit de kernen door persen verkregen cacaoboter. Later heeft het onderzoeksterrein zich verlegd naar het roostproces zelf, waarbij het verkrijgen van inzicht in het hele roostgebeuren centraal staat, zodat zo optimaal mogelijk geroost kan worden.

Alvorens dieper in te gaan op een aantal resultaten verkregen uit de op laboratoriumschaal uitgevoerde roostexperimenten zal enige aandacht besteed worden aan de omstandigheden waaronder cacaobonen c.q. cacaokernen op industriële schaal geroost worden.

Het roosten op industriële schaal

De wijze waarop de verhitting van cacaobonen c.q. cacaonibs kan geschieden, zou men kunnen onderverdelen naar het principe, dat er aan ten grondslag ligt.

- De warmtetoevoer kan plaatsvinden uitsluitend door conductie. De bonen nemen de voor het roosten benodigde warmte op, doordat zij direct contact maken met verhitte oppervlakken.
- Een andere manier waarop de bonen de warmte krijgen toegevoerd is door middel van convectie, dat wil zeggen een hete luchtstroom draagt zorg voor de gewenste temperaturen. Genoemde principes worden in de industrie toegepast. In feite berust het grootste gedeelte van de industriële roostapparatuur hierop, waarbij opgemerkt moet worden dat in roostmachines veelal gebruik gemaakt wordt van zowel conductie- als convectieverhitting.

- Overdracht van warmte door middel van straling is ook een mogelijkheid. Het is gebleken dat cacaobonen geroost kunnen worden door gebruik te maken van infraroodstraling (micronisatie), die er voor zorgt dat de moleculen in de cacaobonen gaan vibreren in overeenstemming met hun eigen resonantie, hetgeen resulteert in een snelle inwendige verhitting van de bonen. Roostapparatuur gebouwd volgens dit principe wordt echter nauwelijks toegepast. Infraroodstraling wordt echter wel gebruikt om het verwijderen van de schillen van de cacaobonen te vergemakkelijken. (Attiyate, 1978). Indien men in plaats van gehele cacaobonen gebroken kernen (de nibs) wenst te branden zal het dopmateriaal eerst verwijderd moeten worden. Infrarood ontdopping kan hierbij met voordeel worden toegepast: het proces levert grotere nibs en minder fijn materiaal, terwijl schimmels, bacteriën, parasieten en insecten vernietigd worden. Dergelijke ontdopinstallaties worden dan ook op industriële schaal toegepast.
- Een andere manier om cacaobonen te roosten is door gebruik te maken van hoogfrequent trillingen, (ca 2450 MH). (Faillon et al., 1978) Hoewel dergelijke systemen voordelen (lagere procestemperaturen, betere resultaten) schijnen te hebben, wordt het hoogfrequent roosten niet op industriële schaal toegepast; onder andere hogere bedrijfskosten zullen hierbij ongetwijfeld van invloed zijn: dergelijke apparatuur moet gevoed worden met elektrische energie, terwijl bij de andere systemen primaire brandstoffen (gas) worden gebruikt.

Conductie en convectie worden zowel in batchgewijze als in continue apparatuur toegepast. Het chargegewijze roosten is echter in onbruik geraakt en in vele gevallen vervangen door roosten in continue branders. Tot eerstgenoemde apparatuur moeten de trommelroosters gerekend worden. Bij dit type kan zowel conductie- als ook convectieverwarming worden toegepast. De zogenaamde kogelroosters worden ook tot de chargegewijs werkende apparatuur gerekend. Hierin wordt de verhitting van de bonen uitsluitend door convectie bewerkstelligd.

Bij de continue branders kan men een onderscheid maken naar de wijze waarop het te roosten materiaal de brander doorloopt: horizontaal of verticaal. Als voorbeelden van horizontaal transporterende roosters kunnen genoemd worden die apparatuur waarbij de bonen in een verhitte trommel (conductie) worden voortbewogen door een wormas en verder machines waarbij het roostgoed door middel van een hete luchtstroom (convectie) tot zweven worden gebracht: de zogenaamde "fluidbed" roosters. De verticaal werkende branders worden aan de bovenkant gevoed met het te roosten materiaal, dat onder invloed van de zwaartekracht (valstroom-principe) een aantal compartimenten doorloopt; de verhitting geschiedt

door hete lucht in tegenstroom. Van de volgens dit principe werkende branders bestaan uiteraard ook weer diverse uitvoeringen.

De invloed van het roosten op de eigenschappen van de uit de kernen verkregen cacaoboter.

Door middel van op het laboratorium uitgevoerde roostexperimenten met niet-ontdopte, gehele cacaobonen van bekende botanische en geografische herkomst werd nagegaan of het roosten van invloed is op een aantal chemische en fysische kengetallen van de door persing verkregen cacaoboters. Een en ander ook in verband met de eisen, die aan een zuivere cacaopersboter gesteld dienen te worden. Voor het branden van de bonen werd gebruik gemaakt van een laboratoriumtrommelrooster, waarvan de ronddraaiende trommelwand electrisch kan worden verwarmd. De bonen werden geroost bij 140 °C gedurende 30 tot 35 minuten. De gebrande bonen alsmede de rauwe bonen werden zorgvuldig van dopmateriaal en van kiemen ontdaan en met een hydraulische laboratoriumhandpers bij 50 °C en 600 kg/cm² uitgeperst. De aldus verkregen en vervolgens gefiltreerde persboters werden onderzocht op een aantal analytische kengetallen. Gekozen werd voor het joodgetal, zuurgetal, onverzeepbare rest (petroleum ether methode), extinctiemeting bij 270 nm en de blauwwaarde. De laatste twee kengetallen behoeven nadere uitleg. Met behulp van extinctiemetingen bij 270 nm is het mogelijk persboters te onderscheiden van geraffineerde boters. Met name door het bleken worden triëen verbindingen gevormd, die in het UV-gebied bij ca. 270 nm absorberen. Bij het vaststellen van een minimum extinctiewaarde voor persboter is het zaak te weten of het roosten hierop van invloed is. De blauwwaarde is een grootte die aangeeft of bij het persen dopmateriaal is meegeperst; bij de bepaling wordt gebruik gemaakt van het feit dat cacaodoppen een groep van verbindingen bevatten, waarvan beheenzuurtryptamide de belangrijkste vertegenwoordiger is. Bij het roosten van niet ontdopte bonen is het heel wel mogelijk dat genoemde verbinding door migratie in de kernen komt en via het persen in de boter. De resultaten van het onderzoek zijn samengevat in tabel 1.

Tabel 1. Analytisch onderzoek van een aantal cacaopersboters, verkregen uit ongebrande en gebrande bonen van diverse herkomst; brandtemperatuur 140 °C.

Herkomst	Brand-tijd (min.)	Ongebrand					Gebrand				
		jg	zg	or	ext	bw	jg	zg	or	ext	bw
Cameroen	35	38,5	1,6	0,26	0,09	0,03	38,9	1,2	0,18	0,19	0,01
Ghana	35	37,0	1,0	0,26	0,11	0,02	37,5	1,2	0,19	0,17	0,00
Togo	35	37,6	1,1	0,27	0,09	0,00	37,6	1,1	0,18	0,18	0,01
Sierra-Leone	35	36,6	1,0	0,18	0,09	0,04	36,9	1,1	0,26	0,15	0,01
Lagos	30	37,0	1,4	0,23	0,09	0,03	37,0	1,4	--	0,17	0,00
Ivoorkust	30	36,4	1,7	0,17	0,11	0,03	36,8	1,8	0,20	0,19	0,01
St.Thomé	30	35,3	1,1	0,20	0,10	0,00	35,8	1,2	0,22	0,23	0,01
Ghana	30	36,6	1,3	0,30	0,09	0,00	36,7	1,3	0,21	0,16	0,00
Arriba	35	35,1	1,4	0,24	0,08	0,00	35,2	0,8	--	0,27	0,01
Bahia	30	37,8	0,9	0,34	0,14	0,00	38,4	1,0	0,34	0,40	0,00

jg = joodgetal; zg = zuurgetal in mg KOH/g; or = onverzeepbare rest in %
(petroleumether-methode); ext = $E_{1\%}^{1\text{cm}}$ bij 270 nm in iso-octaan; bw = blauwwaarde

Uit tabel 1 blijkt dat vergeleken met het ongebrande produkt het roosten van de bonen niet of nauwelijks van invloed is op de eruit verkregen persboter voor wat betreft de onderzochte kengetallen. Een uitzondering moet echter gemaakt worden voor de extinctie bij 270 nm: door het branden neemt deze gemiddeld een factor 2 toe. Een verklaring hiervoor is dat de purinen(theobromine, caffeïne) door het roosten via migratie vanuit de dop naar de kernen in de boter terecht komen. Deze verbindingen vertonen een absorptie bij 270 nm, waardoor geen juist beeld van de eventueel aanwezige triëenverbindingen wordt verkregen. De purinen dienen eerst verwijderd te worden door middel van loogwassing; twee extincties worden dan bepaald: vóór en ná loogwassing.

Uit de resultaten volgt dat boters verkregen uit gebrande en daarna zorgvuldig ontdopte bonen geen aanwijsbare hoeveelheid beheenzuurtryptamide (blauwwaarde) bevatten. Een zorgvuldig schonen van het gebrande materiaal is in de praktijk echter niet mogelijk: er zal steeds een zekere niet te vermijden hoeveelheid dopmateriaal in de kernen achterblijven. Om de invloed hiervan op de blauwwaarde van de persboters na te gaan, werden op de eerder beschreven wijze een aantal roostexperimenten uitgevoerd. De gebrande bonen werden ontdopt; zowel de doppen

als de kernen werden gemalen. Van deze produkten werden mengsels van bekende samenstelling gemaakt. De aldus verkregen monsters werden met de laboratoriumpers bewerkt. De boters werden onderzocht op blauwwaarde en extinctie bij 270 nm, dit maal zowel vóór als ná loogwassing. De resultaten zijn samengevat in tabel 2.

Tabel 2. Analytisch onderzoek van een aantal persboters, verkregen uit ongebrande en gebrande bonen, en uit mengsels van gebrande bonen en doppen; brandtemperatuur 140 °C; brandtijd 50 minuten.

Herkomst	Monster	Extinctie*		Blauwwaarde
		loogwassing vóór	ná	
Cameroen	ongebrand	0,15	0,11	0,05
	gebrand + 0% dop	0,24	0,12	0,00
	gebrand + 2% dop	0,21	0,13	0,02
	gebrand + 5% dop	0,23	0,11	0,05
	gebrand + 10% dop	0,23	0,14	0,10
	gebrand + 15% dop	0,22	0,13	0,15
Ghana	ongebrand	0,12	0,10	0,05
	gebrand + 0% dop	0,20	0,11	0,01
	gebrand + 2% dop	0,19	0,10	0,03
	gebrand + 5% dop	0,19	0,10	0,05
	gebrand + 10% dop	0,21	0,11	0,09
	gebrand + 15% dop	0,19	0,10	0,13
* extinctie = $E^{1\%}_{1\text{cm}}$ bij 270 nm in iso-octaan				

Uit het verkregen cijfermateriaal blijkt dat het al dan niet aanwezig zijn van dopmateriaal bij het persen van de gebrande bonen geen invloed heeft op de bij 270 nm gevonden extinctie-waarden. Het verschil tussen de gebrande en ongebrande bonen enerzijds en het al dan niet wassen met loog anderzijds hangt samen met purinen in het persvet als gevolg van het roosten. De voor Cameroen bonen gevonden extinctie-waarden ná loogwassing zijn hoger dan de overeenkomstige waarden bij de Ghana bonen en naderen het voor cacaopersboter gestelde maximum van 0,16. Uit de resultaten volgt duidelijk dat de aanwezigheid van meer of minder dopmateriaal van grote invloed is op de blauwwaarde. Reeds een vermenging met

meer dan 5% dopmateriaal heeft een overschrijding van de gestelde norm, zijnde 0,05 ten gevolge.

Invloed van het roosten van cacaobonen op kwaliteit en eigenschappen

Bij de in de voorgaande paragraaf besproken experimenten stond de pers-boter centraal. In een later stadium van de samenwerking met de cacao- en chocoladeindustrie werd het terrein van onderzoek verlegd naar het roostproces zelf. Zoals reeds bij het begin werd opgemerkt is het roosten één van de belangrijkste bewerkingen in de genoemde industrietak. Het draagt in hoge mate bij tot de ontwikkeling van het cacao-aroma. De keuze van de procesparameters geschiedt momenteel nog veelal op zuiver empirische wijze.

Voor een optimale kwaliteitsbewaking en procesbesturing is een meer fundamentele kennis van het brandproces noodzakelijk. Teneinde deze leemte op te vullen werd een onderzoek opgezet, dat tot doel heeft inzicht te verkrijgen in genoemde materie.

Voor het welslagen van een dergelijk onderzoek is het een vereiste dat de roostexperimenten onder zo optimaal mogelijk gestandaardiseerde en reproduceerbare condities kunnen worden uitgevoerd. Met name parameters als brandtijd, brandtemperatuur, uniforme temperatuurverdeling in de roosters, toe te voeren elektrisch vermogen en debiet en temperatuur van de verwarmingslucht zijn van essentieel belang. De proeven waarbij de invloed van de diverse parameters werd bekeken, resulteerden in een roostopstelling met als "hart" de eerder genoemde laboratoriumtrommel-rooster. De verhitting van de cacaobonen c.q. kernen geschiedt zowel door conductie (elektrische verwarming) als door convectie (hete lucht-stroom). Een grondige isolatie alsmede het doorleiden van lucht door de rooster bewerkstelligt een uniforme temperatuurverdeling in de rond-draaiende trommel. Tijdens het branden moet het mogelijk zijn de roost-gassen kwantitatief op te vangen. Daartoe werd een koppeling met een teflon glij-afdichting ontworpen die de verbinding vormt tussen de roterende trommel en de vastopgestelde opvangeneheid.

Met een dergelijke roostopstelling is het mogelijk de invloed van bijvoorbeeld brandtijd, brandtemperatuur, brandatmosfeer (lucht, stikstof enz.) te bestuderen. Op de resultaten van één van de uitgevoerde roost-experimenten zal nader worden ingegaan. Hierbij wordt de invloed van de brandtijd en de brandtemperatuur op het verloop van het vochtgehalte, de aldehyden, de reducerende suikers en de vluchtige zuren, die tijdens het roosten ontwijken, bestudeerd. Als monstermateriaal diende ontdopte, gebroken Bahia bonen (nibs). De resultaten zijn samengevat in tabel 3.

Tabel 3. Vocht, aldehyden, reducerende suikers en azijnzuur als functie van brandtijd en- temperatuur; Bahia nibs; eindbrandtemperatuur 120 °C en 140 °C.

120 °C-brandexperiment						140 °C-brandexperiment					
brand- temp. (°C)	vocht*	ald.	red.s.	azijnz.	brand- tijd (min)	brand- temp. (°C)	vocht	ald.	red.s.	azijnz.	
22	4,1	5	18	0	0	22	4,2	4	20	0	
45	4,1	5	18	10	10	34	3,9	4	19	sp	
89	2,7	6	15	70	20	92	3,1	6	18	80	
117	1,7	20	10	150	30	124	1,6	17	10	150	
120	1,1	29	8	270	40	139	1,0	18	3	270	
120	0,9	31	6	320	50	140	0,8	19	2	340	
120	0,7	37	4	280	60	140	0,6	21	2	360	
120	0,6	40	3	340	70	140	0,5	22	2	400	
120	0,5	45	2	380	80	140	0,4	27	-	450	

* vocht = vochtgehalte in %; ald. = aldehyden als formyl-2-pyrrol in mg/kg nibs; red.s = reducerende suikers als fructose in mg/g vetvrije droge nibs; azijnz. = azijnzuur in mg/kg nibs.

Het verloop van het vochtgehalte is bij de twee brandproeven nagenoeg identiek. In de eertste 30 á 40 minuten treedt een sterke daling op; vervolgens neemt de hoeveelheid vocht met het voortschrijden van de brandtijd slechts geleidelijk af.

Het verloop van de hoeveelheden aldehyden en reducerende suikers met de brandtijd geeft gedurende de eerste 20 minuten van het roosten een gelijk beeld te zien: er verandert nauwelijks iets. Na 20 minuten treedt echter een vrij plotselinge wijziging op: een stijging voor de aldehyden en een daling voor de reducerende suikers. De aard van het verloop is echter bij de diverse brandproeven verschillend: bij de 140°C-proef is de toename (aldehyden) respectievelijk afname (reducerende suikers) per tijdseenheid groter dan bij de 120°C-proef.

Zoals bij tabel 4 blijkt, ontwijkt er tijdens het roosten azijnzuur. De betreffende hoeveelheid is bij de 140°C-brandproef duidelijk meer dan bij die van 120°C.

Het effect van de verschillende proces-omstandigheden op de smaak van het gerooste produkt vormt uiteraard een zeer belangrijk, zo niet het belangrijkste, gegeven. De daartoe noodzakelijke organoleptische keuringen worden uitgevoerd door een groep van experts van de cacao- en chocolade industrie. Uit de verkregen keuringsresultaten werd een sensorisch kengetal afgeleid. Met behulp van computermodellen werd ge-

tracht een relatie te vinden tussen dit kengetal en de chemisch bepaalde kengetallen. Uit de resultaten van diverse roostexperimenten, waarvan de hier behandelde brandproeven met Bahia nibs een onderdeel vormen, kon met enige reserve, geconcludeerd worden dat kleine verschillen in met name de hoeveelheid reducerende suikers van belang zijn voor het geur en smaak profiel van de gerooste nibs en dat het verloop van het sensorisch kengetal met de brandtijd beschreven kan worden door een 2^e graads polynoom met als variabele een combinatie van reducerende suikers en aldehyden. Momenteel worden roostexperimenten uitgevoerd met als doel genoemde hypothese te bewijzen.

Literatuur

- Attiyate, Y., 1978. Infra-red removal of cocoa bean skins; yield is increased, quality is improved. Food Eng. Int., 3 (8): 32-33
Eichler, O, 1976. Kaffee und Coffein, 2^e editie. Springer Verlag
Berlin, Heidelberg, New York, pag. 8
Faillon, G., C. Couashard & E. Maloney, 1978. New uses of microwave power. Food Eng. Int. 3 (9): 46-48