

Torrkokningar

- En statistisk och experimentell studie om antändning av mat i fast form

Emelie Eklöf

Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet

Fire Safety Engineering
Lund University
Sweden

Rapport 5551, Lund 2017
Examensarbete på brandingenjörsutbildningen



LUNDS UNIVERSITET
Lunds Tekniska Högskola

Titel/Title

Torrkokningar – En statistisk och experimentell studie om antändning av mat i fast form

Rapport nr/Report nr

5551

Författare/Author

Emelie Eklöf

Brandingenjörsprogrammet, Lunds Tekniska Högskola, 2017

Fire Safety Engineering Program, Lund University Faculty of Engineering, 2017

©Copyright Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2017

Antal sidor/Number of pages

58 (inklusive bilagor/including appendix)

Bilder/Pictures

Alla bilder i rapporten tillhör författaren om ingen annan källa är angiven/ All pictures belong to the author if no other reference is stated.

Sökord

Torrkokning, köksbrand, spisbrand, antändning, rökproduktion

Keywords

Cooking fire, stove fire, kitchen fire, ignition, smoke production

Språk/Language

Svenska/Swedish

Abstract

The purpose of the report has been to investigate the risks of stove fires. Consideration has been given to the likelihood that the incident leads to fire and how dangerous the smoke is for people still in the space. To answer the questions, two different methods have been used, statistical analysis and practical experiments. The conclusion is that it is unlikely that a fire will occur unless there is not cooking oil or fat in the skillet, but it can not be excluded. To be in a space where smoke production has occurred is not good, only 300-1000 gram of food, depending on nutrient, need to be burned to create a harmful environment in a kitchen.

Avdelningen för Brandteknik
Lunds Tekniska Högskola
Lunds Universitet
Box 118
221 00 Lund
www.brand.lth.se
Telefon 046 - 222 73 60
E-postadress: brand@brand.lth.se

Department of Fire Safety Engineering
Faculty of Engineering
Lund University
P.O. Box 118
SE-221 00 Lund, Sweden
www.brand.lth.se
Telephone: +46 46 222 73 60
E-mail: brand@brand.lth.se

Sammanfattning

Torrkokningar är den helt klart dominerande olyckstypen i hemmet och står för cirka 20 % av räddningstjänstens insatser. Syftet med denna rapport är att undersöka riskerna med torrkokningar. Målet är att sammanställa information och utöka kunskaperna för att räddningstjänstens olycksundersökningspersonal ska kunna lämna korrekta sakkunnigutlåtanden till polisen efter en torrkokning.

Följande frågeställningar har varit utgångspunkt i arbetet:

- Hur ofta leder en torrkokning till brand?
- Går det att förutsäga om en viss typ av mat oftare kommer leda till uppkommen brand?
- Vilka risker medför det att befinna sig i ett utrymme där en torrkokning som inte har lett till antändning har uppkommit?

För att besvara frågorna har två olika metoder använts, statistisk analys samt praktiska experiment. Även instudering av tidigare forskning har ingått i arbetet.

Statistik har hämtats dels från USA samt dels från MSB's statistikdatabas IDA. Utöver detta har 480 insatsrapporter mellan 2014–2017 från Räddningstjänsten Syd granskats. Dessa visar att antändning sker i drygt en tredjedel av insatserna som räddningstjänsten larmas till och som sker på spisen. Av de insatser där antändning sker är det i 98 % av fallen olja i kastrullen, och i de fallen är det oftast den boende själv som larmar. Av de tillbud som enbart leder till rökutveckling utan antändning är de vanligaste produkterna ägg, pasta, nappflaskor och kött. I dessa fall är den vanligaste inringaren en granne, vilket leder till att torrkokningar utan antändning främst är ett problem i flerbostadshus, eftersom grannen i denna bebyggelse bor så pass nära att hen hör brandvarnaren ljuda eller känner röklukt i trapphuset.

Alla livsmedel som finns i vår vardag är uppbyggda av näringsämnen. Tre näringsämnen har förmågan att producera energi, nämligen kolhydrater, fett och protein. Beroende på sammansättningen i ämnena har de förmåga att bilda kvävande och irriterande gaser vid förbränning. Samtliga ämnen producerar kvävande gaser medan det främst är proteinerna som bildar irriterande gaser.

För att undersöka olika näringsämnens beteende vid antändning så genomfördes praktiska försök i en så kallad konkalorimeter i brandlabbet på LTH. Antändningstemperaturer för proteinpulver, smörpulver, potatismjöl och florsocker uppmättes. Smörpulver och florsocker landade omkring 400 °C och potatismjöl och proteinpulver cirka hundra grader högre. Florsocker och potatismjöl ändrade sin form kraftigt under försöken vilket gjorde att intervallet på antändningstemperatur blev större än för de andra ämnena.

Samtliga pulver testades även i kastrull på kokplatta. Smörpulvret antände snabbt och brann med 30–40 centimeter höga lågor, men florsockret och proteinpulvret inte ledde till antändning. Däremot uppstod antändning i potatismjölet, som hade en betydligt högre antändningstemperatur än florsockret. Detta tyder på att livsmedlets struktur och beteende under uppvärmningen har betydelse för om antändning sker eller inte. Antändningen skedde i kastrullens kanter där koncentrationen av pyrolysgaser sannolikt blev tillräckligt hög för att antändning skulle kunna inträffa.

Beträffande rökproduktionen så har bara kolmonoxidhalten analyserats. Smörpulver uppnådde den högsta kolmonoxidhalten följt av potatismjöl. Proteinpulver och florsocker producerade minst halt kolmonoxid, cirka hälften av värdet för potatismjöl. Beroende på näringsämne så krävs endast 300–

1000 gram förbränt ämne för att nå en halt på 2000 ppm i ett normalstort lägenhetskök, vilket är en nivå som leder till så höga halter CO i blodet att en utrymning börjar bli svår att genomföra på egen hand.

English summary

The purpose of this report is to investigate the risks of stove fires. The aim is to compile information and expand the knowledge so that the emergency services accident investigation staff can provide accurate expert opinions to the police after a stove fire.

The following questions have been the basis of the work:

- How often does a dry cooking lead to fire?
- Is it possible to predict whether a particular type of food will more often lead to the emerging fire?
- What is the risk of being in a room where a stove fire that has not led to ignition has occurred?

To answer the questions, two different methods have been used, statistical analysis and practical experiments. Literature studies of previous research have also been included in the work.

Statistics have been obtained from the US as well as from the MSB statistical database IDA. However, the most useful statistical data comes from the Rådningstjänsten Syd, where 480 reports between 2014-2017 have been studied. These shows that ignition occurs in just over one third of the efforts that the Fire and Rescue services is attending. In the case of ignition, 98% of the cases are oil in the pan, and in those cases, it is usually the resident who calls the fire department. For incidents that only lead to smoke development without ignition, the most common foods are eggs, pasta, feeding bottles and meat. In these cases, the most common caller is a neighbor. This means that stove fires without ignition are mainly a problem in apartment buildings, as the neighbor in this building lives close enough to hear the smoke detector sound or smell smoke in the stairwell.

All foods in our everyday lives are made up of nutrients. Three nutrients can produce energy, namely carbohydrates, fat and protein. Depending on the composition of the substances, they can form asphyxiants and irritating gases. All substances produce asphyxiant gases whereas it's primarily the proteins that form irritating gases.

To investigate the effect of various nutrients on ignition, practical experiments in the con calorimeter were conducted in the lab at LTH. Ignition temperatures for protein powder, butter powder, potato flour and icing sugar were measured. Butter powder and icing sugar landed around 400 ° C and potato flour and protein powder about one hundred degrees higher. Icing sugar and potato flour changed sharply during the experiment, which meant that the range of ignition temperature became larger than for the other substances.

All powders were also tested in the pan on the cooktop. The butter powder turned out to burn well, but the sugar and protein powder did not lead to ignition. On the other hand, ignition occurred in the potato flour, which had a significantly higher ignition temperature than icing sugar. This indicates that the structure of the food and behavior during heating will be important if ignition occurs or not. The ignition occurred in the edges of the pan, where the concentration of pyrolysis gases became high enough for ignition to occur.

Regarding the production of smoke, only the carbon monoxide content has been analyzed. Butter powder achieved the highest carbon monoxide content followed by potato flour. Protein powder and icing sugar produced the same level of carbon monoxide, about half of the value of potato flour. Depending on the nutrient, only 300-1000 grams of combustible substance is required to reach a 2000 ppm level in a kitchen, which is a level that leads to such high levels of CO in the blood that an evacuation becomes difficult to accomplish on its own.

Förord

Denna rapport är resultatet av ett examensarbete och ingår som en avslutande del i utbildningen till brandingenjör vid Lunds Tekniska Högskola. Examensarbetet har genomförts i samarbete med Räddningstjänsten Syd.

Författaren av denna rapport vill rikta ett stort tack till följande personer för värdefull hjälp och stöd under arbetets gång, utan er hade rapporten inte blivit hälften så bra!

Marcus Runefors – Min handledare på LTH som har stöttat och gett feedback under hela arbetets gång

Stefan Svensson – Som har hjälpt till att rigga inför de praktiska försöken. Ursäkta stanken som jag orsakade i ditt labb.

Frida Vermina – Som har hjälpt till med laborationsuppställningen till de praktiska försöken.

Anna Andersson Carlin och Bertil Nilsson, Räddningstjänsten Syd – Uppdragsgivare till examensarbetet och de som kläckte idén.

Lynn Ranåker – För hjälp med statistiken

Alla brandmän, styrkeledare och yttre befäl på Räddningstjänsten Syd som har ställt upp och svarat på frågor, bollat idéer, diskuterat scenarier och framförallt tar hand om alla torrkokningar som varje dag inträffar i vårt geografiska närområde.

Min familj, Peter och Felix!

Emelie Eklöf - Lund 2017

Innehåll

1 Inledning	2
1.1 Bakgrund	2
1.2 Syfte och mål	2
1.3 Avgränsningar	2
2 Teori	4
2.1 Antändning av matolja	4
2.2 Antändning av mat	5
2.3 Vad är mat?	6
2.4 Den farliga röken	6
3 Metod	8
4 Statistik	10
4.1 Internationell statistik	10
4.2 Nationell statistik	11
4.3 Lokal statistik	12
5 Experiment	16
5.1 Försökupställning	16
5.2 Resultat – Antändning	19
5.3 Resultat – Rökproduktion	30
6 Diskussion	34
7 Slutsatser	38
8 Framtida forskning	40
9 Referenser	42
10 Bilagor	44
10.1 Bilaga A – Näringsinnehåll i livsmedel	44
10.2 Bilaga B – Testprotokoll konkalorimetern	45
10.3 Bilaga C – Testprotokoll spisplatta	47
10.4 Bilaga D – Kolmonoxidproduktion grafer	48
10.5 Bilaga E - Beräkningar rökproduktion	53
10.6 Bilaga F – Torrkokning av riktig mat	55

1 Inledning

1.1 Bakgrund

En måndagskväll i maj 2015 inkom larm om brand i byggnad till inre ledning på Räddningstjänsten Syd. Grannar i ett flerbostadshus hade hört en brandvarnare tjuta och möttes av rök då lägenhetsdörren öppnades. Röken är begränsad till lägenheten och med hjälp av ventilering kunde en brandman snabbt gå in i lägenheten där en person påträffades under köksbordet. En stekpanna med mat som står på spisen identifieras som orsak till röken och kan snabbt kylas av under vattenkranen. Inga sot- eller värmeskador kunde upptäckas runt om spisen eller på fläktens undersida, varpå det kan konstateras att ingen antändning har inträffat som har föranlett någon spridningsrisk.

Torrrökningar är ett vanligt förekommande tillbud som oftast kräver enbart en liten eller ingen arbetsinsats alls av räddningstjänsten. Faktum är att många torrrökningar upptäcks snabbt av den boende och åtgärdas snabbt genom att till exempel dra av kastrullen från spisen och ventiler lägenheten genom att öppna ett fönster och inga ytterligare åtgärder behöver vidtas.

Då en antändning sker på spisen föreligger ofta en spridningsrisk. Skulle inte branden upptäckas så finns risk att branden sprids i lägenheten och rökspridning sker till andra lägenheter via köksfläkten eller ut i trapphuset och därmed är en risk för människors liv och egendom. Men även om inte antändning sker och en brand uppkommer så kan en torrrökning leda till mycket ohälsosamma miljöer vilket ovanstående exempel visar. Om torrrökningen upptäcks alltför sent eller om personen i lägenheten har fysiska eller psykiska begränsningar, minskar sannolikheten att åtgärd mot tillbudet sker och situationen skulle kunna leda till allvarliga skador och dödsfall.

Det finns ett behov att utreda de faktiska riskerna med torrrökning samt risken för att tillbudet leder till brand. Dessutom finns det behov av att studera och utröna riskerna för eventuella personer som finns kvar i utrymmet.

1.2 Syfte och mål

Syftet med rapporten har varit att undersöka riskerna med torrrökningar. Hänsyn har tagits till risken att en torrrökning leder till brand samt hur farlig röken är för personer som fortfarande vistas i utrymmet givet att det inte blir någon antändning utan enbart rökutveckling.

Målet har varit att sammanställa information och utöka kunskaperna för att räddningstjänstens olycksundersökningspersonal ska kunna lämna korrekta sakkunnigutlåtanden till polisen efter en torrrökning.

1.3 Avgränsningar

I rapporten har bara torrrökningar och spisbränder studerats. I detta innefattas tillbud eller olyckor där mat i någon form av kok/stekjärn lämnats kvar på spisen. Andra bränder som sker på spisen, till exempel tidningar som hamnat på en varm platta studerades ej. Tillbud i ugn eller mikrovågsugn har inte heller studerats närmare.

Angående rökproduktionen så har endast halten kolmonoxid i brandgaserna studerats. Detta beror på den laboratorietekniska utrustningen som enbart mäter kolmonoxid, syre och koldioxid. Det fanns inte möjlighet på LTH att studera vilka andra produkter som bildas vid förbränningen.

I rapporten syftar begreppet "torrrökning" på när mat har glömts i en kastrull/stekjärn och till följd av detta skapar en utveckling av gaser och partiklar. Vid torrrökning sker ingen antändning, om detta sker så övergår torrrökningen till en brand med öppna lågor.

Frågeställningar

- Hur ofta leder en torrkokning till brand?
- Går det att förutsäga om en viss typ av mat oftare kommer leda till uppkommen brand?
- Vilka risker medför det att befinna sig i ett utrymme där en torrkokning som inte har lett till antändning har uppkommit?

2 Teori

Antändning av ett material är det första synliga tecknet på förbränning, som är en komplex kemisk reaktion. Antändningsprocessen skiljer sig åt ifall materialet befinner sig i fast, flytande eller gasfas. Vid torrkokningar eller brand på spis så förekommer främst flytande form i form av olja, medan övrig mat anses vara i fast form då vatteninnehållet kokas bort innan maten börjar bränna vid. Vad gäller olja så finns det relativt mycket kunskap att hämta i litteraturen från tidigare forskning. Flera forskare har tidigare undersökt olika oljors flampunkt och termiska tändpunkt, till exempel finns mycket kunskap i Vytienis Babrauskas "Ignition Handbook" (Babrauskas, 2003). Annan mat finns dock inte så mycket tidigare forskning på och att hitta antändningstemperaturer på olika maträtter går knappt. Den norska civilingenjören Thor KR Adolfsson har genomfört flera försök med brand på spis, några av dessa försök finns beskrivna i hans bok "Komfyrbranner" (Adolfsson, 2016).

Nedan presenteras kortfattad teori om antändning, dels för vätska i form av matolja och dels för antändning av fast material i form av mat. Kapitlet innehåller även bakomliggande teori om den rök som produceras för att ge läsaren en nödvändig kunskap för att förstå de praktiska försöken.

2.1 Antändning av matoljor

En stor del av de torrkokningar som leder till antändning sker i olika typer av matoljor vid till exempel fritering eller stekning. Antändning av en brännbar vätska kan ske på två sätt. Det första är vid närvaro av en tändkälla, som kan bestå av en gnista eller pilotlåga (som till exempel en tändsticka). Temperaturen vid vilken antändning av en vätska vid närvaro av en tändkälla är möjlig kallas för vätskans flampunkt. Vid upphettning av olja på spis så förekommer oftast ingen tändkälla utan oljan värms istället upp så mycket att den når sin självantändningstemperatur, den termiska tändpunkten. När denna uppnås är temperaturen i oljan så hög att den producerar tillräckligt med brännbara gaser som vid blandning med luften kan leda till antändning. (DiNunno, o.a., 2002)

Tre olika kriterier måste uppfyllas för att en antändning ska kunna ske. För det första måste tillräcklig uppvärmning av oljan ske så att en tillräcklig mängd brännbara gaser och ångor produceras. För det andra måste dessa gaser blandas med ett oxidationsmedel, som utgörs av syret i luften. För det tredje så måste oljan nå så hög temperatur att den når sin självantändningstemperatur, alternativt antändas med hjälp av en extern tändkälla. (DiNunno, o.a., 2002)

2004 genomförde Universitetet i Illinois en studie där de undersökte antändning av olika matlagningsoljor. De utgick från sojabönsoljan som är den olja som säljs mest i USA och fick fram att den hade en flampunkt på 329°C. Då vidare oljor studerades fann man ett samband mellan oljans flampunkt och innehållet av fria fettsyror. Ett ökat innehåll av fria fettsyror medförde en lägre flampunkt. En sammanställning av olika oljors fetthinnehåll, flampunkt och termiska tändpunkt presenteras i Tabell 1 **Error! Reference source not found.** (Dinaburg & Gottuk, 2011)

Tabell 1 En sammanställning av fetthinnehåll, flampunkt och termisk tändpunkt för några vanliga matlagningsojor (Babrauskas, 2003).

Olja	Fetthinnehåll (g per 100g)			Flampunkt	Termisk tändpunkt
	Enkel	Fler	Mättat		
sojabönsolja	27,5	55	12,5	329	406
Olivolja	72,56	8,8	14,34	225	435,5
Rapsolja	61,28	27,4	7,07	321	424
Margarin	30	18	32	260	424
kokosolja	6	1,8	87	360	360
majsolja	28,2	54,49	12,91	254	393
solrosolja	28,87	56,31	10,42	320	i.u
jordnötsolja	46	32	17	282	342
palmolja	38,53	10,04	47,13	162–203	343

Vid återanvändande av olja, som kan förekomma vid till exempel fritering, så kommer innehållet av fria fettsyror att öka, vilket leder till att flampunkten minskar och större risk för antändning föreligger. (Dinaburg & Gottuk, 2011)

2.2 Antändning av mat

I vätskor antas hela vätskan ha samma temperatur i matsammanhang, men samma enkla antagande kan inte göras för fasta material. Eftersom mat som steks eller får all vätska bortkokad, kan anses vara ett fast material, så sker en värmeledning genom detta material.

Precis som för vätskor så måste tre olika kriterier vara uppfyllda för att en antändning ska kunna ske:

- Materialet måste värmas upp så att en pyrolysis startar.
- De gaser som avgetts måste blandas upp med ett oxidationsmedel, syret i omgivande luft, så att en brännbar gas/syre-blandning uppstår.
- Blandningen måste nå så hög temperatur att den når sin självantändningstemperatur alternativt antändas av en extern tändkälla.

Förutom dessa kriterier så finns det några viktiga fundamentala skillnader mellan antändning av fasta material och vätskor. Om en vätska som värms upp och producerar brännbara gaser kyls, så kommer gaserna att återgå till vätskefasen av samma ämne, förångningen är reversibel. För fasta ämnen däremot sker en irreversibel process där gaserna som bildats inte kommer att återgå till sin ursprungliga form vid kylning. (Babrauskas, 2003)

För fasta material finns en kritisk yttemperatur vid vilken antändning sker. Dock är denna ett dåligt mått på lättantändligheten då den är i stort sätt oberoende av vilket material som brinner. Anledningen till detta beror på att de långa molekylerna i ett fast ämne först måste sönderdelas till enklare fragment innan de kan pyrolyseras. Denna oxidation sker vid ungefär samma temperatur för alla material, men tiden för att värma ett material till denna temperatur skiljer sig åt (Ondrus, 1996). För fasta material ligger den kritiska yttemperaturen mellan 300–400°C vid närvaro av en yttre tändkälla och några hundra grader högre för självantändning. Vanligtvis mäts istället tid till antändning som ett mått på lättantändligheten. Tiden till antändning kan uppskattas med ett materials värmeupptagningsförmåga (kpc). Ju lägre värmeupptagningsförmåga materialet har, desto snabbare sker antändning i det brännbara materialet. (Bengtsson, 2001)

Då maten i kastrullen värms upp måste alltså först vattnet som omger maten koka bort vilket leder till att endast fast material finns kvar. Om temperaturen på maten blir tillräckligt hög så att en

pyrolys startar, kan en antändning med flammor ske i de ångor och gaser som bildas. Nås inte denna temperatur eller om ämnet inte avger brännbara gaser kommer maten istället att förkolna och producera rök utan att en antändning sker. En förkolning av materialet sker lättare i ett poröst material. (Babrauskas, 2003)

2.3 Vad är mat?

Alla livsmedel som finns i vår vardag är uppbyggda av näringsämnen. Det finns tre näringsämnen som har förmåga att producera energi, nämligen kolhydrater, fett och protein. Dessutom innehåller maten vitaminer, mineraler och vatten. Vitaminer och mineraler deltar inte i den kemiska processen och vattnet kommer att koka bort innan förbränningsprocessen startar, därav namnet "torrkokning". Därför fokuseras på de tre ämnena kolhydrater, proteiner och fett. (Adamsson, 2001)

2.3.1 Kolhydrater

Kolhydrater är ett samlingsnamn för stärkelse, socker och kostfiber. Alla kolhydrater är uppbyggda av sockermolekyler som består av syre, väte och kolatomer i kombinationen $C_6H_{12}O_6$. En kostfiber molekyl kan bestå av flera tusen sockerenheter. Vid upphettning av stärkelse tillsammans med vatten sker en förklustring, vilket innebär att livsmedlet suger åt sig vätska och expanderar. (Adamsson, 2001)

2.3.2 Proteiner

Protein är uppbyggda av aminosyror. Totalt finns ett 20-tal olika aminosyror. Proteinerna är uppbyggda av kol, väte, syre och kväve, men kan även innehålla svavel och fosfor. När proteiner upphettas så sker en koagulering av ämnet, vilket innebär att det blir fast. På grund av koaguleringen så har protein en tendens att lättare än kolhydrater och fett bränna fast i kastrullens botten (Adolfson, 2016). Till skillnad från kolhydraterna så torkar proteinerna upp och krymper istället för att ta upp vatten (Livestrong, 2017).

Generellt är proteiner mindre brännbara än kolhydrater och till skillnad från dessa så producerar dom irriterande och toxiska gaser vid upphettning. (Friedman, 1989)

2.3.3 Fett

Fett byggs upp av en glycerolmolekyl ($C_3H_5(OH)_3$) samt tre kedjor av fettsyror. Dessa kan vara mättade, enkelomättade eller fleromättade fettsyror. Fettsyrorna är uppbyggda av långa kolkedjor med bundna väteatomer, och i vardera änden finns en hydroxylgrupp (COOH) respektive metylgrupp (CH_3). Fett levererar mer energi än kolhydrater och proteiner eftersom den har mer kol och väte bundet i förhållande till syre. I de enkelomättade fettsyrorna förekommer en dubbelbindning mellan två av kolatomerna och i den fleromättade förekommer flera dubbelbindningar. Det är förekomsten av dubbelbindningar som avgör om ett fett är fast eller flytande i rumstemperatur. (Bergqvist, 2017)

En fettmolekyl kan spjälkas ner i mindre molekyler, fria fettsyror. Dessa är mindre och därmed flyktigare vilket gör dem lättare att antända.

När en olja når sin rykpunkt börjar den producera synliga gaser på grund av att oljan börjar brytas ner. Vid denna temperatur bildas också illaluktande akrolein (Tang, o.a., 2011).

2.4 Den farliga röken

All förbränning producerar en mängd restprodukter som resultat, vilket ger till följd en rökproduktion från brandhärden. Även en torrkokning som inte leder till antändning kan producera mycket stora mängder rök. Hur farlig röken är för de som befinner sig i rummet/lägenheten beror på en mängd olika faktorer så som vad för mat som glömts på spisen, temperatur, hur stort utrymmet är, tillgången på syre, ventilation samt personen/personernas fysiska status.

Den rök som bildas från en torrkokning består av två komponenter, den första är de sönderdelnings- och reaktionsprodukter som bildas vid förbränningen, och den andra komponenten är en stor mängd luft som blandas upp tillsammans med de andra produkterna.

Genom att titta på innehållet i maten så går det till viss del att förutse vilka förbränningsprodukter som kommer bildas. Kolhydrater och fett är som tidigare beskrivet uppbyggt av atomerna kol, väte och syre. Mat innehåller generellt också mycket vatten. Detta resulterar i en mängd restprodukter, till exempel CO, CO₂ och H₂O. Proteiner innehåller utöver dessa tre ämnen kväve, men kan också innehålla svavel och fosfor. Detta innebär att det även kan bildas giftiga gaser såsom cyanväte (HCN), kväveoxider (NO_x) samt ammoniak (NH₃). (Bengtsson, 2001)

Reaktionsprodukterna kan delas in i kvävande och irriterande gaser. De kvävande gaserna förhindrar hemoglobinet förmåga att ta upp eller att leverera en tillräcklig mängd syre till kroppens vävnader. Detta resulterar i syrebrist vilket kan leda till medvetslöshet samt i höga doser till döden. Till de kvävande gaserna räknas kolmonoxid CO, koldioxid (CO₂) samt vätecyanid (HCN). Även en alltför låg halt av syrgas (O₂) kan leda till syrebrist och kvävning hos människor, dock är det sällan som halten O₂ i ett brandrum blir skadligt låg innan koncentrationen av andra giftiga gaser, till exempel CO, har uppnått dödliga nivåer. (Ingason et al., 2015)

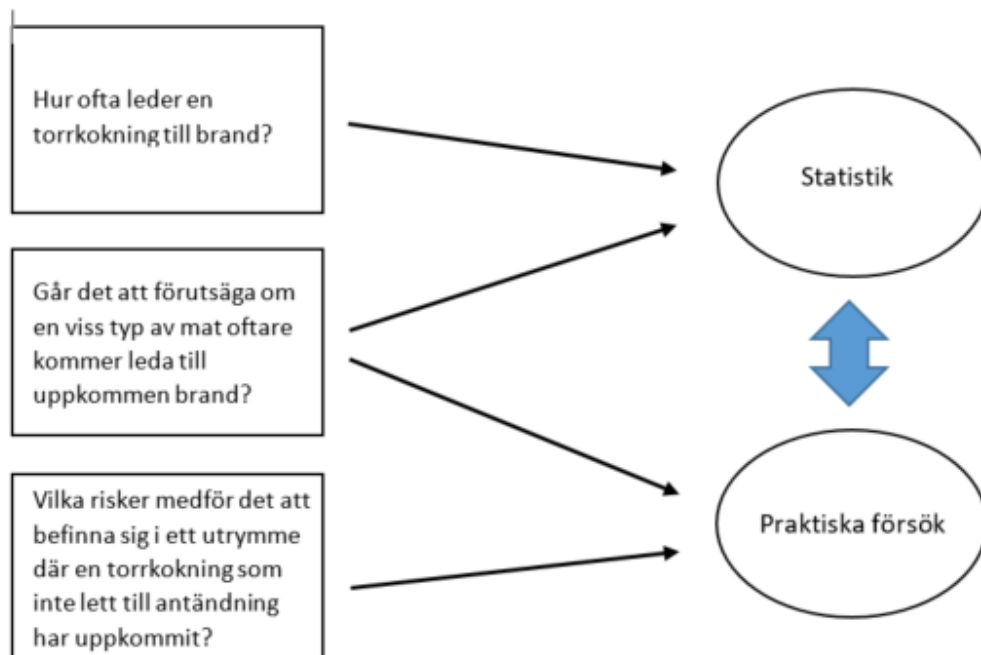
De irriterande gaserna påverkar kroppens slemhinnor, i första hand ögonen och de övre andningsorganen, men även lungorna. Ämnenas frätande egenskaper gör att smärta uppstår i ögonen, näsan och bröstet vilket gör det svårt för personen att utrymma. De irriterande gaserna kan leda till inflammation och lungödem som kan leda till döden flera timmar eller dagar efter exponeringen. Exempel på irriterande gaser är kvävedioxid (NO₂), svaveldioxid (SO₂) och akrolein (C₃H₄O). (Ingason et al., 2015)

Utöver koldioxid och vatten är kolmonoxid (CO) den vanligast förekommande gasen i brandgaserna, och det är oftast den som är den primära dödsorsaken hos personer som omkommer i bränder. CO är en lurig gas på så sätt att den är färg- och luktlös. CO är en kvävande gas och förhindrar att syre når ut till kroppens vävnader, samt binder till hemoglobinet i blodet mer än 200 gånger lättare än syret varpå det bildas COHb. Syret kommer således konkurreras ut av kolmonoxiden, vilket initialt leder till huvudvärk, trötthet och illamående. Höga doser av CO, som bildas vid bränder, leder till medvetslöshet och dödsfall (DeHaan & Icove, 2012).

Enligt "Kirk's Fire Investigation" (DeHaan & Icove, 2012) ligger de kritiska nivåerna av CO i luften på cirka 0,05 % vilket motsvarar 500 ppm. Denna nivå kan en människa klara i ett par timmar innan tillståndet för personen kommer bli kritiskt. Vid en brand kan man dock räkna med att nivåerna kommer överstiga dessa värden. En halt CO i blodet över 50 % brukar räknas som dödlig för personer, men beror givetvis på personens ålder och kondition (DeHaan & Icove, 2012). En nivå på 30 % COHb i blodet orsakar förvirring och kollaps hos vissa vuxna personer. Detta innebär att det vid dessa nivåer blir svårt för personen att utrymma själv. Om man vid ett brandförlopp tänker sig en rimlig utrymningstid på 5–10 minuter innebär det att man inte bör utsättas för en dos högre än 2000 ppm för att klara av utrymningen på egen hand (DeHaan & Icove, 2012). 2000 ppm är även det gränsvärde som används vid analytiska dimensioneringar enligt Boverkets byggregler BBRAD (Boverket, 2013). Det ska dock påpekas att 2000 ppm är en mycket hög koncentration att utsättas för. Befinner man sig i denna miljö i 30 minuter når halten CO i blodet en nivå på 60–70 % vilket för de flesta människor leder till kramper, minskad hjärtaktivitet och död som följd (DeHaan & Icove, 2012).

3 Metod

För att besvara rapportens tre frågeställningar har i huvudsak två olika metoder använts, se Figur 1.



Figur 1 En schematisk bild över hur arbetets tre frågeställningar har besvarats, genom granskning av statistik eller genom praktiska försök.

Frågan hur ofta en torrkokning leder till brand har i huvudsak besvarats genom insamling, bearbetning och analys av statistiska data. Färdigt statistiskt underlag från National Fire Protection Association (NFPA) i USA och Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) har studerats. Därutöver har nytt underlag som bygger på information från Räddningstjänsten Syds insatsrapporter tagits fram.

Från Räddningstjänsten Syds insatsrapporter samlades information in om vilken typ av mat som varit inblandad i olyckorna, och det är denna information som skapade hypoteser och gav information om vilken typ av mat som skulle ingå i de praktiska försöken. Från de praktiska försöken har förutom uppgifter om antändning av olika livsmedel även röken studerats, vilket ledde fram till den tredje frågeställningen om vilka risker det innebär att befinna sig i ett utrymme där en torrkokning har uppkommit.

4 Statistik

Att analysera de olyckor som har inträffat kan ge stora kunskaper om vilka riskerna med torrkokningar är. I följande kapitel studeras dels den tillgängliga statistik som finns från National Fire Protection Association i USA samt från svenska MSB. Därutöver har ett stort antal insatsrapporter från Räddningstjänsten Syd studerats.

4.1 Internationell statistik

Amerikanska National Fire Protection Association (NFPA) har tagit fram en rapport där de undersöker spisrelaterade bränder i USA mellan åren 2010 och 2014. Denna visar bland annat att spisbränderna når sina högsta nivåer i samband med Thanksgiving, följt av juldagen och julafton. De har även undersökt anledningen till att spisbränder uppstår, vilket redovisas i Tabell 2.

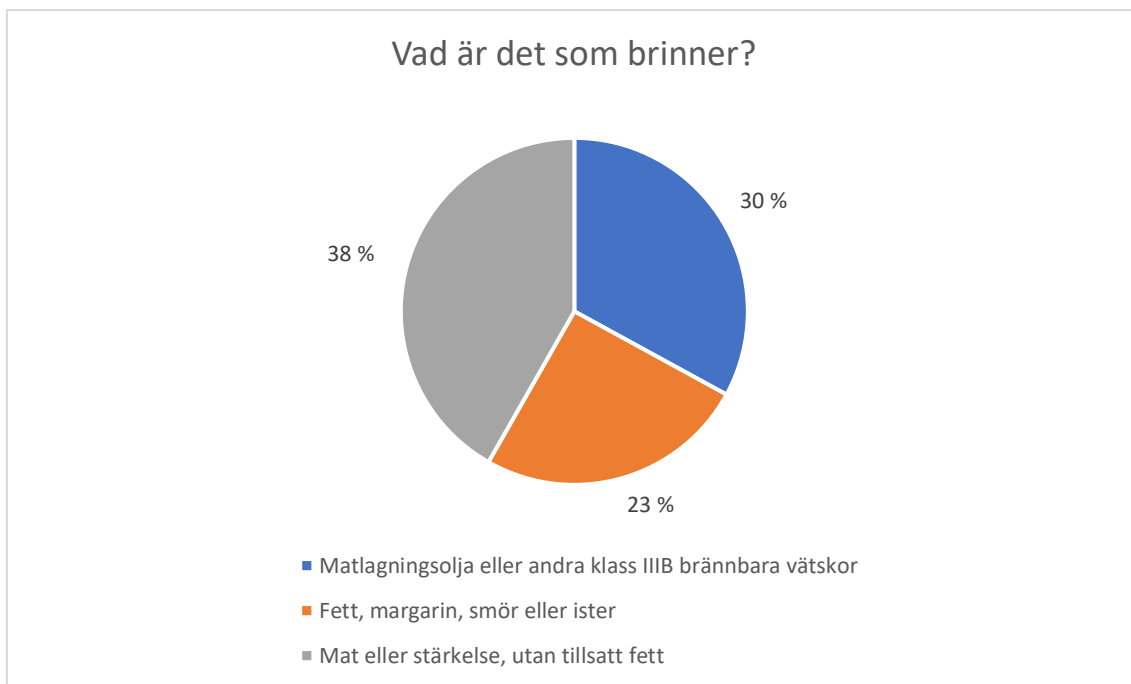
Tabell 2 Orsaken till uppkommen brand i köksmiljö i USA. Undersökningen är gjord av National Fire Protection Association (Ahrens, 2016).

Glömd spis	33 %
Lämnat bostaden	11 %
Brännbart material för nära spisen	10 %
Fel användning/okunskap	8 %
Oavsiktligt påsatt eller ej avstängd spis	8 %
Okänt	7 %
Dålig städning	6 %

Även om kvinnor generellt spenderar mer tid i köket, så är det fler män som omkommer i samband med spisbränder. Den mest utsatta gruppen är äldre personer 75–84 år som löpte 2,3 gånger högre risk att dö än medelpopulationen, samt gruppen 85 år och äldre som löpte hela 6,5 gånger större risk att dö. (Ahrens, 2016)

Det finns ett stort mörkertal vad gäller torrkokningar. Många torrkokningar som inte leder till brand rapporteras aldrig till räddningstjänsten, utan de boende ventilerar själva ut röken eller släcker eventuell uppkommen brand. En annan statistisk undersökning i USA visar att det varje år i var 23:e bostad inträffar ett tillbud som inte kräver framkörning av räddningstjänst. Detta innebär 4,7 miljoner tillbud per år i USA. Räddningstjänsten larmades bara till 1 av 50 spisrelaterade tillbud. (Greene & Andres, 2009)

Vid noggrannare undersökningar visade det sig att det som oftast antändes i kastrull/stekjärn var olika typer av fett, medan 38 % var annan mat, se Figur 2. I statistiken förekommer incidenter både som har antänt samt där bara rökutveckling inträffat. 63 % av spisbränderna uppstod vid fritering och 18 % vid kokning. Gasspisar var inblandade i färre bränder än elektriska spisar. I USA har ca 40 % av befolkningen gasspisar och 60 % har elektriska spisar. (Ahrens, 2016)



Figur 2 Diagrammet visar fördelningen över den typ av mat som leder till uppkomna bränder i USA. I en stor del av incidenterna är någon typ av fett inblandad.

79 % av bränderna spred sig inte från startföremålet.

Även Storbritanniens regering har sammanställt statistik från bostadsbränder. I rapporten *”Detailed analysis of fires attended by fire and rescue services, England, April 2016 to March 2017”* kan läsas att bostadsbränderna i Storbritannien faktiskt har sjunkit med 14% mellan åren 2010/11 och 2016/17, och den största delen av detta beror på en minskning av bränder som har spisen som sitt startföremål. Men fortfarande så startar 50 % av bostadsbränderna i köket. Vidare kan man läsa att även om spisen står för flest uppkomna bränder, så är det till exempel fyra gånger fler som dör av bränder som startar på grund av cigaretter. Spisrelaterade bränder verkar således ha en lägre dödlighet än andra typer av bostadsbränder (Government, 2017).

4.2 Nationell statistik

Statistik från svenska räddningstjänstinsatser har tagits fram från MSB’s statistikdatabas IDA (MSB, 2017). I denna databas sammanställs statistik från hela landets räddningstjänster.

Totalt åkte räddningstjänsten under 2015 på ca 9400 larm om brand i byggnad. Av dessa var 57 % till bostäder. Spisen är det klart dominerande startföremålet för uppkommen brand med sina 17,8 %, följt av rökkanal 6 % och byggnadens utsida 5,1 %.

De två dominerande bostadstyperna är flerbostadshus (29,4 %) och villor (22,3 %). Endast ett fåtal procent av larmen går till rad/par/kedjehus eller fritidshus. De vanligaste brandorsakerna skiljer sig dock åt beroende på bostadstyp, och det är främst i flerbostadshus som spisbränder leder till insatser. I Tabell 3 ses hur orsaken till bränder skiljer sig åt mellan lägenhet och småhus.

Tabell 3 Fördelning över orsakerna till uppkommen brand. Statistiken är uppdelad mellan lägenhet och småhus. Siffrorna kommer från MSB's statistikdatabas IDA.

Lägenhet	% av antalet insatser	Småhus	% av antalet insatser
Glömd spis	32	Soteld	31
Okänd	18	Okänd	19
Anlagd med uppsåt	13	Tekniskt fel	12
Annan	10	Värmeöverföring	9
Tekniskt fel	7	Annan	9
Rökning	7	Glömd spis	5
Levande ljus	4	Anlagd med uppsåt	3
Värmeöverföring	3	Gnistor	3
Självantändning	1	Levande ljus	2
Barns lek med eld	1	Blixtnedslag	2

Vid räddningstjänstens framkomst visar det sig att vid 37,3 % av larmen har branden självslocknat eller blivit släckt. I 42,6 % av fallen så är det fortfarande brand som bekämpas av räddningstjänsten, antingen bara i startföremålet eller som har spridit sig vidare. Vid återstående 20,2 % av larmet har ingen brand startat utan det har enbart förelegat rökutveckling. (MSB, 2017)

Vid undersökningar som Brandskyddsföreningen genomfört så framkom att riskerna med spisbränder är klart underskattad hos den svenska befolkningen. Studien genomfördes i december 2016 av Sifo som lät personer svara på vad de trodde var den vanligaste brandorsaken i hemmet. 74 % svarade att de trodde det berodde på glömda ljus, trots att det är sju gånger så ovanligt som glömda spisar. (Brandskyddsföreningen, 2016)

4.3 Lokal statistik

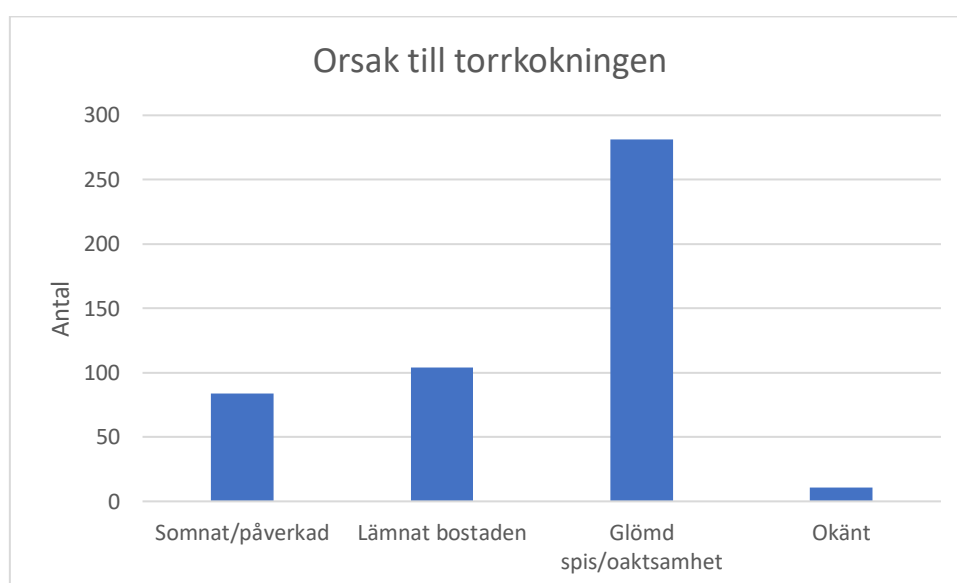
För att besvara mer djupgående frågor så har insatsrapporter från Räddningstjänsten Syd från 2014-01-01 fram till 2017-06-30 analyserats. Insatserna finns registrerade i datorverktyget Core insatsrapport. Totalt under åren 2014–2016 samt första halvåret på 2017 åkte Räddningstjänsten Syd på 480 insatser som startat i en kastrull eller stekjärn kvarglömt på spis. Vissa av dessa registreras som brand i byggnad och vissa registreras som förmodad brand. De parametrar som har plockats fram från insatsrapporterna är orsak, om antändning har skett samt vilken typ av mat som varit inblandad. En sammanställning ses i Tabell 4.

Tabell 4 Sammanställning av inhämtade data från Core Insatsrapport uppdelad per år. Insatserna beskriver antal torrkokningar som skett inom Räddningstjänsten Syds upptagsområde mellan åren 2014–2017.

	År			
	2017 (jan-juni)	2016	2015	2014
Antal insatser	70	138	132	140
Antal insatser där antändning skett	27 (39%)	45 (33 %)	42 (32 %)	45 (32 %)
Antal insatser där ingen antändning skett, endast rökutveckling	43	93	90	95
Antal insatser med preciserad mat	35	59	46	44

Orsaken till att torrkokningen inträffat har delats upp i fyra olika kategorier, se Figur 3. De olika kategorierna är somnat/påverkad, lämnat bostaden, glömd spis/oaktsamhet samt okänd anledning. I de fall då den boende har lämnat bostaden har det ofta blivit nödvändigt för räddningstjänsten att bryta upp dörr eller fönster, alternativt få hjälp att öppna av en granne med nyckel. Ytterligare ett alternativ som förekommit är att bevaka spisen genom ett fönster tills bostadsinnehavaren kommer hem med nyckel.

I kategorin glömd spis/oaktsamhet finns de som befinner sig i bostaden då incidenten sker. Det kan dels handla om oaktsamhet, till exempel att man befinner sig i köket och värmer upp olja lite för snabbt som sedan antänds, men det kan också handla om att man lämnar/glömmet kastrullen obehövligt för att till exempel gå på toaletten eller titta på TV. Sannolikt så är det en hel del av personerna i denna kategori som egentligen hör hemma under kategorin ”somnia”, men man har vaknat i tid och det framkommer inte att man egentligen sov när incidenten inträffade.



Figur 3 Orsaken till uppkommen torrkokning. Statistiken bygger på totalt 480 granskade insatsrapporter från Räddningstjänsten Syd mellan åren 2014–2017.

I Tabell 5 sammanställs vilken mat som varit inblandad i insatserna. Av de insatser som gått till antändning/brand är oftast insatsrapporterna mer detaljerat ifyllda och innebär att det i dessa fall finns ett större underlag på vilken typ av mat som varit inblandad.

Tabell 5 Sammanställning över den mat som har varit inblandad i torrkokningen fördelat på de insatser där en antändning har skett respektive där antändning inte skett. Statistiken bygger på 480 insatsrapporter från Räddningstjänsten Syd mellan åren 2014–2017.

Antändning		Ej antändning	
Mat	Antal	Mat	Antal
Olja	90	Ägg	12
Smör	6	Pasta	9
Wok	1	Nappflaska	7
Popcorn	1	Kött	7
Kaffe	1	Korv	6
Nappflaska	1	Olja	6
Korv	1	Kyckling	5
Lök	1	Ris	4
Okänt	57	Köttbullar	2
		Böner	2
		Popcorn	2
		Mjök	2
		Kikärtor	2
		Potatis	2
		Soppa	2
		Pommes	1
		Mjök	1
		Bacon	1
		Kaffe	1
		Gröt	1
		Smör	1
		Socket	1
		Vegetariska bitar	1
		Köttfärs	1
		Lax	1
		Fiskpinnar	1
Katrinplommon	1		
Okänt	213		

Av de insatser som gått till antändning så dominerar olja stort med 90 insatser. Smör står för 6 insatser, medan några andra livsmedel finns representerade i enstaka fall. Reservation ska dock ges då det ibland kan vara lite svårt att tyda ur insatsrapporterna om torrkokningen verkligen har lett till antändning eller inte.

Bland de insatser som endast orsakat rökutveckling finns ett sämre underlag och en mycket större spridning på de livsmedel som varit inblandade går att observera. De vanligaste produkterna att torrkoka är ägg följt av pasta, nappflaskor och kött. Gemensamt för ägg, pasta och nappflaskor är att de är produkter som har en bestämd koktid och som inte behöver någon passning eller åverkan under koktiden, till exempel kryddning eller omrörning, och som därför i större grad antas bli lämnade obevakade.

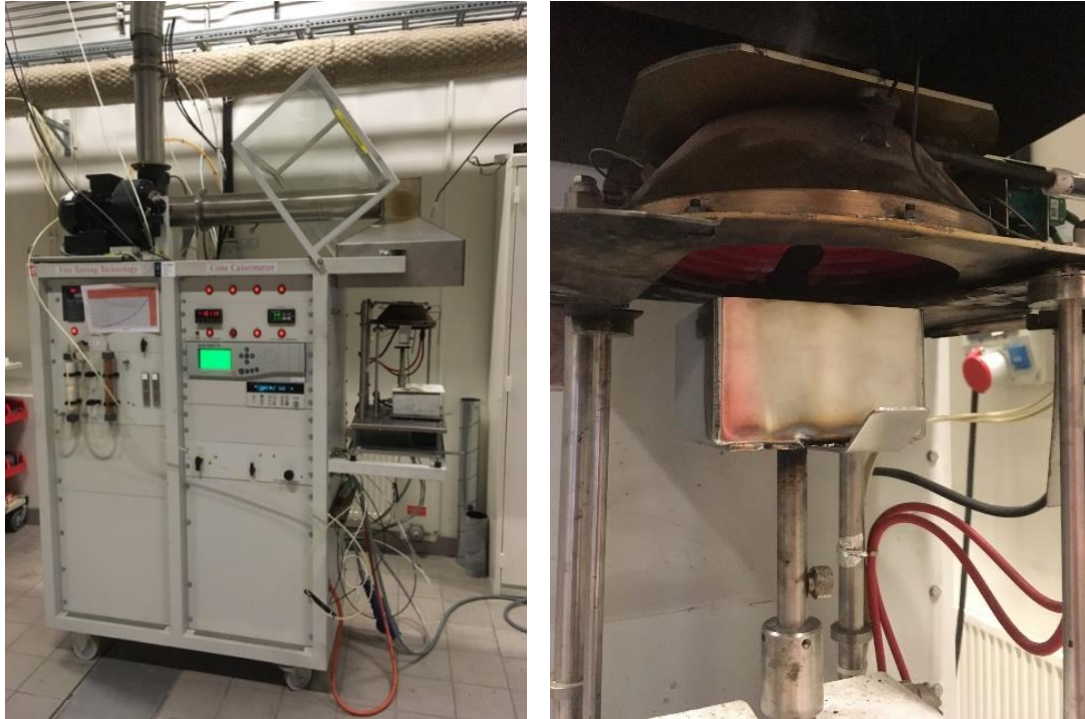
Vid genomgång av insatsrapporter syns en klar trend att det i merparten av insatserna är någon annan än den boende som larmar in om branden. Den vanligaste "upptäckaren" är en granne som hör en brandvarnare ljuda, vilket förklarar att spisrelaterade tillbud oftast sker i flerfamiljslägenheter där grannen bor nära och har möjlighet att höra brandvarnaren. Och det gäller framförallt de tillbud där ingen antändning har skett. I de fall där antändning sker är det istället oftare den boende som larmar räddningstjänsten. Detta stödjer också att det är en stor andel tillbud som inte kommer till kännedom för räddningstjänsten utan åtgärdas av den boende själv. Tendensen är att få larmar om ett tillbud i sin egen lägenhet, medan grannar är väldigt frikostiga att larma då de misstänker brand i en grannlägenhet. Den ökning som har skett de sista årtiondena i antal torrkokningslarm skulle kunna bero på den ökade förekomsten av brandvarnare, vilket gör att incidenten uppmärksammas även av andra än den boende.

5 Experiment

I följande kapitel presenteras först försöksuppställningen för experimenten, därefter presenteras resultaten från konkalorimetern följt av resultaten från kokplattan.

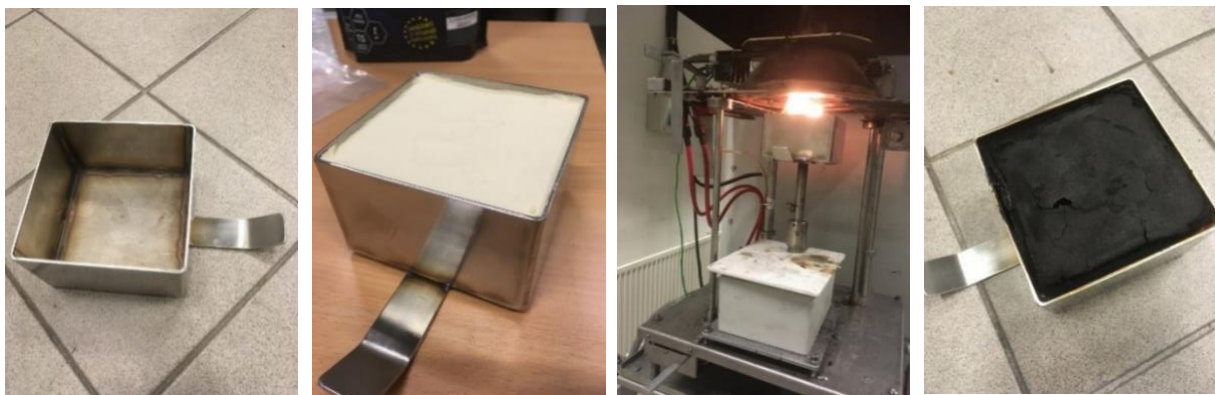
5.1 Försöksuppställning

Första delen av experimenten genomfördes i konkalorimetern på brandlaboratoriet vid Fysiska Intuitionen, Lunds Tekniska Högskola, se Figur 4.



Figur 4 Den konkalorimetern som användes vid försöken. Proven preparerades och placerades under huvan i högerkant i första bilden. En pyrometer mätte temperaturen på provets yta genom ett litet hål i huvan. Alla mätvärden loggades på dator. Till höger ses en detaljerad bild på huvan och provbehållaren.

I Figur 5 ses den behållare som användes vid testerna. Behållaren hade en bottenarea på 100 cm^2 . Provets tjocklek var 15 millimeter vilket innebär att det från toppen på provet var 6 millimeter upp till provbehållarens kant.



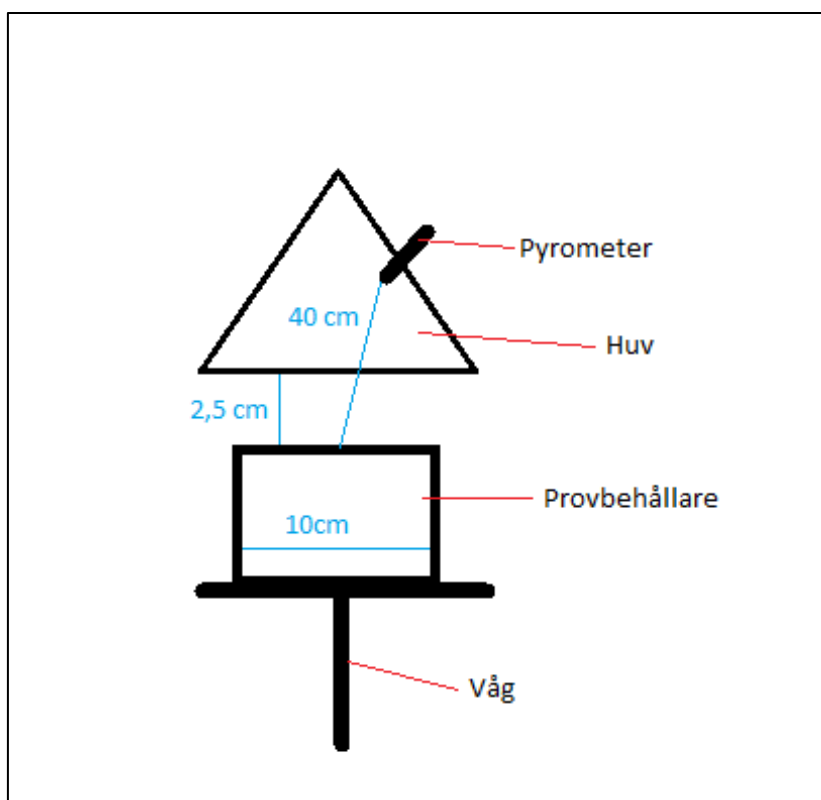
Figur 5 I den första bilden ses den provbehållare som användes under samtliga tester. Sedan följer figurer på behållaren preparerad med proteinpulver, i antändningsögonblicket samt slutligen efter genomfört försök.

Inledningsvis användes livsmedel som är ganska renodlade i näringsinnehåll, det vill säga ett prov med kolhydrater, ett med fett och ett med proteiner. Då tidigare försök visar att socker i kombination med smör kan leda till antändning så har kolhydraterna dessutom delats upp i både stärkelse och socker (Adolfson, 2016). För att få så jämförbara test som möjligt används livsmedel i pulverform vilket innebär att ett mycket högt innehåll av de olika näringsämnena kan uppnås och de skillnader som uppstår på grund av geometri behöver inte beaktas. I Figur 6 ses vilka livsmedel som använts vid försöken. Se bilaga A för detaljerad innehållsförteckning för de olika livsmedlen.



Figur 6 Följande livsmedel användes vid testerna i konkalorimetern: Whey proteinpulver (protein), Potatismjöl (kolhydrat - stärkelse), Florsocker (kolhydrat - socker), Smörpulver (fett).

Tid till antändning samt temperaturen på livsmedlens yta mättes med hjälp av tidtagarur och en pyrometer. En pyrometer är en form av termometer som mäter temperaturen på ytan på ett föremål med hjälp av infraröd strålning. Beröring av materialet behövs således inte för att bestämma temperaturen. Pyrometern monterades i ett uppborrat hål i huven vilket innebar ett avstånd på 40 centimeter mellan lins och mätpunkt. I Figur 7 ses en detaljerad bild av försöksuppställningen.



Figur 7 Försöksupställning över testerna i konkalorimetern i brandlaboratoriet vid Fysiska Institutionen.

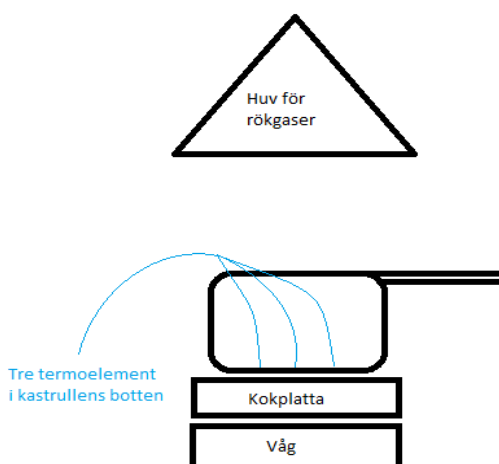
Testerna började med en infallande strålningsnivå på 25 kW/m². Denna strålningsnivå ändrades sedan utifrån provets beskaffenhet att nå antändning. För smörpulver och florsocker genomfördes de flesta tester på 25–30 kW/m² medans strålningsnivån fick höjas till 30–35 kW/m² för proteinpulver och potatismjöl. En begränsning för hur hög strålningsnivån kunde höjas var att pyrometern inte fick utsättas för en alltför hög temperatur. Ingen pilotlåga användes vid testerna.

Efter att livsmedlet testats i konkalorimetern så genomfördes tester i kastrull på kokplatta. Dessa tester genomfördes på brandlaboratoriet i V-huset, LTH. Kastrullen som användes vid testerna specificeras i Tabell 6.

Tabell 6 Data för den kastrull som användes vid de praktiska testerna på kokplatta i brandlaboratoriet.

Kastrullen specifikation	
Bottendiameter	160 mm
Höjd	80 mm
Bottentjocklek	2,5 mm
Provets tjocklek	9-12 mm
Material	Rostfritt stål

Kastrullen fylldes upp med ungefär en centimeter pulver och tre termoelement registrerade temperaturen i kastrullens botten. Pyrometern monterades i ett stativ och mätte ytans temperatur från ett avstånd av cirka 40 centimeter. En våg placerad under kokplattan noterade massförlusten i materialet. Plattan vreds därefter upp på full effekt, vilket innebar 2000 Watt. I 8 ses försöksupställningen.



Figur 8 Försöksupställningen på kokplatta. En kokplatta står uppställd på en våg och i botten på kastrullen sitter tre termoelement fasttejpade. Pyrometern är uppställd med hjälp av ett stativ och mäter temperaturen på livsmedlets yta.

Till att börja med testades samma livsmedel som i konkalorimetern, alltså proteinpulver, smörpulver, potatismjöl och florsocker. Därefter genomfördes undersökningar på mer "riktig" mat i form av ris, potatis och falukorv för att se hur den betedde sig jämfört med näringsämnena i pulverform. Ris och potatis användes i kokt form medan falukorven upphettades rå utan tillsats av fett.

5.2 Resultat – Antändning

5.2.1 Konkalorimetern

I följande kapitel redovisas testresultaten från antändningsexperimenten i konkalorimetern. Antändningstemperaturen för de olika ämnena smörpulver, proteinpulver, florsocker och potatismjöl har tagits fram och presenteras i varsitt avsnitt.

5.2.1.1 Proteinpulver

Totalt genomfördes 7 tester med proteinpulver på olika strålningsintensiteter. Resultatet sammanfattas i Tabell 7.

Tabell 7 Resultat från försöken med proteinpulver. Antändningstemperaturen ligger mellan 510–530 °C.

Test (nummer)	Strålning (kW/m ²)	Tid till antändning (min: sek)	Uppnådd temperatur vid antändning (°C)	Uppnådd temperatur vid avbrutet försök (°C)
1	15	Ingen antändning inträffade	-	420
3	25	Ingen antändning inträffade	-	470
2	30	3:27	510	-
4	30	4:28	510	-
5	30	Ingen antändning inträffade	-	505
6	35	0:46	530	-
7	35	0:44	520	-

Som synes i tabellen så hamnade antändningstemperaturen på proteinpulver mellan 510–530°C. Det krävdes en relativt hög strålningsintensitet ($\geq 30 \text{ kW/m}^2$) för att uppnå dessa temperaturer. Tiden till antändning vid de lägre strålningsintensiteterna varierade betydligt medan temperaturen var repeterbar och lika mellan olika strålningar. Provet hade efter genomfört test bildat en hård, svart skorpa med lite sprickor i, men ingen expansion av materialet skedde. Vid provningen uppstod en mycket kraftig odör, som efter en dags laborerande ledde till kraftig huvudvärk hos författaren.

5.2.1.2 Smörpulver

Fem tester med smörpulver som bränsle genomfördes, resultaten presenteras i Tabell 8.

Tabell 8 Resultat från försöken med smörpulver. Samtliga fem tester ledde till antändning, vilket inträffade vid en yttemperatur på 370–415 °C.

Test (nummer)	Strålning (kW/m ²)	Tid till antändning (min: sek)	Uppnådd temperatur vid antändning (°C)	Uppnådd temperatur vid avbrutet försök (°C)
12	25	3:35	410	-
23	25	4:03	415	-
14	30	0:55	380	-
20	30	0:58	370	-
13	30	1:05	410	-

Smörpulvret antändes snabbare och vid en lägre strålningsintensitet än proteinpulvret. Antändningstemperaturen landade på 370–415 °C, den lägre vid 30 kW/m² strålning och lite högre temperatur vid den lägre strålningen 25 kW/m². Det upplevdes som att smörpulvret hade en högre rökproduktion än de andra livsmedlen, vilket gjorde att det var ganska svårt att se hur ytan på materialet betedde sig under uppvärmningen. I Figur 9 ses före- och efterbilder på testet med smörpulver.



Figur 9 Smörpulver innan och efter genomfört test. Antändning skedde relativt snabbt och ytan blev mitt i mellan hård och porös.

Smörpulvret bildade en yta som var lite mitt emellan hård och porös, och materialet krympte i volym under testet. Smörpulvret var lätt att diska ur behållaren med hjälp av diskmedel. En måttlig odör av bränt smör uppstod i labbet.

5.2.1.3 Potatismjöl

Potatismjöl som består till hundra procent av stärkelse var den kolhydrat som testades först. Precis som proteinpulvret så krävdes det en strålningsintensitet på 30 kW/m² innan antändning inträffade, se Tabell 9.

Tabell 9 Resultat från försöken med potatismjöl. Antändning skedde först vid en strålningsintensitet på 30 kW/m² och temperaturen var då 510 °C. Då provet upphettades snabbare så skedde antändningen lite tidigare, ungefär vid 450–460 °C.

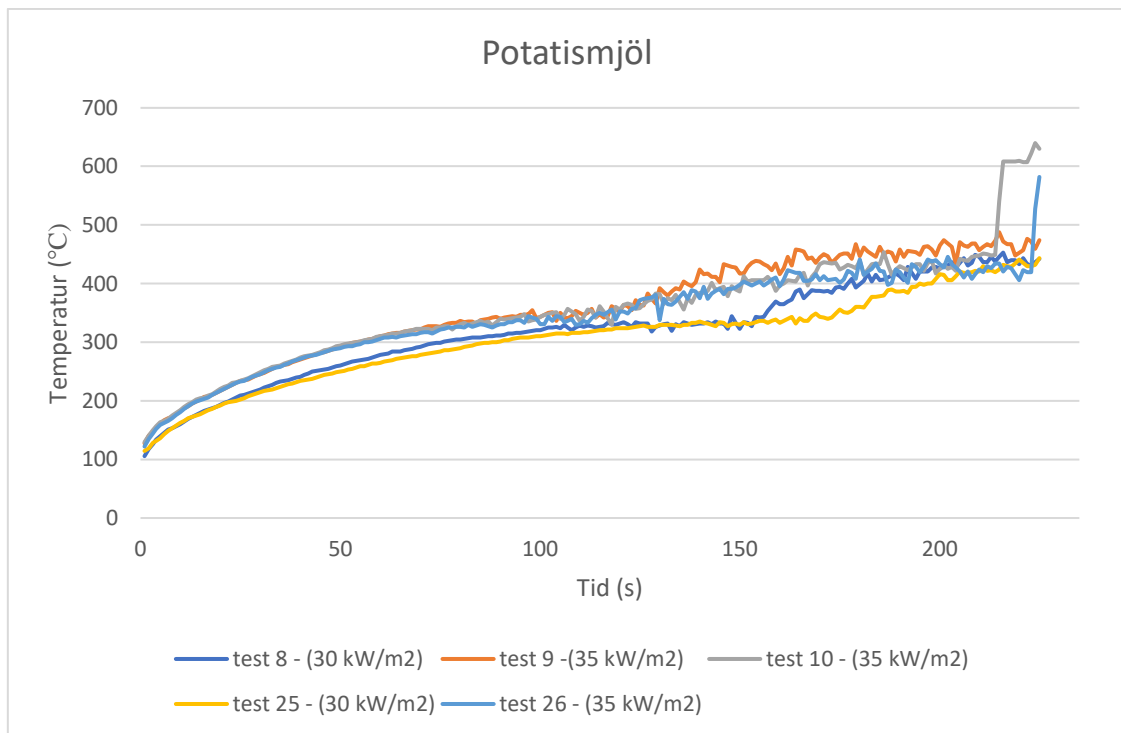
Test (nummer)	Strålning (kW/m ²)	Tid till antändning (min: sek)	Uppnådd temperatur vid antändning (°C)	Uppnådd temperatur vid avbrutet försök (°C)
11	25	Ingen antändning inträffade	-	580
8	30	4:55	510	-
25	30	7:27	510	-
9	35	3:04	510	-
10	35	1:48	460	-
26	35	1:54	450	-

Antändningstemperaturen landade mellan 450–510°C. Vid en lägre strålning när provet värmdes upp långsammare hann det bli varmare än då det värmdes upp snabbt och antändning skedde på en kortare tid. Ytan på provet blev porös och skört, och expanderade upp till en centimeter på höjden, se Figur 10.



Figur 10 Provet med potatismjöl efter genomfört experiment. Provet har expanderat och rest sig cirka en centimeter i behållaren. Ytan är porös och skör.

Uppvärmningen av potatismjölet skedde först långsamt, varpå det efter en stund accelererade lite snabbare, se Figur 11. Detta inträffade för samtliga försök vid en temperatur på 350 °C men för att uppnå denna temperatur tog det olika lång tid beroende på strålningsintensiteten. När sedan provet började resa sig skedde temperaturökningen snabbt fram till antändningsögonblicket.



Figur 11 En temperaturjämförelse från de olika testerna på potatismjöl. Uppvärmningen av materialet skedde först långsamt, men vid 350 °C skedde en acceleration av temperaturen. I detta ögonblicket började provet också expandera.

En förklaring till denna temperaturökning som skedde efter 350°C skulle kunna vara att potatismjölet en bit in i experimentet började expandera, vilket innebär att materialets värmeupptagningsförmåga, kpc sänks kraftigt varpå materialet värms upp snabbare. Potatismjöl innehåller även en betydande mängd vatten som kylvet provet i början av försöket. För att undersöka detta torkades proverna i ugn på 105 °C i 26 timmar. Resultatet visas i Tabell 10.

Tabell 10 Fuktkvot i % av proverna vid torkning i ugn på 105°C i 26 timmar. Den avgångna massan är vatten som avdunstat.

Livsmedel	Fuktkvot (%)
Proteinpulver	4,3
Smörpulver	1,8
Potatismjöl	14,1
Florsocker	0,004

Som synes i tabellen har potatismjölet till skillnad från de andra pulvren minskat kraftigt i massa, vilket innebär att potatismjölet innehåller en betydande mängd vatten. Detta kan förklara temperaturprofilens utseende i Figur 11.

Vid förbränning av potatismjölet uppstod inte alls den odör som upplevdes i samband med framför allt proteinpulvret men även smörpulvret.

5.2.1.4 Florsocker

Florsocker är också en kolhydrat, men till skillnad från potatismjöl är den uppbyggd av endast två sammanbundna sockermonomerer. För antändning krävdes en strålning på 25 kW/m² vilket resulterade i en antändningstemperatur mellan 350–450 °C, se Tabell 11.

Tabell 11 Resultat från försöken med florsocker. Antändningstemperaturen varierar mellan 350–450 °C. En längre tid till antändning medför en högre temperatur på provet vid antändningsögonblicket. Den kraftiga omformationen av ytan kan vara en förklaring till det breda intervallet i antändningstemperaturen.

Test (nummer)	Strålning (kW/m ²)	Tid till antändning (min: sek)	Uppnådd temperatur vid antändning (°C)	Uppnådd temperatur vid avbrutet försök (°C)
21	20	Ingen antändning skedde	-	415
16	25	1:47	410	-
17	25	2:44	450	-
18	25	2:13	450	-
22	25	1:37	360	-
15	30	1:18	370	-
19	30	1:09	370	-
24	30	1:40	350	-

Precis som vid tidigare tester blev antändningstemperaturen lite högre då provet värmdes upp långsammare. Vid uppvärmningen smälte florsockret i provbehållaren och började därefter koka och bubbla. När detta hade inträffat så började också provet expandera i en korvliknande formation, se Figur 12. Denna formation såg lite olika ut i de olika proven och gjorde det svårt för pyrometern att mäta temperaturen på en viss punkt, därav kan det stora intervallet i antändningstemperatur förklaras.

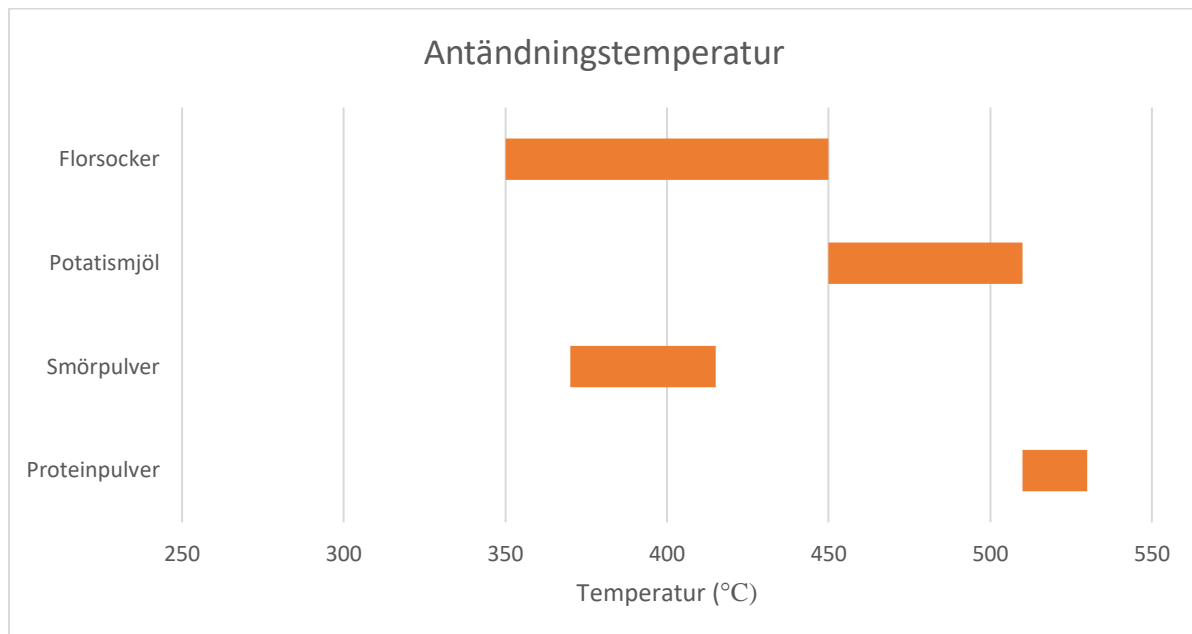


Figur 12 Provet med florsocker efter avslutad uppvärmning i konkalorimetern. Florsockret, som är i pulverform, smälte och började koka varpå en korvliknande formation växte fram innan antändning skedde.

Korven som uppstod var porös och spröd medan det runtom hade bildats en yta med hård, stelнад vätska, ungefär som knäck. Provbehållaren var tämligen svår att diska efter försöken. Ingen obehaglig odör upplevdes vid testerna med florsocker.

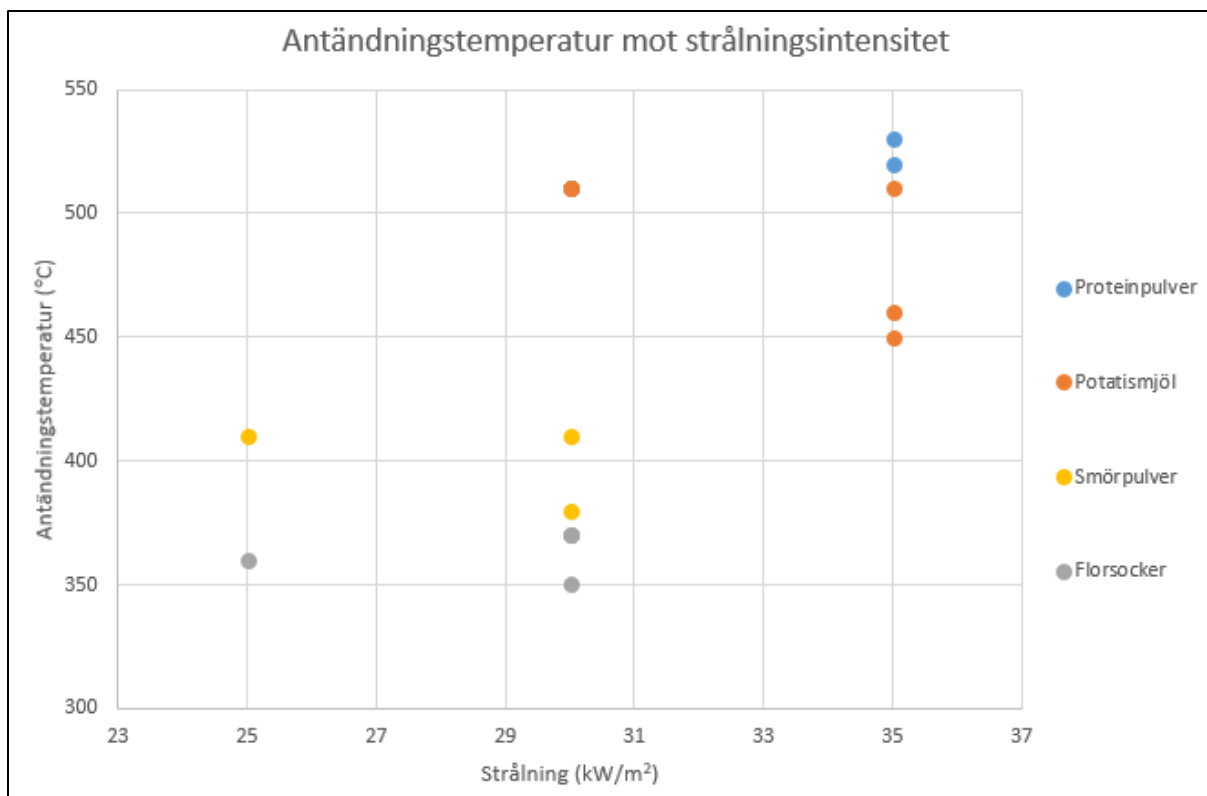
5.2.1.5 Sammanställning av pulver

I Figur 13 **Error! Reference source not found.** ses de olika uppmätta intervallen placerade i samma diagram.



Figur 13 Sammanställning över de olika pulvrens yttemperatur vid antändning mätt med pyrometer. Mellan 5 och 8 tester har genomförts för vardera ämnet. Florsocker visar ett spridningsintervall på nästan 100 grader, medan testerna för proteinpulver uppvisade mycket god repeterbarhet vilket ledde till ett litet spridningsintervall.

Potatismjöl och proteinpulver ligger cirka hundra grader högre än florsocker och smörpulvret. Florsockret ändrade sin form kraftigt under testet, och därför har den också ett större intervall på antändningstemperaturen än de andra ämnena. I Figur 14 har antändningstemperaturerna istället plottats i ett punktdiagram, vilket tydligt visar skillnaden mellan smörpulver/florsocker och proteinpulver/potatismjöl. För samtliga ämnen verkar antändningstemperaturen vara relativt oberoende av strålningen och någon direkt korrelation kan inte utläsas ur diagrammet.



Figur 14 Testresultaten för de olika ämnena som ett samband mellan temperatur och strålning. Testresultaten har presenterats som punkter med olika färg för vart och ett av ämnena.

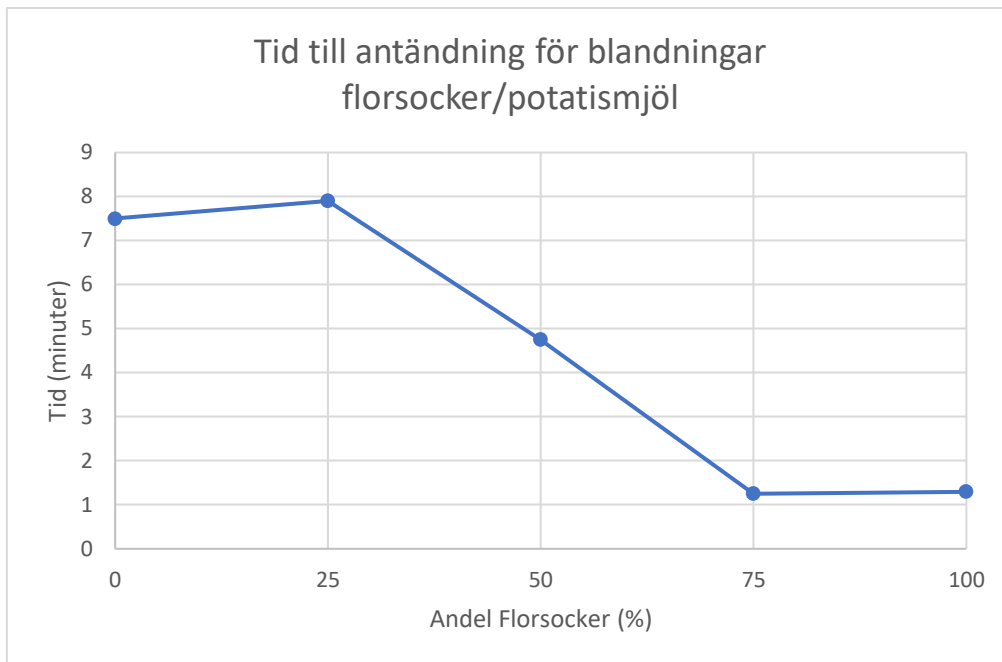
5.2.1.6 Sammansatta pulver

För att testa hur sammansatta näringsämnen beter sig så blandades olika pulver ihop och provades i konkalorimetern. På grund av tidsskäl så testades endast två olika kombinationer, först florsocker/potatismjöl och sedan smörpulver/proteinpulver. Sammansättningarna valdes på detta sätt för att få en produkt med högre antändningstemperatur och en med lägre tillsammans samt eftersom de ofta ses i dessa kombinationer i verklig mat.

Florsocker/Potatismjöl

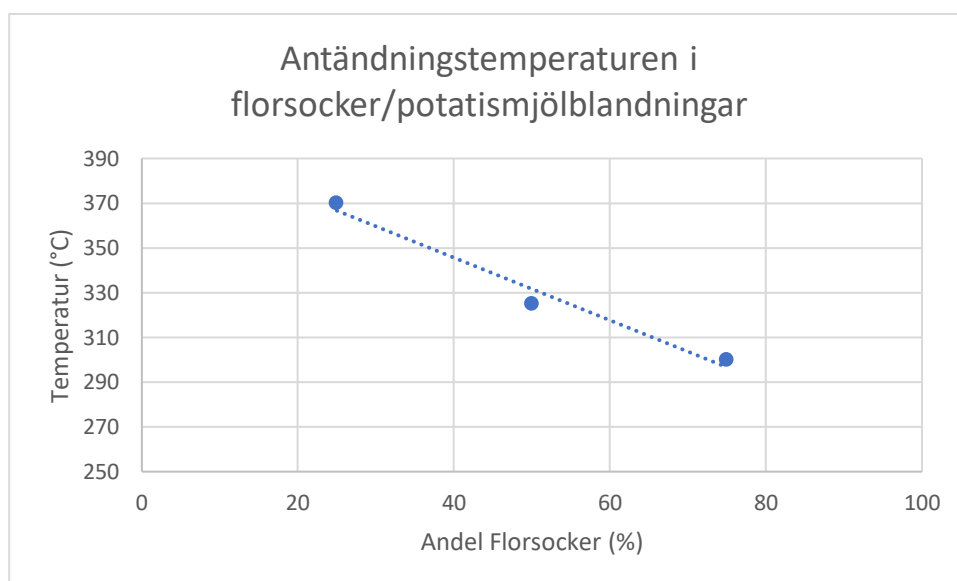
Utöver de tidigare testerna genomfördes tre tester med varierande sammansättning mellan florsocker och potatismjöl. I det första var 25 mass-% av innehållet florsocker och resterande potatismjöl. I de övriga två testerna var förhållandena 50/50 respektive 75/25 mellan de två komponenterna.

Tiden till antändning presenteras i Figur 15:



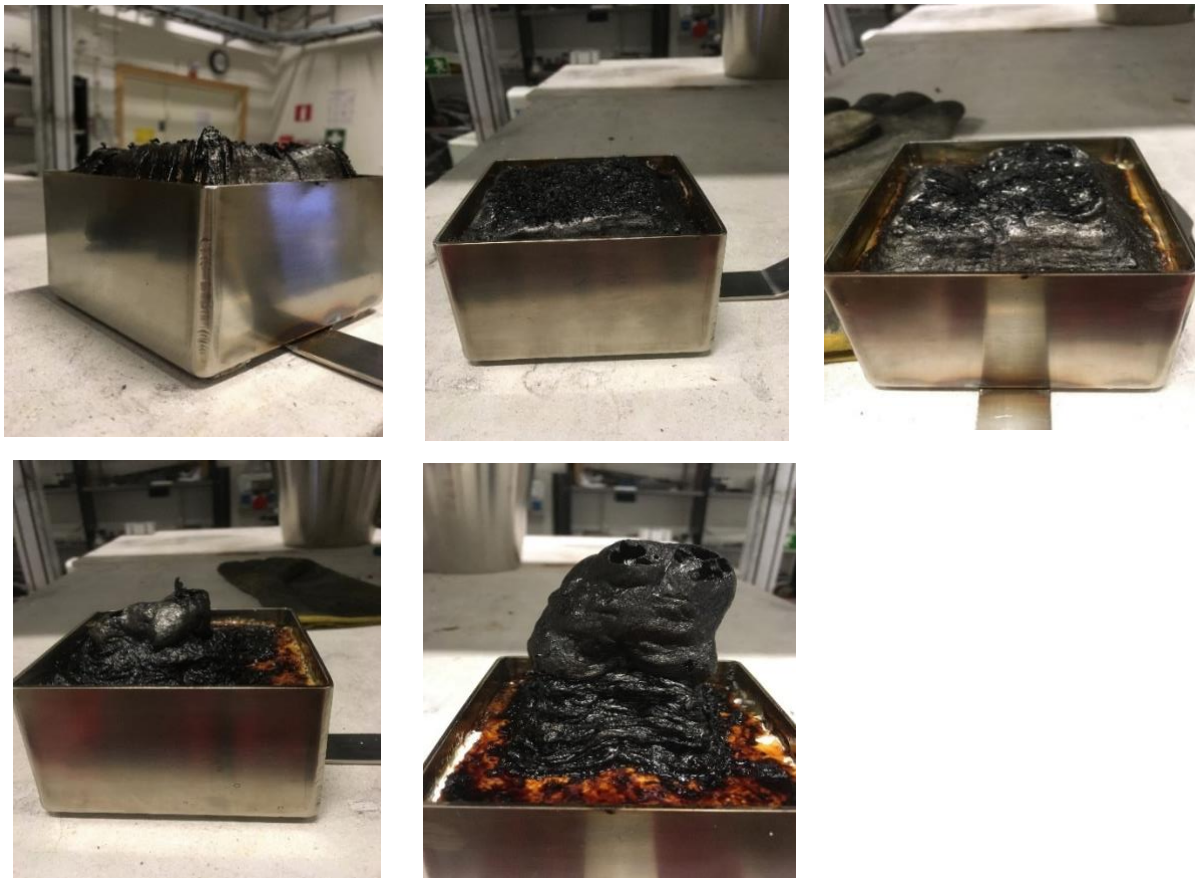
Figur 15 Tiden till antändning för fem olika prover innehållande florsocker och potatismjöl. Ju mer socker som provet innehåller, desto snabbare sker antändning. Första punkten motsvarar ett prov med 100 % potatismjöl

Som figuren visar så sker antändning snabbare desto mer florsocker som provet innehåller. För att få en jämförelse över hela spannet av sammansättningar har även ett prov med enbart florsocker och ett prov med bara potatismjöl tagits med i analysen. Sambandet kan beskrivas med en linjärt avtagande kurva. Även temperaturens sänkning med andelen florsocker visade en linjärt avtagande trend, se Figur 16.



Figur 16 Antändningstemperaturen i tre olika tester med florsocker/potatismjölblandningar. Antändningstemperaturen avtar linjärt med andelen florsocker i provet.

Det var även tydligt hur expansionen av materialet ökade med innehållet av florsocker, se Figur 17 nedan.



Figur 17 En bildserie över tester med florsocker och potatismjöl. Första bilden är 100 % potatismjöl och den sista 100 % florsocker. Däremellan är 25, 50 respektive 75 % florsocker. Det syns tydligt hur den karakteristiska sockerexpansionen ökar desto mer socker som provet innehåller.

Smörpulver/proteinpulver

Den andra sammansättningen av pulver bestod av smörpulver blandat med proteinpulver. Tester genomfördes med 25 %, 50 % respektive 75 % smörpulver. Vid testerna med 25 % och 50 % smör uppstod ingen antändning. Då innehållet var 75 % smör skedde antändning efter 53 sekunder, och temperaturen på provets yta var ungefär 330 °C. Då dessa resultat jämfördes med de från testerna på rena pulver, så kan det tyckas vara en låg temperatur som har uppnåtts. Generellt upplevdes att vid testerna med sammansatta pulver blev de uppmätta temperaturerna lägre vilket troligtvis beror på laborationsutrustningens uppställning. Det var svårt att få pyrometern att mäta på precis samma ytområde som vid de tidigare testerna. Tiden till antändning kan därför ses som en säkrare och mer jämförbar parameter än temperaturen.

Då blandningen av florsocker/potatismjöl visade tydliga resultat och var lätta att jämföra så ger blandningen smörpulver/proteinpulver väldigt svårtolkade resultat eftersom två av proverna inte ledde till antändning alls.

5.2.2 Kokplattan

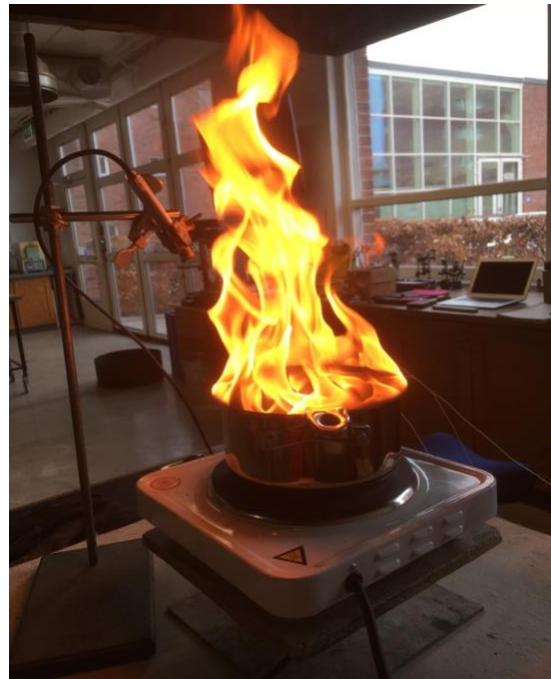
Samtliga pulver som testades i konkalorimetern testades även i en kastrull placerad på platta. Detta för att identifiera hur en uppvärmning av materialet nerifrån skiljer sig mot bestrålning av provet uppifrån. En sammanställning över genomförda test visas i Tabell 12.

Tabell 12 Testresultat från torrkokning av pulver på kokplatta. Smörpulver och potatismjöl antände medan florsocker och proteinpulver inte ledde till någon brand.

Test	Livsmedel	Tid till antändning	Avbrutet prov	Observerad temperatur yta	Observerad temperatur botten
27	Smörpulver	12:47	-	340	440
35	Smörpulver	7:22	-	300	440
28	Florsocker	-	30	220	500
29	Florsocker	-	23	240	510
30	Strösocker	-	32	215	570
31	Potatismjöl	12:20	-	160	540
33	Potatismjöl	10:40	-	85	545
36	Potatismjöl	9:43	-	85	530
32	Proteinpulver	-	23	320	Värde saknas
34	Proteinpulver	-	25	275	500

En del intressanta iakttagelser går att göra utifrån tabellen. Med tanke på resultaten om antändningstemperaturer från konkalorimetern så var antagandet att de näringsämnen med lägre antändningstemperaturer, alltså smörpulver och florsocker, skulle antända. Smörpulvret visade sig brinna bra, men florsockret ledde inte till antändning. Däremot uppstod antändning i potatismjölet, som har en betydligt högre antändningstemperatur. Detta tyder på att livsmedlets struktur och beteende under uppvärmningen har betydelse för om antändning sker eller inte. Termoelement placerades även mellan plattan och kastrullen för att ta reda på hur varm plattan blir. De temperaturer som uppmättes i dessa termoelement nådde upp till cirka 650 °C.

Inget av näringsämnen var nära sina antändningstemperaturer på provets yta, men samtliga ämnen passerade sin antändningstemperatur i kastrullens botten och det var här pyrolysgaserna producerades. I fallet med potatismjöl var det mycket tydligt att antändningen skedde under materialet i kastrullens botten, se Figur 18. Pulvret krympte nämligen ihop vilket gjorde att de avgående pyrolysgaserna ansamlades runt kastrullens kanter där de blev så pass koncentrerade att antändning kunde ske.



Figur 18 Antändning av potatismjöl och smörpulver. Potatismjölet drar ihop sig och pyrolysgaserna koncentreras runt kastrullens kanter. Vid kontakt med luftens syre sker antändning. I mitten ligger kallt, opåverkat pulver kvar. Smörpulvret börjar koka och bubbla i hela materialet vilket resulterar i en kraftig brand över hela kastrullen.

Proteinpulvret bildade en homogen yta vilken inte ändrade form under försöket. Florsockret betedde sig precis som i konkalorimetern och expanderade kraftigt med en svart, lavalik massa som lade sig som en hård skorpa över kastrullen, se Figur 19.



Figur 19 Proteinpulver och florsocker. Inget av materialen ledde till antändning. I bilden till höger kan ses hur florsockret har expanderat kraftigt i kastrullen och är nu bara ett hårt och sprött skal.

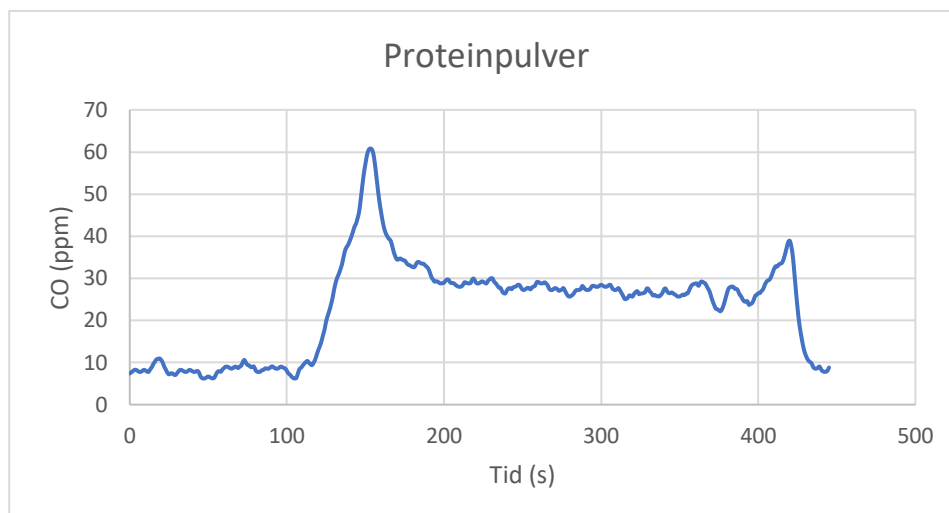
I både proteinpulver- och florsockerfallet var det inte möjligt för syre att komma ned i kastrullens botten och reagera med pyrolysgaserna, och ingen antändning inträffade heller. För att kolla om just florsocker var speciellt svårantändligt så gjordes även ett test med vanligt rörströsocker. Detta betedde sig i princip identiskt med florsockerförsöken och finns redovisat i laborationsprotokollet i bilaga B.

Som komplement till uppvärmningen av pulver genomfördes även tester på ris, potatis och falukorv för att se om den maten betedde sig som förväntat. Ingen av rätterna ledde till antändning, för fullständiga resultat se bilaga F. Detta visar på svårigheterna med att få brand i "riktig mat".

5.3 Resultat – Rökproduktion

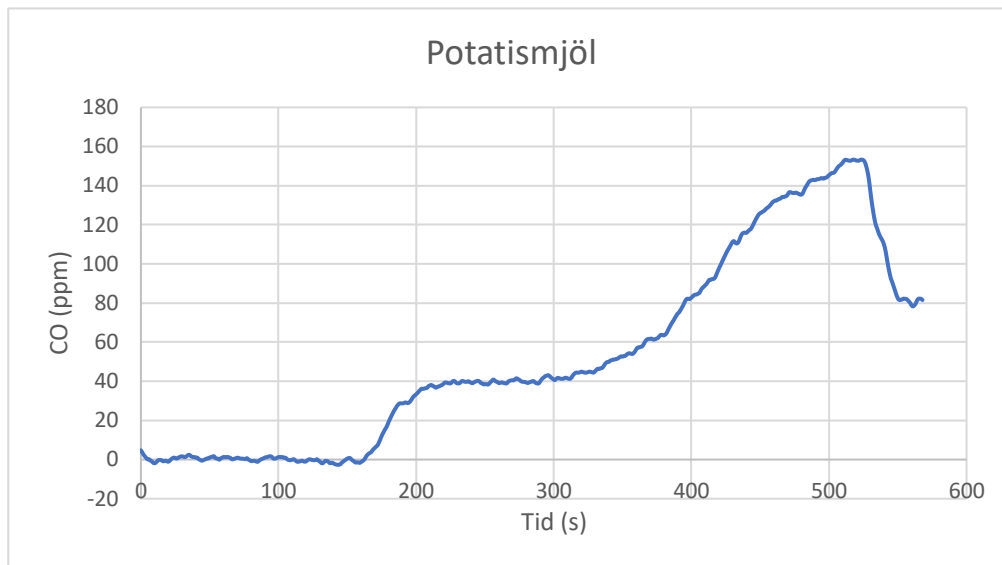
För proverna i konkalorimetern har CO-halten i rökgaserna uppmätts och registrerats. Graferna för de olika testerna skiljer sig åt beroende på om provet gått till antändning eller inte samt hur snabbt det har värmts upp. Nedan redovisas en graf från varje näringsämne där halten CO har plottats mot tiden. Ett representativt test för varje näringsämne har valts ut, för fullständiga grafer från alla tester se Bilaga D.

Den första grafen illustrerar andelen CO i rökgaserna från ett test med proteinpulver, se Figur 20.



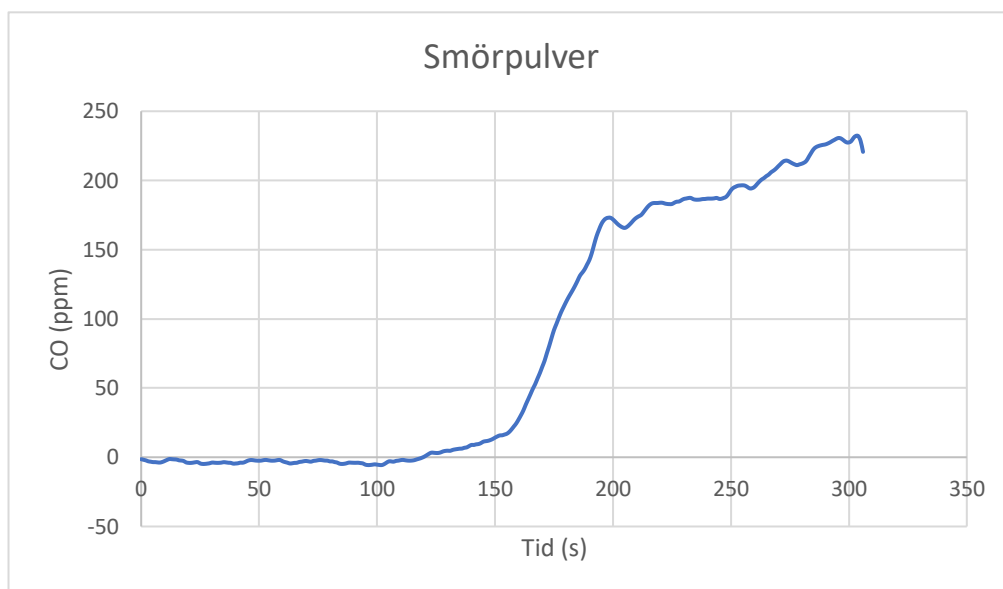
Figur 20 Produktion av CO i test 4 med Whey proteinpulver. Precis när provet sätts in i konkalorimetern sker en kraftig ökning av CO-produktionen som sedan stabiliserar sig runt ett värde på 0,003 %, vilket den ligger på fram till antändning sker efter cirka 4,5 minut.

Testet startas efter cirka två minuter då kolmonoxidhalten börjar stiga kraftigt varefter den lägger sig på en konstant nivå på ungefär 0,003 %. En liten ökning sker sedan igen när antändning av provet sker. Potatismjölet beter sig lite annorlunda, då den har en stigande kolmonoxidhalt under hela förloppet, se Figur 21 **Error! Reference source not found.**



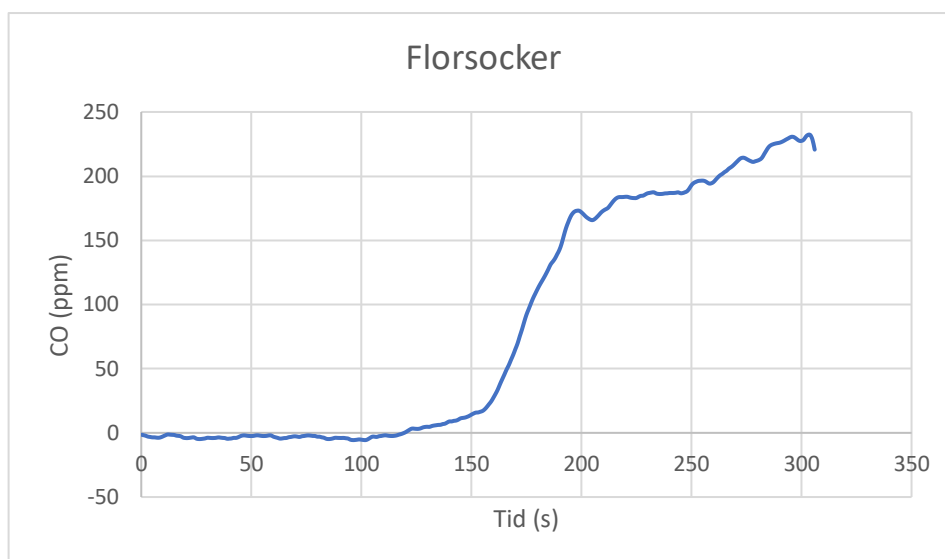
Figur 21 CO-produktionen vid bestrålning av potatismjöl i test 25. CO-halten ligger inledningsvis på en nivå av 0,005 % men stiger sedan till 0,015 % innan antändning sker.

Den maximala halten uppgick till 0,015 %, vilket är högre än proteinpulvret. Det är dock inte lika högt som smörpulvret, som når upp till en nivå på 0,023 %, se Figur 22.



Figur 22 Andelen CO i rökgaserna vid test 12 med smörpulver. Provet gick till antändning efter cirka 3,5 minut. Då låg CO-halten på 0,023 %.

Florsockret uppnådde samma nivå som proteinpulvret, alltså 0,006 %. Det var först när expanderingen av florsockret startade som halterna av kolmonoxid började stiga, se Figur 23.



Figur 23 Vid försöken med florsocker, här i test 18, hände först ingenting med CO-produktionen när provet placerades i provbehållaren. Det var först när provet började expandera som halten CO i röken började stiga. Andelen CO nådde ungefär 0,006 % innan

De uppnådda nivåerna av kolmonoxid för de olika näringsämnena sammanfattas i Tabell 13. Smörpulvret når den högst uppmätta andelen med 0,023 %. De försök med smörpulver som bestrålades med ett högre värde och således gick till antändning tidigare visar en snabbare växande graf som når upp till cirka 0,015 %, och når alltså inte riktigt upp till maxvärdet från test 12.

Tabell 13 Andelen CO i rökgaserna sammanfattade i en tabell. Smörpulvret når de högsta värdena följt av potatismjölet.

Livsmedel	Uppnådd halt CO i rökgaserna (%)
Proteinpulver	0,006
Potatismjöl	0,015
Smörpulver	0,023
Florsocker	0,006

Med hjälp av resultaten ovan så genomfördes ett antal beräkningar för att undersöka hur hög halten kolmonoxid blev i ett normalstort lägenhetskök för de olika näringsämnena, se Tabell 14. Fullständiga beräkningar finns i Bilaga E.

Tabell 14 Beräkningar på CO-produktion från olika näringsämnen. Beräkningarna har gjorts utifrån ett ISO-brandrum som kan approximeras till ett normalstort kök.

Livsmedel	Producerad halt CO i rum (ppm)	Producerad CO i ppm per gram förbränt ämne	Antal gram pulver för att nå 2000 ppm
Proteinpulver	12,2	2,2	909
Potatismjöl	50,7	5,8	345
Smörpulver	37,6	3,4	588
Florsocker	6,0	2,0	1000

Resultaten visar att stärkelse, i form av potatismjöl, är det ämne som producerar mest CO. Det behövs endast 345 gram förbränt ämne för att nå en halt på 2000 ppm i ett lägenhetskök, vilket är en nivå som leder till så höga halter CO i blodet att en utrymning börjar bli svår att genomföra på egen hand. Exempel på ett livsmedel som skulle kunna komma upp i dessa nivåer är till exempel cirka 400 gram ris. Observera att beräkningarna är konservativa då de bygger på ett helt slutet utrymme utan öppningar och ventilation i form av köksfläkt.

6 Diskussion

I följande avsnitt ska svaret på rapportens tre frågeställningar sammanfattas och diskuteras. Även felkällor och förslag på vidare forskning kommer att belysas.

- Hur ofta leder en torrkokning till brand?

I MSB's nationella statistik har 80 % av spisbränderna gått till antändning, i den lokala från Räddningstjänsten Syd är det 30 %. Detta kan tyckas vara ett konstigt resultat, men faktum är bara att de visar på skillnaden i hur torrkokningar rapporteras i insatsrapporter vilket inte ser likadant ut i hela landet. MSB har bara med de insatser som har hamnat under rubriceringen "brand i byggnad". Många torrkokningar går ju dock inte till antändning och räknas således inte som en brand. Den lokala statistiken ger då ett mycket bättre riktvärde på hur ofta en torrkokning leder till antändning eftersom den innehåller alla insatser på spisen, både de som fallit under kategorin "brand i byggnad" samt de som hamnat under "förmodad brand". Statistiken är väldigt entydig och visar att vid drygt 30 % av de insatser som räddningstjänsten åker på har en antändning skett. Sedan är det dock så att detta bara är en ytterst liten del av de torrkokningar som sker varje dag. De flesta torrkokningar kommer aldrig till kännedom för räddningstjänsten utan hanteras av den boende själv. Gränsen mellan "torrkokning" och "bränna vid mat" är en hårfin gräns.

Även den internationella statistiken har varit svår att tolka med hänseende på torrkokningar. Detta beror på att torrkokningar inte är ett vedertaget begrepp och olika räddningstjänster, och även olika personer inom samma räddningstjänst, definierar dessa typer av insatser på olika sätt vilket leder till att de hamnar under olika kategorier.

- Går det att förutspå om en viss typ av mat oftare kommer leda till uppkommen brand?

Det enkla svaret på denna fråga är JA! Rent statistiskt så sker antändning i olja/smör. I ungefär 98 % av de insatser som har lett till antändning så har branden startat i olja eller smör. Det är alltså ytterst osannolikt att få en antändning i någon annan mat. Det är dock viktigt att tänka på att i viss matlagning så tillsätts fett, till exempel då man ska steka en köttbit, ägg eller poppa popcorn. Det mest sannolika är då att antändningen sker i det tillsatta fettet och inte i själva maten som steks eller tillagas, men detta har inte undersökts närmare i detta arbete. Det verkar också förhålla sig så att fett som är bundet i maten inte uppvisar samma förmåga att antända som löst, flytande fett. Detta kan förstärkas av att fettrika livsmedel också ofta är rika på protein, som visade sig i testerna vara det mest svårantändliga näringsämnet.

Alla experiment som genomförts styrker också dessa resultat. Dock så är det en testuppställning som sticker ut lite, potatismjölet i kastrull. Det är dock viktigt att påpeka att detta är en laboriemässig uppställning och erfarenheten säger att detta inte är sättet vi lagar mat på i vardagen. Men testet hjälper också till att förstå vilka kriterier som måste uppfyllas för att en antändning ska kunna ske. Försöken visar att temperaturen på ovansidan av maten aldrig blir så hög att de uppnår antändningstemperaturerna som uppmätts genom experiment. Värmeledningen genom maten är således för dålig. Det är i kastrullens botten som temperaturen blir så hög att pyrolysgaser börjar produceras. Men för att antändning ska kunna ske krävs också att koncentrationen av pyrolysgaser är tillräckligt hög i förbränningszonen där reaktionen med syre sker. Och detta sker i fallet med potatismjölet. Pulvret drar ihop sig vilket gör att pyrolysgaserna sipprar ut längst kastrullens kanter där det kan reagera med syret i luften. Men potatismjölet är också tillräckligt tätt för att bevara värmen i kastrullens botten så att pyrolysen kan fortgå. I de experimenten med riktig mat (potatis, ris

och falukorv) når temperaturen inte tillräckligt högt för att en antändning ska vara möjlig. Detta kan bero på dels en kylningseffekt från vattnet i maten men också på att geometrin på livsmedlet inte tillåter pyrolysgaserna att koncentreras tillräckligt för att komma ovanför brännbarhetsgränsen. Geometrieffekterna verkar vara betydande i torrkoknings-sammanhang och gör att en antändning i andra livsmedel än fett/olja inte kan uteslutas, vilket också styrks av testerna på potatismjölet.

I konkalorimetern var det lätt att få repeterbarhet på testerna. Syftet med testerna, att ta reda på antändningstemperaturen för de olika näringsämnen, uppnåddes. I experimenten på kokplatta kan däremot försöksupställningen diskuteras. Det fanns här flera parametrar som möjligtvis hade kunnat ändra resultatet. Förutsättningarna för en torrkokning kan påverkas till exempel av typ av kokkärl, höjd på kanterna, bottentjocklek på kastrullen, kokplattans typ och effekt samt om lock används eller inte. I de försök som genomfördes användes samma kastrull i alla tester. Det viktiga var att hålla testerna så likartade som möjligt istället för att testa hur flera olika parametrar spelade in på tiden till antändning. Det primära syftet med testerna på kokplattan var att se om ett material gick till antändning eller inte. Den pyrometer som användes har varit mycket viktig för att kunna mäta temperaturen på materialets yta. Både vid testerna i konkalorimetern och på kokplattan spelade yttemperaturen en viktig roll, och om denna skulle ha mätts med hjälp av termoelement hade det blivit mycket svårt att använda livsmedel i pulverform.

Syftet med att använda livsmedel i pulverform var att få så likvärdiga test som möjligt, där inte formen på maten blev en faktor. Det var också för att minimera andelen fukt i materialet för att på så sätt inte få en kylningseffekt av vatten som var bundet i materialet. Dock visade torkningsprovet att potatismjölet hade en fukthalt på cirka 14 %, vilket var betydligt mer än de andra pulvren. Detta har troligtvis inte påverkat resultaten i någon stor utsträckning då potatismjölet ändå gick till antändning.

En vinst med att använda pulverform av näringsämnen var att det blev en överkomlig mängd av ämnen att prova, fyra stycken. Hade testerna istället utförts med riktiga matvaror så hade det funnits oändligt många möjliga livsmedel och svårt att välja vilka som ska användas för att få en heltäckande bild av begreppet "mat".

Även om någon annan mat går till antändning så är spridningsrisken liten eftersom endast små flammor som inte överskridit kanten på kastrullen har iakttagits, och kommer därför inte i lika hög grad sprida sig vidare till köksfläkten eller intilliggande föremål. Det är alltså främst i samband med brand i fett som spridningsrisken är värd att beakta.

Hos några av livsmedlen, främst proteinpulvret och smörpulvret, kunde antändningstemperaturen bestämmas med ganska hög precision och repeterbarhet. För potatismjölet och florsöcket blev dock spannet mellan högsta och lägsta antändningstemperaturen mycket större. Det verkar som att ju mer ytan på provet ändras, desto större skillnader i antändningstemperaturer blev det mellan de olika experimenten. Detta betor på svårigheten för pyrometern att mäta den exakta temperaturen på just en punkt på livsmedlens yta, men även att expansionen hos materialet gör att värmeledningsförmågan och därmed tiden till uppvärmning påverkas. Experimenten visar på en ganska hög repeterbarhet i temperaturen, dock varierar tiden till denna temperatur en del även inom samma strålningsnivå. Detta talar till viss del emot den fakta jag hittat under min litteraturstudie om att tiden till antändning är ett bättre mått för att mäta antändning av fasta ämnen.

Ytterligare en intressant iakttagelse under experimenten handlade om den speciella torrkokningslukten som uppstår då mat bränns fast i kokkärl. Om man frågar en brandman så kan hen alldeles med säkerhet skilja mellan en torrkokningslukter och lukten från en utvecklad brand. Detta sågs också i de studerade insatsrapporterna då en vanlig kommentar i fritextfältet var "Vi kände en

tydlig lukt av torrkokning när vi klev in i trapphuset”. För gemene man är det givetvis svårt att veta vad det är som luktar, men för en tränad näsa så är just torrkokningslukten mycket särpräglad. Därför var det intressant att förbränna de olika näringsämnen var för sig. Det var främst proteinet som producerade en obehaglig odör. Genom att studera sammansättningen på molekylerna så kan det antas att det främst är proteinerna som producerar de produkter som hör till de irriterande gaserna. Detta innebär ju dock inte att de andra näringsämnen är ofarliga. Stärkelse var ju till exempel det ämne som producerade mest kolmonoxid, som är den vanligaste orsaken till dödsfall i samband med bränder. Kolmonoxiden är dock lukt- och färglös och känns därför inte på samma sätt som de restprodukter som proteinet bildar.

- Vilka risker medför det att befinna sig i ett utrymme där en torrkokning som inte har lett till antändning har uppkommit?

Att befinna sig i ett utrymme där rök har producerats är aldrig bra. Även en förbränning av lite material producerar mycket restprodukter vilka kan vara både irriterande och giftiga för människor. Om det befinner sig personer som av olika anledningar inte själv kan utrymma, till exempel på grund av ålder, funktionsvariation eller drogpåverkan, så är detta att betrakta som ett livsfarligt läge.

Det har klargjorts att det är proteinerna i maten som förutom kvävande gaser även producerar irriterande gaser. Men exakt vilka ämnen och i hur stor mängd har inte varit möjligt att ta reda på, utan lämnas vidare till fortsatta studier inom området. Inom ramarna för detta arbete så har bara halterna av kolmonoxid varit möjliga att mäta.

Rökproduktionsdiagrammen som presenteras i resultatkapitlet beskriver alltså bara den producerade mängden kolmonoxid som producerats. Proteinpulver och potatismjöl börjar att producera kolmonoxid redan från starten av uppvärmningen, men för smörpulver och florsocker tar det en stund innan CO börjar produceras. Detta skulle kunna bero på att de har kortare molekylkedjor, och därför sitter ihop bättre med varandra. Dessa ämnen har också en betydligt kortare tid mellan start av testet och antändning än proteinpulver och potatismjöl, vilket gör att diagrammen inte ska jämföras helt och hållet mot varandra eftersom det kan vara missvisande.

De beräkningar som gjorts på kolmonoxidhalten i ett normalstort kök ska också ses som riktvärden då de inte tagit hänsyn till varken naturlig eller mekanisk ventilation. En stor inverkan av ventilation, till exempel genom att köksfläkten står på kommer givetvis leda till lägre koncentrationer i rummet.

7 Slutsatser

- Cirka 30% av de insatser lokaliserade till spisen som räddningstjänsten åker på har lett till en antändning. I övriga fall har endast rökutveckling skett.
- Statistiskt sett är det mycket osannolikt att en torrkokning leder till brand om det inte är olja eller annat fett som ligger i kastrullen eller stekjärnet.
- Av de insatser som lett till brand är det i 98 % olja/smör som har blivit kvarglömt i kastrullen. De vanligaste sakerna att torrkoka med enbart rökutveckling som följd är ägg, pasta, kött och nappflaskor.
- Av näringsämnen är protein svårast att antända. Fett antänder lättast och vid lägst temperatur.
- Det är i första hand proteinerna i maten som bidrar till den speciella "torrkokningslukten", men även fett bidrar i viss mån med odör. Protein innehåller förutom kol, väte och syre även kväve, svavel och fosfor som bildar irriterande gaser vid upphettning. Kolhydrater brinner i princip utan stank.
- Stärkelse är det näringsämne som producerar mest kolmonoxid (CO), medan protein står för den största produktionen av irriterande gaser.
- Det krävs en relativt liten mängd mat (300–1000 g beroende på näringsinnehåll) för att uppnå kritiska kolmonoxidhalter i ett normalstort kök.

8 Framtida forskning

Under arbetets gång har ett antal fördjupningsområden identifierats som kan ligga till grund för framtida forskning. Kring dessa ämnen har frågeställningar uppkommit men inom arbetets tidsram har en djupdykning inte varit möjlig. Förslagen kan ses som inspiration

- Mat på kokplatta – Eftersom det fanns så ytterst lite tidigare forskning om antändning av fasta ämnen i kastrull så blev det nödvändigt att börja från grunden genom att titta på renodlade näringsämnen. Det skulle därför vara relevant med en studie kring ”riktig” mat som en fortsättning på detta arbete.
- Geometriberoendet – Då ett av experimenten som inte var förväntat ledde till antändning framkom att geometrin på maten hade ett visst beroende. Detta kan härledas till att antändningen kan bero på möjligheten att transportera gaser i materialet, vilken påverkas starkt av materialets porositet. Så innan det går utesluta antändning i kastrull i vissa matvaror bör det undersökas vilka parametrar hos bränslet som påverkar antändningen, såsom porositet, form, anläggningsyta och storlek för att nämna några exempel.
- Rökgasprodukter – I arbetet har enbart halten av kolmonoxid analyserats. Men detta är såklart inte den enda gasen som är farlig för personer som befinner sig i ett utrymme där en torrkokning utan antändning uppstått. Genom mer avancerad testutrustning skulle man kunna utröna exakt vilka produkter som bildas i vilken mängd och därmed få en bättre bild av rökens farlighet.
- Kastrull med eller utan lock – I de praktiska experimenten användes kastrull/testbehållare utan lock. Detta innebär en god tillgång på syre. Ett lock innebär att pyrolysgaserna ansamlas kring kanten på locket men också att temperaturen i kärlet blir lägre, vilket innebär att förutsättningarna för en torrkokning därmed kan ändras. Typen av kärl spelar givetvis också stor roll för förutsättningarna till antändning. Här kan kärlets diameter, höjd, tjocklek och material undersökas. Även en köksfläkt skulle kunna ändra förutsättningarna.
- Typ av spis – I och med att det finns olika spisar på marknaden så kan förutsättningarna för antändning variera. Exakt hur spisens typ påverkar förhållandena är inte utrett. Hur påverkar till exempel ett överhettningsskydd? De vanligaste typerna är spis med plattor, keramikhällar, gasspisar eller induktionshällar.

9 Referenser

- Adamsson, V. (2001). *Mat för resultat*. Västerås: ICA Bokförlag.
- Adolfson, T. K. (2016). *Komfyrbrenner - Etterforskning, evaluering og forebygging*. Norsk Brannvernforening.
- Ahrens, M. (2016). *Home Fires involving cooking equipment*. NFPA.
- Babrauskas, V. (2003). *Ignition Handbook*. Issaquah WA, USA: Fire Sciences Publishers.
- Bengtsson, L.-G. (2001). *Inomhusbrand*. Räddningsverket.
- Bergqvist, J. (den 20 04 2017). *Ät och lev Paleo*. Hämtat från Jonas Bergqvist:
<http://www.jonasbergqvist.se/energiskola-2-fettsyror>
- Boverket. (2013). *Boverkets författningssamling BFS 2013:12 - BBRAD3*. Boverket.
- Brandskyddsforeningen. (den 20 02 2016). *Svenskarna ovetande om värsta brandfaran*. Hämtat från
<https://www.brandskyddsforeningen.se/om-oss/pressrum/pressmeddelanden/svenskarna-ovetande-om-varsta-brandfaran/>
- DeHaan, J. D., & Icove, D. J. (2012). *Kirk's Fire Investigation - 7th edition*. Pearson.
- Dinaburg, J., & Gottuk, D. T. (2011). *Home Cooking Fire Mitigation: Technology Assessment*. Quincy, MA: The Fire Protection Research Foundation.
- DiNenno, P. J., Drysdale, D., Beyler, C. L., Walton, D. W., Custer, R. L., Hall Jr, J. R., & Watts JR, J. M. (2002). *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*. Quincy, Massachusetts: NFPA.
- Friedman, R. (1989). *Principles of Fire Protection Chemistry*. National Fire Protection Association.
- Government. (2017). *Detailed analysis of fires attended by fire and rescue services, England, April 2016 to March 2017*. Home Office.
- Greene, M. A., & Andres, C. (2009). *National Sample Survey of Unreported Residential Fires*. U.S. Consumer Product Safety Commission.
- Ingason, H., Ying Zhen, L., & Lönnemark, A. (2015). *Tunnel Fire Dynamics*. New York: Springer.
- Livestrong, F. (den 20 04 2017). *livestrong.com: The Effects of Heating on Protein Foods*. Hämtat från
livestrong: <http://www.livestrong.com/article/59858-effects-protein-heated/> 2017-02-17
- MSB. (den 01 02 2017). *statistikdatabasen IDA*. Hämtat från www.ida.msb.se
- Ondrus, J. (1996). *Brandteori*. Räddningsverket.
- Tang, M., Wang, H., Hu, Y., Chen, W., Akao, M., Feng, Z., & Hu, W. (2011). *Acrolein induced DNA damage, mutagenicity and effect on DNA repair*. New York: Department of Environmental Medicine, New York University School of Medicine.

10 Bilagor

10.1 Bilaga A – Näringsinnehåll i livsmedel

Tabell 15 Näringsinnehåll för de pulver som har använts vid experimenten.

Näringsinnehåll för olika livsmedel per 100 gram				
	Whey Proteinpulver (vassle)	Smörpulver	Potatismjöl	Florsocker
Energi (kcal)	395	740	320	400
Protein (g)	75,8	9	<0,5	0
Fett (g)	8,3	72	<0,5	0
-mättat	6,11	46	-	-
-enkelomättat	-	-	-	-
-fleromättat	-	-	-	-
Kolhydrat (g)	4,1	14	79	100
-stärkelse	-	-	79	-
-sockerarter	2,94	14	0	97

Tabell 16 Näringsinnehåll för de livsmedel som har testats på kokplatta.

Näringsinnehåll för olika livsmedel per 100 gram			
	Ris	Potatis	Falukorv
Energi (kcal)	121	83	259
Protein (g)	3,11	1,81	9,9
Fett (g)	0,34	0,10	23,0
-mättat	0,06	0	8,58
-enkelomättat	0,11	0	10,9
-fleromättat	0,11	0	2,43
Kolhydrat (g)	25,91	17,5	3,7
-stärkelse	-	-	-
-sockerarter	-	-	-

10.2 Bilaga B – Testprotokoll konkalorimetern

Test	Livsmedel	Strålning (kW/m ²)	tjocklek prov (mm)	Massa (g)	Tid till antändning	Avbrytet	Observerad temp	Kommentarer
1	Whey proteinpulver	15	22	115,4	-	10min	420	
2	Whey proteinpulver	30	22	100,3	03:27	ant	510	
3	Whey proteinpulver	25	14		-	25min	470	
4	Whey proteinpulver	30	14	35,5	04:28	ant	510	
5	Whey proteinpulver	30	14	39,2	-	25min	500-510	
6	Whey proteinpulver	35	14	-	00:46	ant	530	
7	Whey proteinpulver	35	14	44,3	00:44	ant	520	
8	Potatismjöl	30	14	94,7	04:55	ant	510	
9	Potatismjöl	35	14	84,7	03:04	ant	510	
10	Potatismjöl	35	14	97,4	01:48	ant	460	
11	Potatismjöl	25	14	91,5	-	20 min	580	temp.ökn kring 510 C
12	Smörpulver	25	14	53,6	03:35	ant	410	
13	Smörpulver	30	14	51	01:05	ant	410	
14	Smörpulver	30	14	52,6	00:55	ant	380	
15	Florsocker	30	14	73,5	01:18	ant	370	rolig formation!
16	Florsocker	25	14	74,1	01:47	ant	410	
17	Florsocker	25	14	79,2	02:44	ant	450	
18	Florsocker	25	14	75,5	02:13	ant	450	
19	Florsocker	30	14	84	01:09	ant	370	
20	Smörpulver	30	14	51,7	00:58	ant	370	
21	Florsocker	20	14	89	-	20 min	415	blev väldigt hårt och svårdiskat när det fick koka länge
22	Florsocker	25	14	78,2	01:37	ant	360	
23	Smörpulver	25	14	53,7	04:03	ant	415	
24	Florsocker	30	14	81,6	01:40	ant	350	
25	Potatismjöl	30	14	99,5	07:27	ant	510	
26	Potatismjöl	35	14	101	01:54	ant	450	

	Odör	Diskbarhet	yta efteråt	Kommentar
Proteinpulver	5		3 hårt skal, skorpa med sprickor	Huvudvärk, luktar pyton!
Potatismjöl	2		2 Poröst, expanderat på höjden	En dal i tempen i uppvärmningen - vätska?
Smörpulver	3	1., med diskmedel	Mittemellan hårt och poröst, kraftigt minskad volym	mycket mer producerad rök (observation)
Florsocker	2	3 porös pyramidformation i mitten och runt det kristalliserad, hård vätska		smälte vid uppvärmning och "kokade"

Sammansatta pulver

Test	Livsmedel A	Livsmedel B	Strålning (kW/m ²)	provets tjocklek massa (g)	Tid till antän	Avbrutet	Observerad temp
37	25% Florsocker	75% potatismjöl	30	14	85,9	07:54	- 370
38	50% Florsocker	50% potatismjöl	30	14	76,1	04:45	- 325
39	75% Florsocker	25% potatismjöl	30	14	69	01:15	- 300
40	25% smörpulver	75% whey	30	14	46,1	-	27 min 440
41	50% smörpulver	50% whey	30	14	41,7	-	18 min 450
42	75% smörpulver	25% whey	30	14	45,3	00:53	- 330

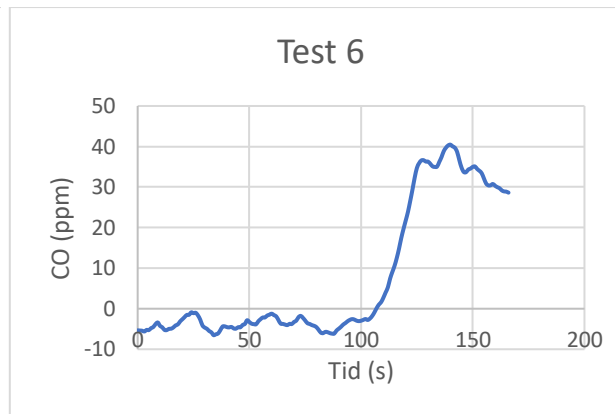
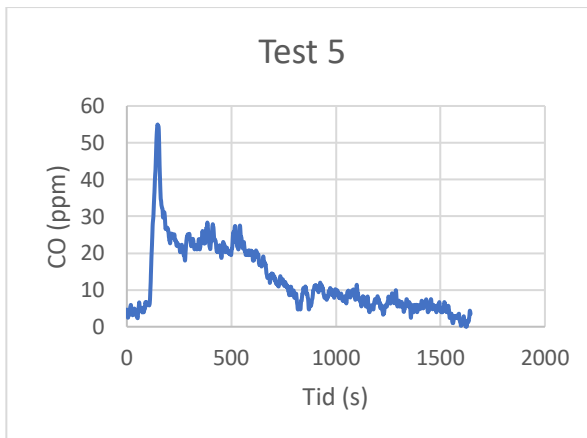
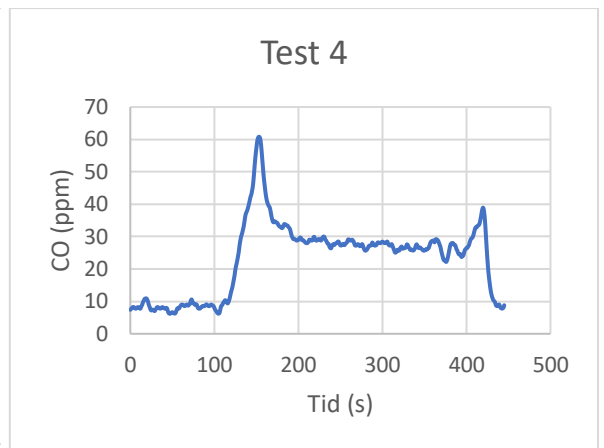
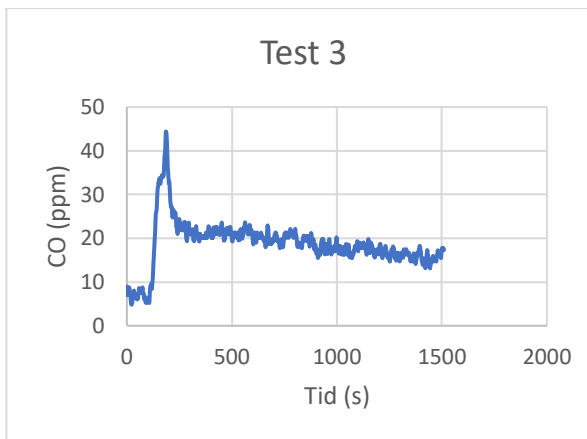
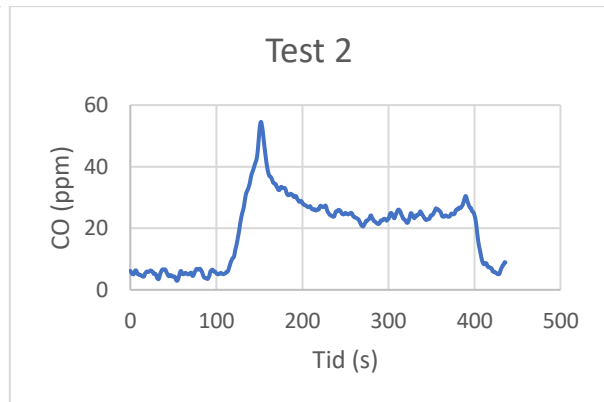
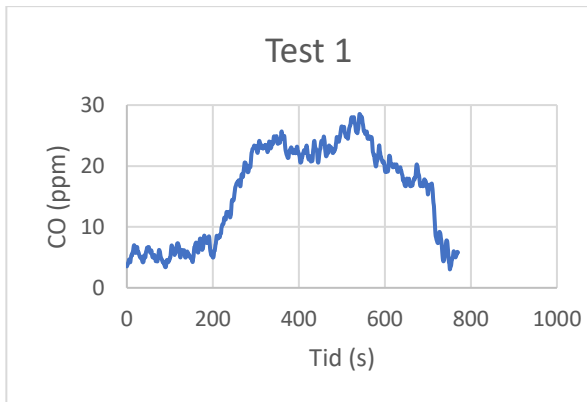
10.3 Bilaga C – Testprotokoll spisplatta

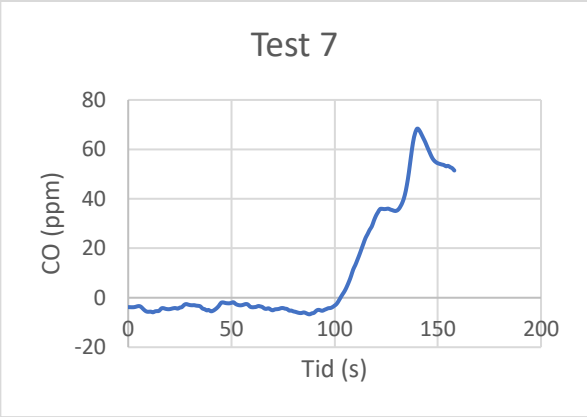
Test	Livsmedel	plattans effekt (W)	provets tjocklek (mm)	plattans effekt (W)	provets tjocklek (mm)	massa (g)	tid till antändning	Avbrytet	Observerad temp yta	Kommentarer
43	Ris	2000	25	2000	25	231	-	65	240	Maxtemperaturen i kastrullens botten var 490. Provet krympte ihop till en hård och spröd "kaka"
44	Potatis	2000	20, 30mm, 105 cm ²	2000	20, 30mm, 105 cm ²	187	-	42	80	Max 420 i botten. Rykte fram till 15 min, därefter hände ingenting.
45	Falukorv	2000	10, 30, 30	2000	10, 30, 30	150	-	70	150	Max temp botten 460.

Test	Livsmedel	plattans effekt (W)	provets tjocklek (mm)	massa (g)	tid till antändning	Avbrytet	Observerad temp yta	Kommentarer
27	Smörpulver	1500	11	65	12:47	-	340	poröst och sprött efteråt
28	Florsocker	1500	10	106	-	30	220	max temp efter 10 minuter då provet expanderade kraftigt. Sedan sjönk det ihop och la sig på en konstant temp runt 130
29	Florsocker	2000	9	85	-	23	240	maxtemp efter 10 min. max botten temp 510 stabiliserade sig på 150. Beteckade sig identiskt med test 28, fast 20 grader högre.
30	Strösocker	2000	9	153	-	32	215	max botten temp 570. Beteckade sig väldigt likt florsockeret. Stabiliserade sig på 150
31	Potatismjö	2000	11	135	12:20	-	160	botten temp 540. antändning skedde undertill och lågorna slog upp i kastrullens kanter.
32	Proteinpulver	2000	11	57	-	23	320	saknas temperaturfil från botten.
33	Potatismjö	2000	11	127	10:40	-	85	antändning underifrån, opåverkat mtrl på toppen. Botten temp 545, väldigt likt test 31. plattans temp var 640 som max.
34	Proteinpulver	2000	12	62	-	25	275	max botten temp 500. Plattans temp max 640. Hårt, sprött skal.
35	Smörpulver	2000	11	64	07:22	-	300	Mycket vacker flamma. Botten temp 440 och plattans temp ca 600.
36	Potatismjö	2000	10	96	09:43	-	85	botten temp 530. plattans temp 645.

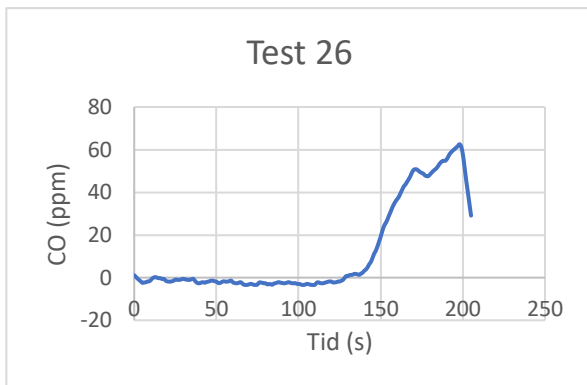
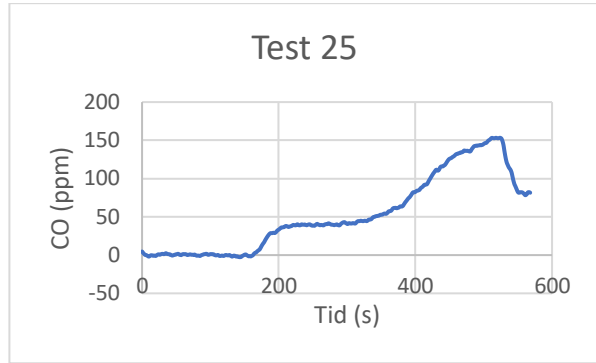
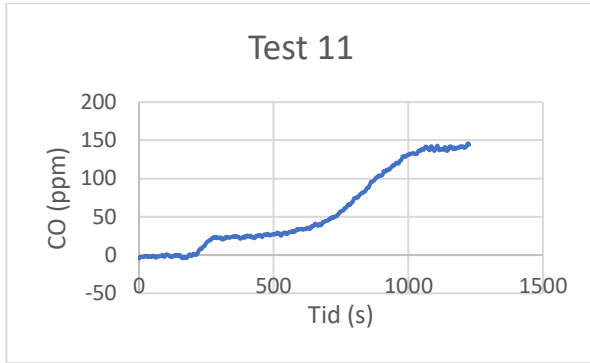
10.4 Bilaga D – Kolmonoxidproduktion grafer

10.4.1 Proteinpulver

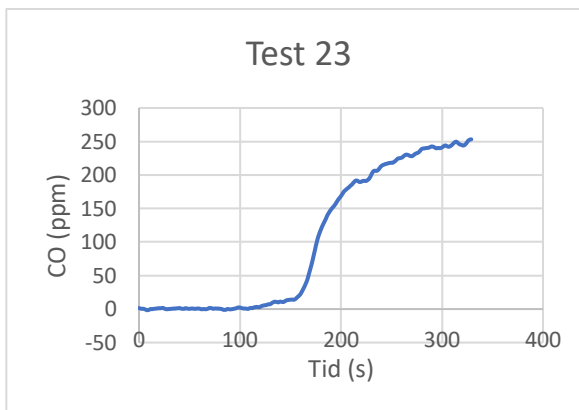
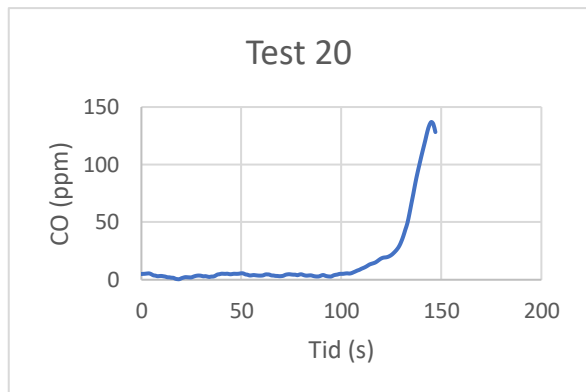
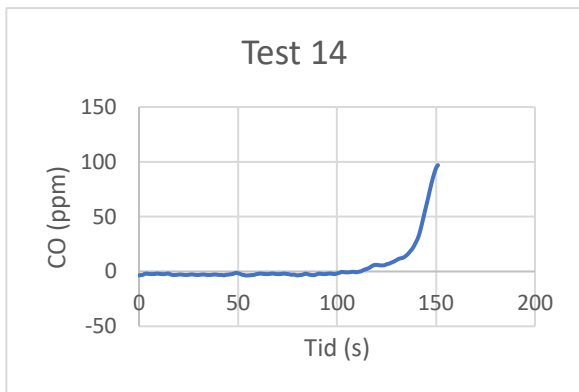
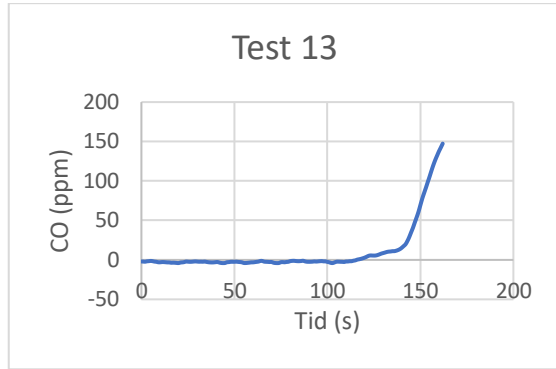
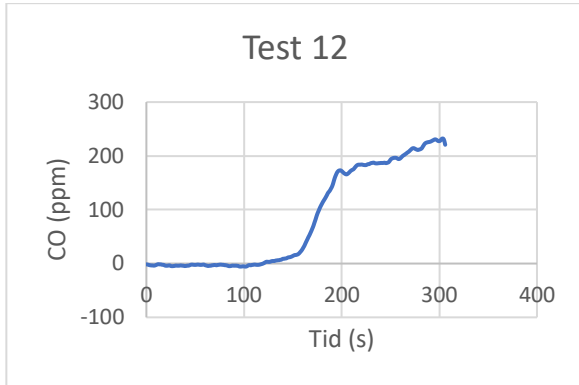




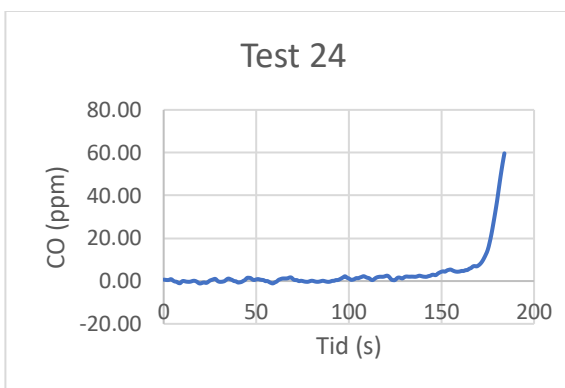
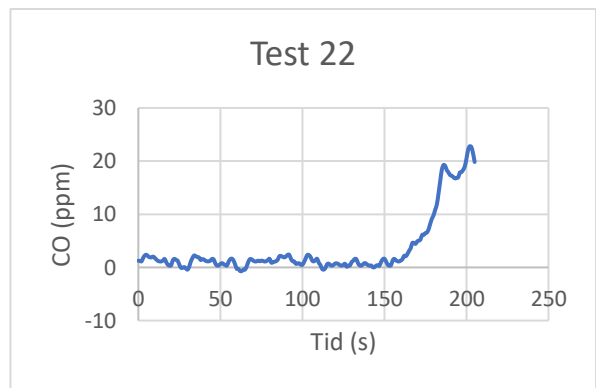
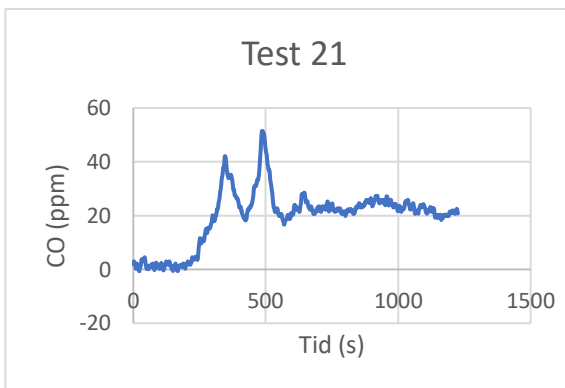
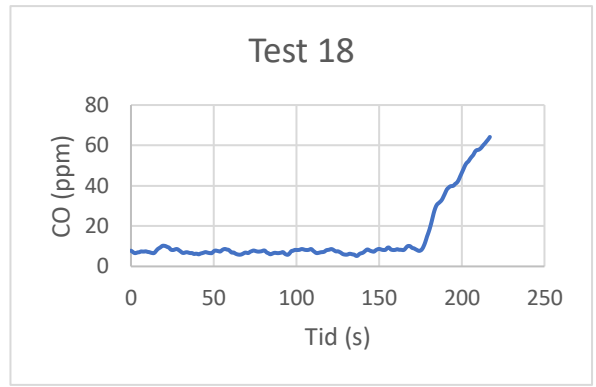
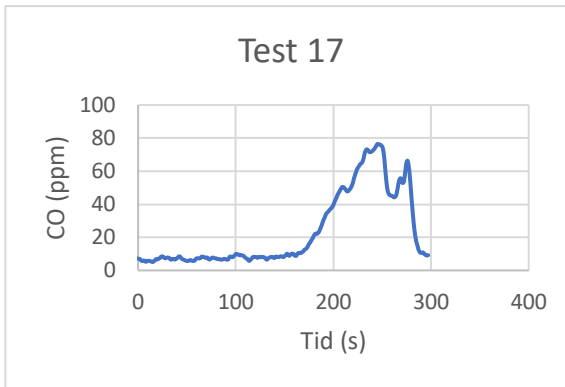
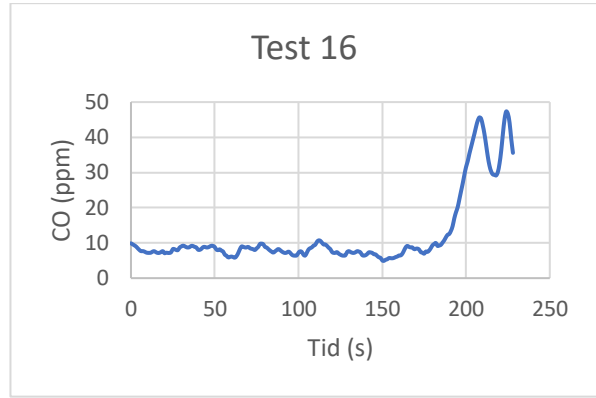
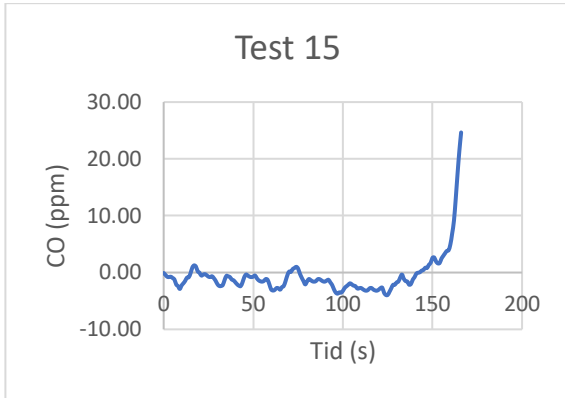
10.4.2 Potatismjöl



10.4.3 Smörpulver



10.4.4 Florsocker



10.5 Bilaga E - Beräkningar rökproduktion

Genom att mäta volymflödet av en viss gas som passerar huven, kan den mängd kolmonoxid som produceras per tidsenhet beräknas genom ekvation 1 nedan. Då detta värde multipliceras så att vi får bort tidsfaktorn så erhålls ett värde som beskriver den totala mängden kolmonoxid som producerats.

$$\dot{V}_{CO} = \frac{\dot{V}_{gas} \cdot \chi}{100} \quad (\text{ekvation 1})$$

$$V_{CO} = \int_0^t \dot{V}_{CO} dt \quad (\text{ekvation 2})$$

där

\dot{V}_{CO} mängd kolmonoxid producerad per sekund vid 25°C (298 K) och 1 atm [m³/s]

\dot{V}_{gas} volymflödet i kanalen från huv vid 25°C (289 K) och 1 atm [m³/s]

V_{CO} total mängd kolmonoxid vid 25°C (289 K) och 1 atm [m³]

χ volym-% kolmonoxid [-]

t tid från antändning [s]

För att beräkna koncentrationen kolmonoxid i ett rum så har den producerade mängden CO dividerats med volymen av ett rum. Ett ISO-standardrum med måtten 2,44 x 3,66 x 2,44 m³ har använts, vilket kan tänkas motsvara ett normalstort kök i en lägenhet.

Följande indata har använts i beräkningarna:

Tabell 17 I tabellen redovisas värden på de indataparametrarna som har använts i beräkningarna på rökproduktionen.

	Volymflödet i kanalen från huv	vol-% CO	Tid från antändning	Rummets volym	Minskad massa	Massförlust
	\dot{V}_{gas} [m ³ /s]	X [-]	t [s]	V [m ³]	m [g]	\dot{m} [g/s]
Proteinpulver	0,024	0,006	268	21,8	5,66	0,021
Potatismjöl	0,024	0,015	447	21,8	8,77	0,020
Smörpulver	0,024	0,023	215	21,8	11,06	0,051
Florsocker	0,024	0,006	133	21,8	2,97	0,022

Observera att beräkningarna är konservativa då de bygger på ett helt slutet utrymme utan öppningar och ventilation i form av köksfläkt.

Under slutfasen på detta arbete framkom att det under perioden 26 Oktober 2016 – 22 Maj 2017 varit fel på konkalorimetern. Därför har vissa justeringar behövt göras i beräkningarna. Felet har att göra med den så kallade c-faktorn vilken ska ligga på ett värde mellan 0,040–0,046. En felaktig c-

faktor påverkar värdet för flödet i kanalen. Detta har inte varit fallet under testerna av näringsämnen i pulverform, och måste därför justeras för.

Detta innebär att värdena för producerad halt CO i rummet är för höga och ska därför korrigeras för genom att multiplicera med **0,06868**. Detta ger följande resultat:

Tabell 18 Resultat av genomförda beräkningar på rökproduktionen. I beräkningarna har måtten på ett ISO-standardrum använts.

Livsmedel	Producerad halt CO i rum (ppm)	Producerad CO i ppm per gram förbränt ämne	Antal gram pulver för att nå 2000 ppm
Proteinpulver	12,2	2,2	909
Potatismjöl	50,7	5,8	345
Smörpulver	37,6	3,4	588
Florsocker	6,0	2,0	1000

10.6 Bilaga F – Torrkokning av riktig mat

Sammanfattning:

Som komplement till pulvren testades också riktig tre olika riktiga maträtter, nämligen ris, potatis och falukorv. Inget av proverna ledde till antändning.

Tabell 19 Sammanställning över temperaturmätningarna vid torrkokning av ris, potatis och falukorv. Temperaturen har mätts både på kastrullens botten samt på matens yta.

Livsmedel	Maxtemperatur kastrullens botten (°C)	Maxtemperatur matens yta (°C)
Ris	490	240
Potatis	420	80
Falukorv	460	150

Ris:



Figur 24 Torrkökning av ris. Rökutvecklingen startade efter 5:30. Därefter förkollnade provet långsamt. Provet sprakade och knäppte under hela försöket

Riset började först att ryka kraftigt. Röken bestod av mycket vattenånga som sedan avtog. Därefter blev provet brunare och brunare allteftersom tiden gick. Provet "sprakade och knäppte" under hela experimentet. Försöket avbröts efter 65 minuter. Provet var då en hård och spröd "kaka". Ingen antändning av materialet inträffade.

Hållpunkter:

0:00 Testet startar

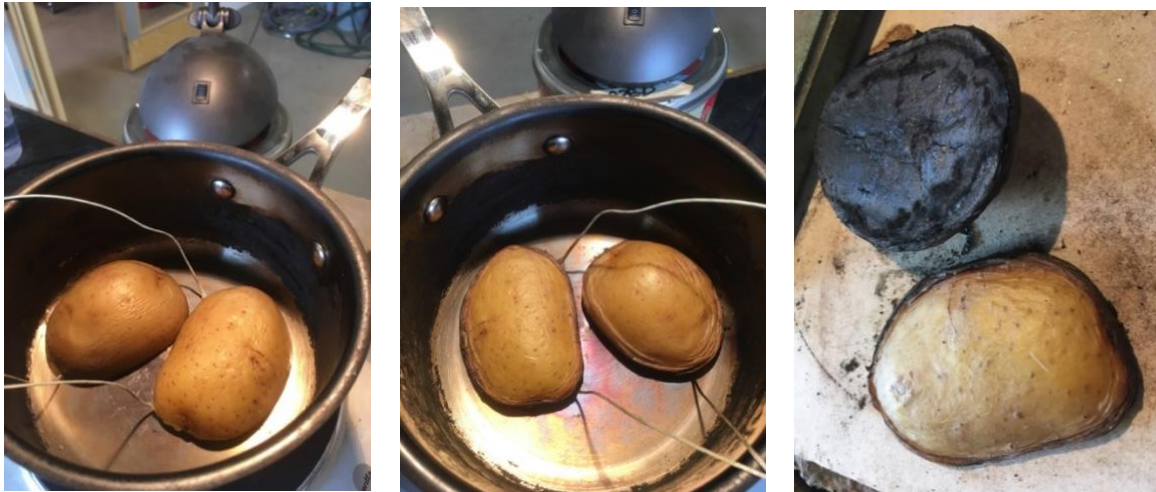
5:30 Provet börjar ryka

9:00 Ytan börjar bli ljusbrun/gul

13:00 Röken börjar avta

65:00 Försöket avbryts. Ingen antändning sker

Potatis:



Figur 25 Torrkokning av potatis. Efter sju minuter började potatisen ryka men det avtog ganska snabbt. Efter det var den återstående tiden av testet tämligen händselös.

För att få en mätbar kontaktyta till kastrullen delades potatisen i halvor och placerades över termoelementen. Experimentet med potatis var tämligen odramatiskt. Det tog 7 minuter tills provet började avge synlig rök, och efter 15 minuter avtog röken och inget mer hände i kastrullen. Försöket avbröts efter 42 minuter. Då hade ingen antändning skett.

Hållpunkter:

0:00 Testet startar

7:00 Potatisen börjar ryka

15:00 Röken avtar helt

42:00 Försöket avbryts. Ingen antändning sker

Falukorv:



Figur 26 Bildserie över torrkokning av falukorv.

Falukorven skars i två olika former och placerades i kastrullen. Det började ganska snabbt hända saker i kastrullen. Efter 5 minuter började provet ryka och gränsen för "normal" matlagning var passerad. Vid 9 minuter rök det som mest, varpå röken sedan avtog. Testet avbröts efter 70 minuter. Då hade ingen antändning inträffat.

Hållpunkter:

0:00 Testet startar

2:30 Korven börjar steka och fräsa

5:00 Korven börjar ryka

7:30 Det luktar bränt

9:00 Provet ryker mycket men avtar senare

70:00 Försöket avbryts, ingen antändning sker