



INSTITUTET FÖR LIVSMEDEL OCH BIOTEKNIK
INSTITUTET FÖR LIVSMEDEL OCH BIOTEKNIK

Dnr 19-8003/08
P80633

**Energieffektiv och innovativ tillverkning
av livsmedel – med mikrovågsvärmning av
pumpbara råvaror**
Slutrapport – kortfattad version

Birgitta Raaholt

Januari 2011

Projektinformation

Projekt påbörjat

November 2008

Granskas av

Lilia Ahrné, SIK

Projektledare

Birgitta Raaholt, SIK

Projektgrupp

Birgitta Raaholt, Erik Wahnström, Hans Janestad, Lars-Göran Vinsmo, Dan Melin, SIK

Deltagande företag: Arla Foods, Tetra Pak, Domstein Sverige, Pågen, Lyckeby Culinar

Distributionslista

Jordbruksverket; Marita Wallenius, SIK; projektgruppen

Nyckelord

Energieffektiv, mikrovågor, värmning, process, flexibilitet, effektivisering

Sammanfattning

Det finns stor möjlighet att öka konkurrenskraften för svensk livsmedelsindustri genom effektivisering av värmningsprocesser för bl. a. pumpbara livsmedel. I detta projekt har vi fokuserat på vilka möjligheter mikrovågsvärmning kan ge ur några olika synpunkter; baserat på de deltagande företagens intressen valde vi att fokusera på några tillämpningar genom tre olika delprojekt:

- högpastörisering av soppa,
- svällning av stärkelse samt
- skällning av mjöl

För samtliga av dessa tre tillämpningar fick vi en avsevärd **minskning av processtiden**, vilket innebär dels möjligheter till **ökad kapacitet** vid värmning (fler enheter kan produceras varje timme), dels en **större flexibilitet**. De kortare tiderna kan också ge **förbättrad kvalitet hos produkten** jämfört med vid konventionell värmning. För tillämpningarna svällning och skällning fick vi möjlighet att utvärdera hur tekniken för mikrovågsvärmning kan användas för att styra kvaliteten hos den värmda produkten mot en **unik kvalitet** genom att tekniken innebär snabbare värmning (kortare processtid), men också då värmning sker genom s.k. direktvärmning (luft och material runt omkring livsmedlet behöver inte värmas, utan livsmedlets värms direkt). Kvaliteten på exempelvis ett skållat mjöl är viktigt för att brödet ska få god kvalitet efter bakning. Vid högpastörisering mätte vi även energiåtgången, som visade sig vara betydligt lägre vid mikrovågsvärmning jämfört med den pilotanläggning, baserad på tubvärmeväxlare, som projektet hade till förfogande.

Vid värmebehandling motsvarande högpastörisering lades särskild vikt vid att utvärdera att såväl bitar som omgivande produkt (soppa) erhöll den temperatur som krävdes. För detta ändamål vidareutvecklades på SIK ett modellivsmedel som byter färg när tillräcklig temperatur uppnåtts (i detta fall 95°C), så att vi kunde forma gelkulor som bibehöll sin form vid pumpning. I ett modellivsmedel kan gelkulorna nämligen efterlikna t ex grönsaksbitarna i en soppa. Därmed kan gelkulorna fungera som en indikator på att en process även värmer bitarna (gelkulorna) i en soppa, till den temperatur som behövs.

De praktiska försöken kompletterades med simuleringar, för att se hur lång tid som behövs för värmeutjämning vid några olika flöden i pilot-skala. Grova beräkningar har även genomförts för att se vad uppskalning till industriell skala kan innebära, för värmebehandling av soppa med bitar.

Detta projekt har drivits med finansieringsstöd från Jordbruksverket inom ramen för regeringens satsning "En livsmedelsstrategi för Sverige".

INNEHÅLL

PROJEKTINFORMATION.....	2
SAMMANFATTNING.....	3
BAKGRUND	5
MÅL.....	5
MÅLGRUPP	5
PROJEKTUPPLÄGG OCH GENOMFÖRANDE	5
PRAKTISKA FÖRSÖK I PILOTSKALA	5
SIMULERINGAR AV VÄRMNING.....	6
RESULTAT OCH DISKUSSION	6
PASTÖRISERING AV SOPPA SOM INNEHÅLLER BITAR.....	7
SVÄLLNING AV STÄRKELSE OCH SKÅLLNING AV MJÖL	8
LIVSMEDLETS EGENSKAPER	9
JÄMNHET VID VÄRMNING	9
UPPSKALNING TILL INDUSTRIELL SKALA.....	9
SLUTSATSER.....	9

Bakgrund

Kvaliteten hos en produkt som värmebehandlas vid tillverkningen kan styras genom lämpligt vald värmebehandlingsteknik samt genom lämpliga processinställningar. När man kontinuerligt värmer med mikrovågor under pumpning kan man korta processtiden avsevärt. Det är också möjligt att ta fram nya produkter, med helt unika kvalitetsegenskaper. Kontinuerlig mikrovågsvärmning innebär nämligen ofta mindre skjuvning än motsvarande traditionell värmningsteknik, samtidigt som man kan få en jämnare värmning över tvärsnittet.

Tekniken kan komplettera eller ersätta befintliga, traditionella värmningstekniker i livsmedelsindustrin, som en del i en större process. Att effektivisera värmningssteg genom den förkortade processtid som direktvärmning med mikrovågor ger, kan innebära klimatsmarta möjligheter till högre energieffektivitet och ökad lönsamhet genom kapacitetshöjningar. Det innebär även nya sätt att utveckla innovativa produkter med hög kvalitet och mervärde på marknaden samt möjlighet att tillverka livsmedel med skräddarsydda kvalitetsegenskaper. Sammantaget finns det därför en stor potential i detta sätt att tillverka livsmedel.

Mål

Att för ett urval produkter ge underlag för att bedöma möjligheten att med förkortad processtid och hög verkningsgrad öka kapaciteten och samtidigt förbättra kvaliteten på kontinuerligt värmda produkter, utan att försämra hållbarheten

Målgrupp

Livsmedelsindustrin (alla branscher där man värmebehandlar produkter som är pumpbara) samt utrustningsföretag

Projektupplägg och genomförande

I projektet har SIK byggt upp en process i pilotskala, där tekniken har demonstrerats för deltagande företag. Företagen har vid flera tillfällen kunnat se och ta till sig kunskap om tekniken och de konkurrensfördelar som den kan ge för några valda tillämpningar:

- högpastörisering av soppa med bitar,
- svällning av stärkelse, samt
- skällning av mjöl.

Processen har ställts in så, att man ska få så jämn värmning som möjligt av produkten, vid de flöden som varit aktuella i pilotskala (flöden i intervallet cirka 1-2,6 kg/min).

Praktiska försök i pilotskala

I projektet har praktiska försök genomförts i pilotskala. Kontinuerlig mikrovågsvärmning av pumpbara, trögflytande produkter utgör en del av bedömningsunderlaget för att studera mikrovågsteknik som ett alternativ eller komplement till ett befintligt värmningssteg (enhetsoperation) vid produktion av livsmedel. Bedömningen har gjorts utifrån flera aspekter såsom innovation, kvalitet, energiåtgång, och processegenskaper. För att underlätta diskussionerna inom projektet, och även kunna dra mer generella slutsatser, har s.k. ”modellprodukter” använts, vilket innebär att vi inte har utgått från företagsspecifika recept.

Simuleringar av värmning

För att få så bra kvalitet på livsmedlet som möjligt och samtidigt uppfylla kraven på hållbarhet vid lagring, är det viktigt att värmebehandla vid tillräckligt hög temperatur och bibehålla denna tillräckligt länge, *samtidigt* som man vill undvika att värma mer än nödvändigt. I samband med pilotskaleförsöken användes simuleringar av värmningsprocessen för att ta fram hur lång värmebehandlingstid som behövdes vid ett visst flöde och vid viss hålltid (på temperaturen). På det sättet kunde vi få fram vilken värmebehandlingstid som krävdes, utan att för den skull värma i överkant.

För att få en uppfattning om vad uppskalning till industriell skala skulle innebära, har även simuleringar gjorts av verkliga processflöden (2 ton/timme). Det ger en bra första utgångspunkt i samband med implementering av tekniken i livsmedelsindustrin.

Projektets fokus har valts utifrån de deltagande företagens intressen, och beslut har fattats vid gemensamma projektmöten. Under projektet har ett flertal projektmöten och telefonmöten hållits.

Resultat och diskussion

Företagen har fått kunskap om och möjlighet att pröva en metod som kan komplettera eller ersätta traditionell värmningsteknik. Med kontinuerlig mikrovågsvärmning öppnas möjligheten att

- skapa nya produkter med unik kvalitet, som kan ge mervärde på marknaden
- snabbare kunna tillverka produkter med bibehållen eller bättre kvalitet
- erhålla större energieffektivitet samt kapacitetshöjning i en process, och därmed ökad lönsamhet och stärkt konkurrenskraft

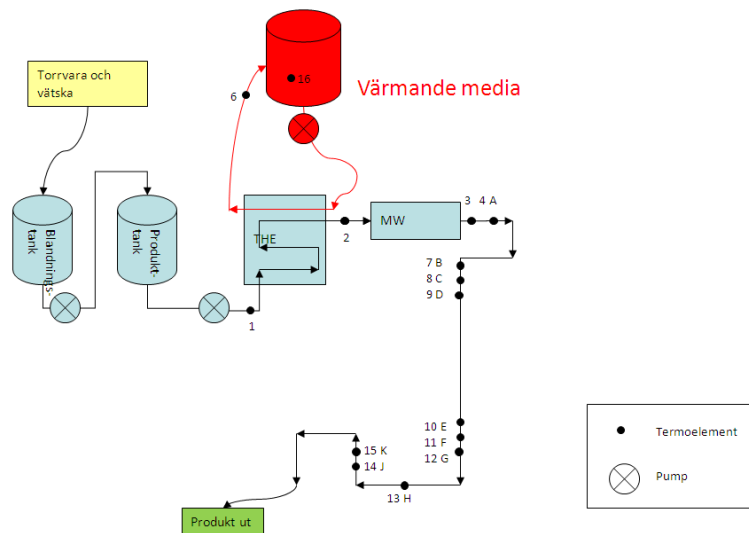
Enhetsprocessen för kontinuerlig mikrovågsvärmning kan användas som en flexibel delprocess i en större helhet.

SIK har byggt upp en process i SIK:s pilothall för tre typer av tillämpningar:

- pastörisering av soppa med respektive utan bitar
- svällning av stärkelse
- skållning av mjöl

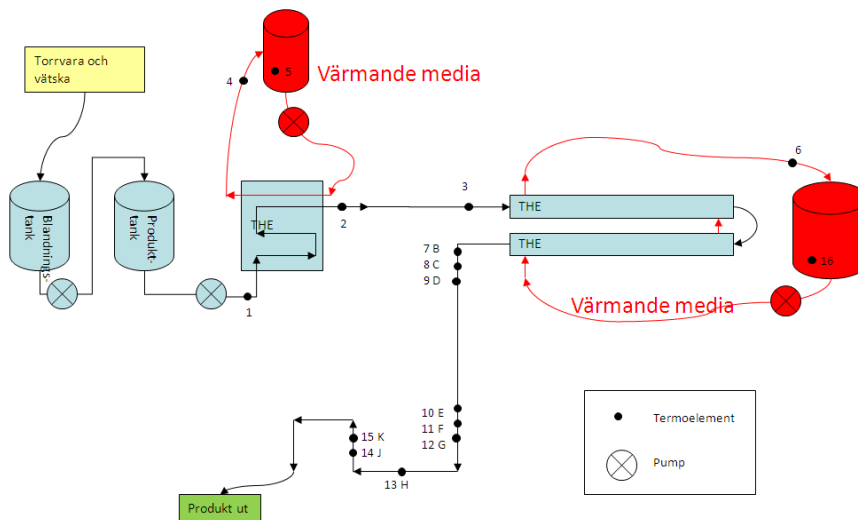
I Figur 1 illustreras pilotskaleprocessen. Produkten blandas i tank och pumpas sedan vidare genom ett förvärmningssteg, för att man ska få en stabil temperatur på produkten då den pumpas in i mikrovågsvärmningsenheten. Därefter värms produkten med mikrovågor, och pumpas sedan vidare genom en hållarcell. Hållarcellens uppgift är att bidra till att produkten kan bibehålla den temperatur som uppnåtts. Termoelement är placerade på flera ställen i processen, samt i hållarcellen på olika djup. Figur 2 visar motsvarande konventionell process.

Mikrovågsvärningsprocess



Figur 1. Schematisk beskrivning av processen i pilotskala. THE=tubular heat exchanger (tubvärmeväxlare); MW=mikrovågsvärningsenhet.

Konventionell process



Figur 2. Schematisk beskrivning av motsvarande konventionell process.

Pastörisering av soppa som innehåller bitar

Värmebehandlingstiden för viskösa produkter, både med och utan bitar, var betydligt kortare vid mikrovågsvärmning jämfört med vid konventionell värmning (för det fall då vi värmebehandlade soppa med bitar vid 95 grader, blev tiden som åtgick för att höja temperaturen de sista 17 graderna (från 78 °C till 95°C) exempelvis mindre än 0,1 minut vid mikrovågsvärmning (med cirka 6 kW uteffekt på mikrovågsenheten vid flödet 1,5 kg/min), jämfört med 6,9 minuter för konventionell värmning med tubvärmeväxlare). Detta uppmättes i en icke optimerad pilotanläggning; tiderna kommer att vara kortare i en kommersiell installation.

Den minskade processtiden skapar goda förutsättningar för kapacitetshöjningar i en process, och därmed ökad lönsamhet och stärkt konkurrenskraft. Hur mycket processtiden förväntas minska i en kommersiell installation kan man titta närmare på genom beräkningar.

För att få en uppfattning om vilken kommersiell kapacitet man kan räkna med, har simuleringar gjorts av kontinuerlig mikrovågsvärmning vid 2000 kg/timme.

Att högpastörisera soppa vid 95°C och ett flöde av 2000 kg/timme (\log_{10} -reduktion av *C. Botulinum* = 10) tar med mikrovågsvärmning vid 915 MHz (mikrovågseffekt: 4 enheter om vardera 4 x 14,3 kW) 1,9 minuter, jämfört med konventionell värmebehandling (med tubvärmeväxlare och hållarceller) som tar 6,6 minuter. Vi har då antagit att starttemperaturen var 10 °C och att mikrovågsenheten var utformad så att 4 parallella flöden om vardera 500 kg/timme värmdes.

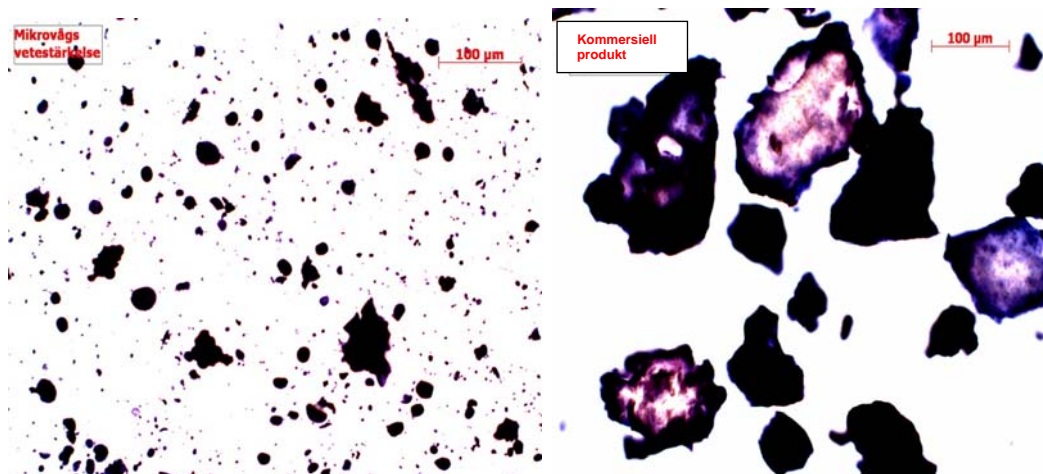
Kvaliteten hos livsmedlet kan förbättras, genom att den tid som åtgår för att nå erforderlig temperatur kan kortas ner avsevärt. Dessutom innebär direktvärmningen att produkten utsätts för förhållandevis lite skjuvkrafter, jämfört med vad som är fallet vid exempelvis värmning med skrapvärmeväxlare.

Vid högpastörisering mättes även energiåtgången, som var 4,6 gånger lägre för mikrovågsvärmssteget än för den motsvarande traditionella process (med tubvärmeväxlare) som byggdes upp. I praktiken förväntas dock skillnaden bli något lägre, eftersom en optimerad lösning (baserad på tub- eller skrapvärmeväxlare) överför energin mer effektivt till produkten än den pilotanläggning som använts i projektet.

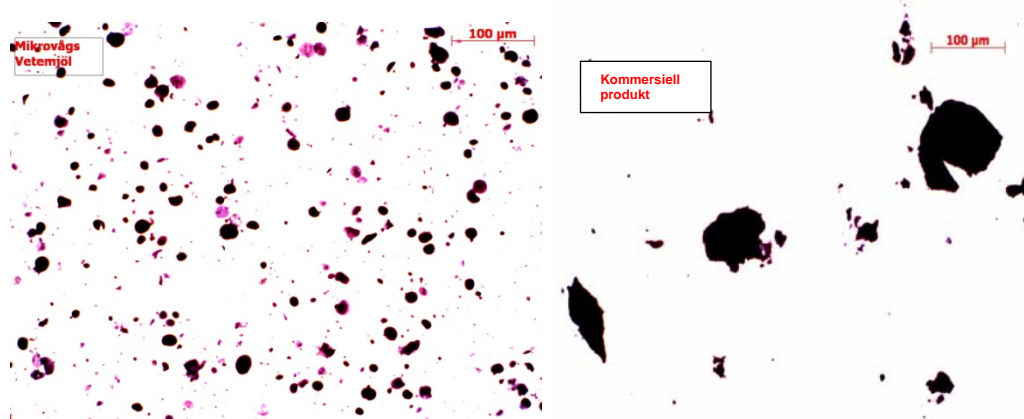
Svällning av stärkelse och skällning av mjöl

Vid skällning och svällning finns mycket goda möjligheter att skapa skraddarsydda produkter (mjöl med mycket goda bakningsegenskaper, stärkelse med unika svällningsegenskaper etc.) med unik kvalitet, då livsmedlen kan värmas skonsamt med mikrovågor genom direktvärmning. Egenskaperna hos ett skällt mjöl eller en svälld stärkelse är viktigt för att brödet ska få god kvalitet efter bakning.

Figur 3 visar mald mikrovågsbehandlad vetestärkelse och ett exempel på en kommersiellt tillgänglig produkt. Kvaliteten och stärkelsens egenskaper kan styras med hjälp av lämpligt valda processinställningar vid värmebehandlingen. Stärkelsens egenskaper är viktiga för brödets kvalitet, vid bakning där man blandar in en viss del svälld stärkelse i mjölet. Det går att värmebehandla vetestärkelse på ett mer skonsamt sätt genom direktvärmning med mikrovågor, jämfört med motsvarande konventionellt värmebehandlade stärkelse. Figur 4 visar vetemjöl som värmebehandlats (skällats) med mikrovågor och sedan malts, samt ett kommersiellt tillgängligt skällt mjöl. Även där finns motsvarande möjlighet att ta fram en unik kvalitet på produkten.



Figur 3. Exempel på mikrovågssvälld, mald vetestärkelse (till vänster) samt en kommersiellt tillgänglig produkt (till höger). 1 cm på fotot motsvarar 100 µm i verkligheten. I den senare produkten ligger sjok av stärkelsegranuler på varandra på fotot.



Figur 4. Malt mjöl som skållats med mikrovågor samt en kommersiellt tillgänglig produkt (skållat mjöl). 1 cm på fotot motsvarar 100 µm i verkligheten.

Livsmedlets egenskaper

Livsmedlets egenskaper påverkar värmningsresultatet, men tekniken kan användas för att värma i princip alla pumpbara livsmedel (vatteninnehållet och andelen salt i livsmedelsprodukter i allmänhet innebär att livsmedel över lag har god förmåga att absorbera mikrovågsenergi).

Jämnhet vid värmning

Jämnheten vid kontinuerlig mikrovågsvärmning bedöms vara mycket god för system som designats baserat på kunskaper om hur värmningsjämnhet kan optimeras. I SIK:s pilotskalanläggning kan exempelvis värmningsprofilen styras genom att välja lämplig effektnivå på centrum- respektive periferivärmande enheter, och justera dessa i förhållande till flödet. Resultatet blir en process som klarar att värma jämnt vid kontinuerlig mikrovågsvärmning av pumpbara produkter av skilda slag.

Uppskalning till industriell skala

Simuleringar av kontinuerlig mikrovågsvärmning vid industriella flöden (2 ton/kg) har gjorts för att få en uppfattning om vad implementering av tekniken innebär vid högpastörisering av soppa (med bitar).

Exemplet överst på sidan 8 illustrerar resultatet från dessa simuleringar, för högpastörisering av soppa med mikrovågsvärmning respektive konventionell teknik. Projektets resultat indikerar att processtiden kan minskas upp till 3,5 gånger genom att använda mikrovågsvärmning. I praktiken förväntas dock skillnaden bli något mindre, eftersom en optimerad lösning (baserad på tub- eller skrapvärmeväxlare) överför energin mer effektivt till produkten än den pilotanläggning för konventionell värmning, baserad på tubvärmeväxlare, som stod till projektets förfogande.

Slutsatser

Kontinuerlig mikrovågsvärmning av pumpbara livsmedel har en stor potential för livsmedelsindustrin av flera skäl. Tekniken innebär möjligheter att korta ner processtiderna betydligt. I många fall kan även energiåtgången minskas, t ex vid högpastörisering av soppa. De kortare processtiderna innebär även att kvaliteten hos livsmedlet kan förbättras avsevärt.

För flera tillämpningar, t ex svällning och skållning, kan tekniken även användas för att styra mot en unik kvalitet som ger mervärde på marknaden. Egenskaperna hos exempelvis ett skållat mjöl är viktiga för att få god kvalitet på brödet.



Huvudkontor/Head Office:

SIK, Box 5401, SE-402 29 Göteborg, Sweden.

Telephone: +46 (0)10 516 66 00, fax: +46 (0)31 83 37 82.

Regionkontor/Regional Offices:

SIK, Ideon, SE-223 70 Lund, Sweden.

Telephone: +46 (0)10 516 66 00.

SIK, Forslunda 1, SE-905 91 Umeå, Sweden.

Telephone: +46 (0)10 516 66 00.

SIK, c/o Almi, Box 1224, SE-581 12 Linköping, Sweden.

Telephone: +46 (0)10 516 66 00.

www.sik.se