

Ta vara på odlingens sidoströmmar – exemplet broccoli

MARIE OLSSON¹, KLARA LÖFKVIST², GUN HAGSTRÖM¹, MATTIAS ERIKSSON³, RICHARD ALBIN⁴ CHARLOTTA LÖFSTRÖM⁵, LOVISA ELIASSON⁵, VICTOR BOHM TADIC⁶, ANDREAS ULINDER⁷, ULLA NILSSON⁸

1. INSTITUTIONEN FÖR VÄXTFÖRÄDLING, SLU, ALNARP. 2. HIR, SKÅNE. 3. INSTITUTIONEN FÖR ENERGI OCH TEKNIK, SLU, UPPSALA. 4. LYCKEBY CULINAR AB. 5. RISE RESEARCH INSTITUTES OF SWEDEN. 6. GRÖNSAKSMÄSTARNA NORDIC AB. 7. FAZER BAGERI. 8. ULLA NILSSON KONSULT AB

Detta projekt har utforskat möjligheter att använda sidoströmmar; broccoliblad och stjälk, från broccoliproduktion till nya torkade livsmedels ingredienser. Skördehantering, skördeekonomi, lämpliga processtekniker, livscykelanalys, mikrobiologisk analys och riskbedömning, analys av näringsämnen och bioaktiva ämnen, sensorik och marknadsaspekter har undersökts.

Bakgrund

Matsvinn, inklusive förluster som uppkommer i primärproduktionen som livsmedelsförluster, anses bidra till klimatförändringar (Loboguerrero et al., 2019). Det kan även bidra till en lägre självförsörjningsgrad för Sverige. Svinn uppstår i hela kedjan från producent till konsument. De delar av produkterna som är ätliga, men som idag inte tas tillvara och skördas i fält kan också räknas som svinn. I exempelvis broccoliproduktion skördas endast den översta tredjedelen av plantan, medan stora delar av stammen samt bladen lämnas kvar i fält. Broccoliblad används som en egen produkt i vissa länder, som t.ex. USA.

I ett EIP-projekt har möjligheter till att skörda större delen av broccoliplantan undersökts, jämte produktionsekonomi, livscykelanalys, olika processtekniker, mikrobiologisk livsmedels säkerhet, näringsämnesinnehåll och påverkan av processmetoder, samt marknadsaspekter.

Skörd och produktionsekonomi

Vid normal skörd av broccoli är det huvudsakligen buketterna som ska skördas,

och vid skörd skärs broccoliplantan först av ca 10–15 cm från marken. Bladen skärs sedan av längs med stammen med en kniv och lämnas på marken. Allt skördearbete sker i princip manuellt, varför det är ett arbetsintensivt moment i produktionen. Varje fält skördas 3–5 ggr eftersom produkten buketter med en bit stam skall vara av bestämd storlek. Vid det sista skördetillfället finns det möjlighet att skörda en något större andel av buketterna, så de som har fel storlek kan användas till andra produkter, som färskvara eller processade produkter. Efter sista skörden plöjs fältet, och de kvarvarande delarna av broccoliplantan plöjs då ned.

I projektet togs de översta bladen tillvara i samband med skörden av den vanliga produkten bestående av bukett och en del stam. Dessa blad har, genom att de har varit placerade i den övre delen av plantan, inte utsatts för smuts, till skillnad mot de lägre bladen som kan ligga an mot jorden och därför vara olämpliga att använda. Den nedre delen av plantan, som består av de nedre bladen samt en bit stam, kommer att bidra till jordens mullhalt när den plöjs ned.

I projektet gjordes under 2018, 2019 och 2020 provskördar av broccoliblad hos odlare. Under de två första åren gjordes skördarna i mindre skala, medan under 2020 gjordes ett större försök. Skörden av blad utfördes samtidigt som den ordinarie skörden av broccolibuketter, där även bladen lades i separata lådor istället för att falla ner på marken när de skars av.



Bild 1: Skördade broccoliblad i storbinge.
Foto: Klara Löfkvist

Skördearbetet samt hanteringen av lådorna av blad krävde ytterligare tidsåtgång jämfört med att bara skörda buketterna, vilket togs med i senare beräkningar över produktionsekonomi.

Produktionsekonomi för skörd, hantering efter skörd, transport och emballage mm beräknades med hjälp av Jordbruksverkets kalkylmall (Jordbruksverket, 2020). Jämfört med normal skörd tillkommer kostnader genom ökad arbetstid, ökade transporter och emballage när även broccolibladen skördas. Däremot kommer de odlingsbundna kostnaderna såsom plantor, bevattning och skötsel inte att

öka om en större del av broccoliplantan tas tillvara, men en mindre mängd skörderester kommer att återföras till fältet, vilket ökar behovet av växtnäring något.

Markbördighet påverkas av samtliga grödor i en växtföljd. Grönsakskulturer såsom broccoli är näringskrävande genom att de producerar en stor mängd bladmassa, men skörderester i stora mängder lämnas kvar på fältet, varvid näring tillförs till kommande gröda. Även broccoliplantornas relativt stora rotsystem bidrar också till att broccoli är en bra förfrukt till andra grödor (Ögren och Jonsson 2015). När skörderester lämnas kvar i fält ökar dock risken för näringsläckage, om inte en fånggröda följer efter nedplöjningen av resterna. I detta projekt har vi gjort bedömningen, utifrån utförda provskördar, att de skördade övre broccolibladen endast utgör en liten del av alla de skörderester som normalt lämnas för att plöjas ned i fältet. De övriga skörderesterna bedöms vara tillräckligt för att bidra till ökad kolinlagring och multhalt i jorden.

När en större del av den producerade broccoliplantan tas tillvara bidrar detta till mer hållbara produktionssystem. I projektet har en livscykelanalys utförts och publicerats för att åskådliggöra miljöpåverkan. I denna var slutsatserna att detta förfarande skulle innebära en positiv miljöeffekt, samt att det även skulle kunna resultera i hälsofördelar om produkter av broccoliblad blandades in i andra livsmedel, och på detta sätt delvis ersatte andra livsmedelsingredienser (Eriksson et al., 2021).

Processteknik för torkade produkter

Råvaran broccoliblad, inklusive bladstjälk, användes till olika processförsök med mål att få fram torkade livsmedelsingredienser av hög kvalitet. Blad och bladstjälk separerades för att utröna deras olika egenskaper och lämplig processteknik. Råvaran sköljdes och delades, blancherades, sönderdelades och torkades därpå med varmluftstork och maldes till pulver. Lämplig tid för vissa av processstegen testades för de olika delarna av råmaterialet. Vattenhalt och vattenaktivitet mättes efter varje processteg. Temperaturprofiler mättes un-

der torkningen av de olika råmaterialen. Olika temperaturer under torkningen undersöktes, för att utröna om detta hade någon betydelse för mikrobiologisk aktivitet och för näringsämnesinnehållet i de torkade pulvren.

De torkade broccolipulvren undersöktes avseende partikelstorleksfördelning och löslighet. Beroende på råmaterial och processmetod erhöles olika egenskaper på de torkade broccolipulvren beträffande färg, fiberinnehåll och partikelstorlek. Malningsgraden kan bestämmas för att påverka pulvrens egenskaper.

Det utfördes även försök för att tillverka extruderade produkter. Under extrudering bearbetas ett material under högt tryck, höga temperaturer och skruvkrafter. Slutligen pressas materialet genom ett formande munstycke. Detta används t.ex. vid tillverkning av snacksprodukter som ostbågar, frukostflingor och till vegoprodukter som har köttliknande textur. I försöken användes en dubbelskruvsextruder, olika sorters mjöl, och två olika typer av broccolipulver som tillsattes. Olika blandningar prövades och de extruderade produkterna med tillsatt broccolipulver utvärderades avseende smak, doft, färg och textur. Beroende på om torkat pulver av bladstjälk eller blad hade använts erhöles skillnader både beträffande smak, doft, färg och textur.

Hållbarhet hos det torkade broccolipulvret

I projektet genomfördes en studie av broccolipulvrets lagringsstabilitet. Härigenom kan man bedöma en lämplig hållbarhetstid för en förpackad pulverprodukt av broccoliblad och bladstjälk. Försöken pågick under 12 månader, och vid olika tidpunkter under denna tid undersöktes hur pulvrets mikrobiologiska innehåll, färg, pH, vattenhalt och vattenaktivitet påverkades då produkten lagras under kontrollerade förhållanden. Proverna förvarades i plastpåsar i mörker i konstant temperatur och luftfuktighet (23°C, 50 % RH). Utöver dessa mätningar gjordes även analyser på hur näringsämnen i pulvret påverkades under lagring (se nedan).

Under lagringen skedde viss förändring av pulvrets färg, så det gick från något

mindre grön färg, till något mer gul färg. Resultaten av mätningar under lagringstiden visade att den mikrobiologiska kvaliteten var stabil över hela den undersökta tolv månadersperioden. Mätningar av pH, vattenaktivitet och vattenhalt visade endast små förändringar över tid.



Bild 2: Ett större processförsök utfördes på en kommersiell anläggning. På bilderna utför två av Faktabladets medförfattare, Ulla Nilsson samt Lovisa Eliasson, inledande steg i processförsöket. Foto: Gun Hagström och Charlotta Löfström.

Uppskalad processförsök

Ett uppskalat processförsök utfördes efter de två inledande säsongernas mer småskaliga försök med olika processtekniker. För detta försök söktes en kommersiell anläggning som utför kontraktstillverkning (legotillverkning), dvs. ett företag som tillverkar eller bearbetar produkter på uppdrag av ett annat företag. Det visade sig svårare än förväntat att hitta ett företag i Sverige med lämplig torkutrustning, samt utrustning för de inledande processstegen, men genom att använda ett demonstrationsexemplar av en torkanläggning, samt annan utrustning på företaget där torkutrustningen var placerad, kunde det uppskalade försöket genomföras.

I detta försök användes endast broccoliblad, eftersom det inte fanns någon utrustning som kunde skilja blad från stjälk, som var gjort i tidigare försök. Bladen tvättades i en tvättanläggning, blancherades därpå i en kokgryta och finfördelades i en kvarn. De finfördelade bladen uppsamlades i backar, och sedan i en plastklädd bunge. De malda blancherade bladen kördes därefter in i torkanläggningen. Under torkningen dispergeras bladbitarna mekaniskt i den heta luftströmmen. Eftersom bladbitarna snurrar runt i torkkammaren och bearbetas, slås de sönder till små partiklar. Detta resulterar i att det som kom ut från torken var ett fint, grönt, torrt pulver. En grövre fraktion erhöles också genom att ta ut blad från torken innan de var helt torkade och därmed sönderslagna till ett pulver. De grövre bitarna sluttorkades i en konventionell varmluftstork.

Mikrobiologisk utvärdering samt annan kvalitetsbedömning

En mikrobiologisk riskbedömning gjordes av det uppskalade processförsöket, där prover analyserades från de olika stegen i processen. Mätningar av den mikrobiologiska kvaliteten och olika processparametrar gjordes under försöket. Prover togs ut av det tvättade råmaterialet, av materialet efter blanchering, efter hackning, samt av det finfördelade torkade pulvret och det grövre pulvret. Temperaturmätningar gjordes genom att placera sensorer vid materialet i olika processsteg. De mikro-

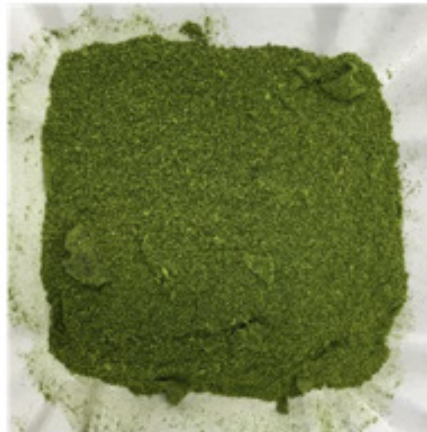


Bild 3: Torkade produkter från det uppskalade processförsöket. Till vänster med mindre partikelstorlek och till höger grövre partiklar. Foto: Lovisa Eliasson

biologiska nivåerna var relativt konstanta efter tvätten av bladen. Efter blancheringen var samtliga typer av mikroorganismer som mättes i försöket reducerade, men hackningen bidrog till en ökning av vissa typer av mikroorganismer. Vid analys av det torkade pulvret fanns det främst aeroba sporer och mögelsvamp. Det sker ingen större förändring under lagring i den torra ingrediensen; vare sig tillväxt eller avdödning av de analyserade mikroorganismerna. Analysen på broccolipulvret direkt efter processförsöket visade en godtagbar mikrobiologisk kvalitet.

Det gjordes även en mer övergripande mikrobiologisk riskbedömning, som även innefattade de inledande säsongernas processförsök, liksom skörd och hantering efter skörd. Utifrån litteraturstudier samt analyser visade denna att det finns mikrobiologiska risker vid produktion av de torkade produkterna, men med rätt vald metodik kan godtagbar mikrobiologisk kvalitet erhållas. Temperaturen identifierades som den faktor som har störst inflytande på nivåerna av mikroorganismer i de olika stegen i processen, och även i den färdiga produkten. Det är viktigt att stegen före blanchering utförs vid kyltemperatur, samt att de blancherade och hackade bladen kyls ner snabbt efter blancheringen. Torkningssteget reducerar vattenaktiviteten så att det torkade pulvret blir mikrobiologiskt stabilt. Det är dock viktigt att ta höjd för att pulvret kan innehålla olika typer av mikroorganismer

när det sen används som tillsats till andra livsmedel.

Även andra mätningar gjordes på materialet från det uppskalade försöket. Partikelstorleksmätningar visade att flera partikelstorlekar fanns såväl i det finmalda pulvret, som i det grövre pulvret, men i båda var det en storlek som dominerade. Vattenhalten gick från 89% vid de inledande stegen av processen, till 8% i det finmalda pulvret. Vattenaktiviteten bedömdes vara så låg att produkten var mikrobiologiskt stabil. Resultaten för pH-mätningarna visade att pH ligger på 6,2 – 6,3 för stegen innan torkningen, medan det torkade broccolipulvret hade ett lägre pH.

Analys av näringsämnen samt andra hälsosamma ämnen i råvara och efter process

Broccoli är en av de grönsaker som Livsmedelsverket betecknar som de mest näringsrika (Livsmedelsverket, 2022). Denna grönsak har högt innehåll av vitamin C och vitamin K, beta-karoten (provitamin A), samt innehåller även glukosinolater. Detta är en grupp ämnen, där vissa anses vara hälsobefrämjande. Konsumtion av broccoli har länkats till minskad risk för hjärtkärlsjukdomar samt vissa former av cancer (Mahn & Reyes, 2012).

Analys utfördes i projektet av vitamin C, vitamin K, karotenoider (beta-karoten och andra), samt glukosinolater. Såväl råvaran broccoliblad och stjälkar analyse-

rades, liksom prover tagna från de olika stegen i processen för att tillverka torkade produkter. Innehållet i broccoliråvara av de undersökta ämnena vitamin C, vitamin K, karotenoider och glukosinolater påverkades av olika säsonger, liksom tid på säsongen. Generellt sett var dock innehållet i broccoliblad innan process högt, med vitamin C-innehåll på ca 80 mg/100 g friskvikt, vitamin K-innehåll på ca 600 – 700 µg/100 g friskvikt och innehåll av β-karoten på ca 6 mg/100 g friskvikt. Också innehållet av glukosinolaten glukorafanin var förhållandevis högt i broccoliblad, 2–6 mg/g torrsvikt, även om det var högre halt i broccolibukett av glukorafanin. Innehållet i bladstjälk var i samma storleksordning som blad för vitamin C och glukorafanin, men betydligt lägre för karotenoider och vitamin K.

De inledande två säsongernas processförsök visade att det generellt sett gick att behålla en betydande del av näringsämnen, liksom bioaktiva ämnen (glukorafanin och lutein), efter processstegen blanchering och torkning. Detsamma gällde för vitamin C-innehållet, där det ofta annars sker en betydande reduktion efter processen, men här behölls en relativt stor andel kvar i de torkade produkterna.

Det uppskalade processförsöket, utfört på en kommersiell anläggning, visade generellt sett också att det gick att behålla näringsämnen på en god nivå efter processstegen blanchering, hackning, malning och torkning. Lagringsförsöket efter processförsöket visade att halterna av vitamin C minskade med lagringstid, vilket var ett förväntat resultat eftersom C-vitamin anses vara det mest reaktiva av alla vitaminer (Becker, 2013). Minskningen var inte lika stor för karotenoiderna, och för vitamin K inträffade en reduktion av halten först efter tre till sex månaders lagring. Detta överensstämmer med litteraturuppgif-

ter att vitamin K är relativt stabil, medan karotenoider kan vara känsliga för oxidation, men det beror även på förhållanden vid processen (Lešková et al., 2006). Glukorafanin-innehållet påverkades i mindre omfattning av lagring. Sammantaget har framför allt broccoliblad, men även de andra undersökta broccolidelarna, förhållandevis högt näringsinnehåll och innehåll av vissa bioaktiva ämnen. Processförsöken visade att val av processmetod kan påverka resultaten, men att det finns goda möjligheter att ha en god retention efter torkning av ämnen som anses som hälsosamma.

Marknadsaspekter och framtida produktion av torkade produkter

De producerade torkade produkterna utvärderades av de ingående livsmedelsföretagen beträffande möjlig användning och sensorik. Inom projektet gjordes även en undersökning av marknaden för torkade produkter. Importen till Sverige av torkade grönsaksprodukter har ökat över tiden enligt importstatistik från SCB, och det finns ingen storskalig torkning av den här typen av produkter i Sverige. Det krävs dock investering i torkningsanläggning för en inhemsk produktion, och med de stigande energipriserna bör en framtida teknik vara energieffektiv. En kartläggning över befintliga tekniker och tillgängliga framtida tekniker visade att det finns potentiellt intressanta processtekniker för denna typ av produkter. Enligt globala marknadsöversikter förväntas en ökad efterfrågan av torkade produkter, p.g.a. efterfrågan på ”bekväma produkter” (eng. convenience products). Vidare har framförts att det är troligt med en ökad efterfrågan av livsmedelsprodukter som kan lagras, som t.ex. torkade produkter, p.g.a. en mer osäker framtida livsmedelsförsörjning och behov av en bättre livsmedelsberedskap.

Referenser

- Becker, W., 2013. Mineralämnen, i Näringslära för högskolan, L. Abrahamsson, A. Andersson, G. Nilsson, Eds., Liber, Stockholm. s. 180–222.
- Eriksson, M., Bartek, L., Löfkvist, K., Malefors, C., Olsson, M.E. 2021. Environmental Assessment of Upgrading Horticultural Side Streams—The Case of Unharvested Broccoli Leaves. Sustainability, 13(10):5327. <https://doi.org/10.3390/su13105327>
- Jordbruksverket, 2020. Ekonomi i grönsaksodling på friland – kalkyler för olika grödor och typföretag. https://www2.jordbruksverket.se/download/18.358a4456173aa819c99977c2/1596440208489/jo20_3.pdf
- Lešková, E., Kubíková, J., Kováčiková, E., Košická, M., Porubská, J., Holčíková, K., 2006. Vitamin losses: Retention during heat treatment and continual changes expressed by mathematical models. J. Food Comp. Analysis, 19, 4, 252–276, ISSN 0889-1575, <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2005.04.014>.
- Livsmedelsverket, 2022. Hämtat 230329. Tio i topp – näringsrikast av de grönsaker vi äter mest av (livsmedelsverket.se)
- Loboguerrero, A.M., Campbell, B.M., Cooper, P.J.M., Hansen, J.W., Rosenstock, T., Wollenberg, E. 2019. Food and Earth Systems: Priorities for Climate Change Adaptation and Mitigation for Agriculture and Food Systems. Sustainability, 11, 1372. <https://doi.org/10.3390/su11051372>
- Mahn, A., Reyes, A., 2012. An overview of health-promoting compounds of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) and the effect of processing. Food Sci. Technol. Int., 18, 6, 503–514
- Ögren, E., Jonsson, P., 2015. Odlingsbeskrivningar. Ekologisk grönsaksodling på friland. Jordbruksverket.

- Faktabladet är utarbetat inom LTV-fakultetens Institution för växtförädling, SLU Alnarp, <https://www.slu.se/institutioner/vaxtforadling>
- Projektet är finansierat av Landsbygdsnätverket, EIP-Agri, projekt 2017-4500. EIP-Agri - Landsbygdsnätverket (landsbygdsnätverket.se)
- Projektansvarig/författare Marie Olsson, Marie.Olsson@slu.se, Institutionen för växtförädling, SLU, Alnarp
- Övrig publicering inom projektet: Eriksson M., Bartek L., Löfkvist K., Malefors C., Olsson M.E.. Environmental Assessment of Upgrading Horticultural Side Streams—The Case of Unharvested Broccoli Leaves. Sustainability. 2021; 13(10):5327. <https://doi.org/10.3390/su13105327>
- På webbadressen <https://publications.slu.se/> kan detta faktablad hämtas elektroniskt

