



Produktion av edamame

Kvalitetsparametrar för odling och konsumtion

Sandra Golobov

Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Fakulteten för landskapsarkitektur,
trädgårds- och växtproduktionsvetenskap
Institution för Biosystem och teknologi
Hortonomprogrammet
Alnarp 2022



Produktion av edamame.

Kvalitetsparametrar för odling och konsumtion

Production of edamame – quality parameters for cultivation and consumption

Sandra Golobov

Handledare: Helena Persson Hovmalm, Sveriges Lantbruksuniversitet, institutionen för växtförädling

Examinator: Åsa Grimberg, Sveriges Lantbruksuniversitet, institutionen för växtförädling

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E

Kurstitel: Självständigt arbete i biologi

Kurskod: EX0855

Program/utbildning: Hortonomprogrammet

Kursansvarig inst.: Institutionen för Biosystem och teknologi

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2022

Omslagsbild: Edamame i fält, Fotograf: Helena Persson Hovmalm, 2022

Upphovsrätt: Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.

Nyckelord: antinutritionella faktorer, *Glycine max*, gröna sojaböner, grönskörd, isoflavoner, kvalitet, omogna sojaböner

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakultet för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Institutionen för Biosystem och teknologi

Sammanfattning

Sojabönan är en de viktigaste grödorna och odlas över stora arealer globalt. Den odlas främst för sitt höga proteininnehåll och relativt höga oljeinnehåll och anses därav vara en olje gröda. Edamame eller vegetable soybean är gröna sojabönor som skördas vid mognadsstadiet R6 då bönorna fyller ut baljan till 80–90 %. Edamame konsumeras som en grönsak eller snack. I Asien är det en välkänd och populär gröda med en lång odlingshistoria. Kina, Taiwan, Thailand och Japan är de största producenterna i nuläget. Japan har den största konsumtionen och därmed har majoriteten av kvalitetsstandarder för edamame definierats av den marknaden. Edamame har de senaste årtionden ökat i popularitet i västerländska länder, särskilt i USA.

Kvalitetsparametrar för edamame brukar delas in i fem kategorier; näringsvärde, visuella aspekter eller utseende, smak, arom och textur. I denna litteraturstudie beskrivs agronomiska förutsättningar för edamameodling samt de viktigaste kvalitetsparametrarna för produktion. Edamame har ett högt näringsinnehåll precis som vanliga sojabönor, men de har en mildare sötare smak, mjukare textur och innehåller lägre nivåer av antinutritionella faktorer. Sojabönan är en kortdagsväxt som är känslig för låga temperaturer. De viktigaste skillnaderna i produktionen av vanlig sojaböna och edamame är skördetidpunkten och skördemetoden. Edamame skördas tidigare och har därmed en kortare växtsäsong. De skördas traditionellt i småskalig odling för hand, i storskalig produktion är det möjligt att använda skördetröskor för gröna bönor.

Nyckelord: Antinutritionella faktorer, *Glycine max*, gröna sojabönor, isoflavoner, kvalitet, vegetable soybean

Abstract

Soybeans is one of the most important crops grown over large areas globally. It is mainly cultivated for its high protein content and relatively high oil content, as it is considered an oil crop. Edamame or vegetable soybean are green soybeans harvested at maturity level R6 when the bean fill out the pod to 80-90%. Edamame is consumed as a vegetable or snack. In Asia it is a well-known and popular crop which has a long history of cultivation. China, Taiwan, Thailand and Japan are the largest producers at the moment. Japan has the largest consumption and thereby has the majority of the quality standards for edamame been defined by that market. Edamame has for the last decades gained an increased popularity in western countries, particularly in the US.

Quality parameters for edamame are often divided in five categories: nutritional value, visual aspects or appearance, taste, aroma and texture. In this literature study the agronomic conditions for edamame cultivation and the most important quality parameters for production are described. Edamame has a high nutrient content just like regular soybeans, but they have a milder, sweeter flavour, a softer texture, and contain lower levels of antinutritional factors. The soybean is a short-day plant that is sensitive to low temperatures. The important differences in the production of ordinary soybean and edamame are the time of harvest and the method of harvesting. Edamame is harvested earlier and thus have a shorter growing season. It is traditionally harvested in small-scale cultivation by hand, in large-scale production it is possible to use combine harvesters for green beans.

Keywords: Antinutritional factors, *Glycine max*, green soybeans, isoflavones, vegetable soybean, quality.

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	7
Figurförteckning	8
Förkortningar	9
Inledning.....	10
1.1 Bakgrund	10
1.2 Syfte	12
1.3 Frågeställning	12
1.4 Avgränsningar	12
1.5 Material och metod	12
1.5.1 Litteraturstudie.....	12
Resultat.....	13
2.1 Botanik	13
2.1.1 Taxonomi	13
2.1.2 Morfologi	13
2.2 Konsumtion och historia	17
2.2.1 Edamame - definition och konsumtion	17
2.2.1 Asien	19
2.2.2 Nordamerika och Sydamerika	19
2.2.3 Afrika	20
2.3 Global produktion	21
2.4 Odling	22
2.4.1 Agronomiska förutsättningar.....	22
2.4.2 Temperatur.....	23
2.4.3 Dagslängd	24
2.4.4 Skörd.....	24
2.4.5 Efter skörd.....	25
2.5 Problem vid produktion	26
2.6 Kvalitetsparametrar.....	27
2.6.1 Näringsvärde	27
2.6.2 Visuella aspekter	29

2.6.3 Smak	30
2.6.4 Textur	30
2.7 Antinutritionella faktorer	31
2.7.1 Proteasinhätorer	31
2.7.2 Fytinsyra	32
2.7.3 Lektiner	32
2.7.4 Oligosackarider	32
2.8 Växtförädling	33
2.9 Sortförsök i USA	34
2.10 Odling av sojabönor i Sverige och Skandinavien	35
3. Diskussion	38
4. Slutsats	42
Referenser	43
Tack	50

Tabellförteckning

Tabell 1 - Beskrivning av utvecklingsfaser hos sojaböna (<i>Glycine max.</i>). Beskrivningen gäller enskilda plantor, endast utvecklingen på huvudstammen beskrivs och förgreningen ignoreras. Baserat på beskrivning av Fehr & Caviness (1977) och Singh (2017).....	16
Tabell 2 - Sammanfattande beskrivningar över förutsättningar och hinder för en svensk produktion av sojabönssorter lämpliga för grönskörd, dvs. edamame	36

Figurförteckning

Figur 1. Illustration över de olika utvecklingsstadierna för sojaböna. De vegetativa utvecklingsstadierna; VE innebär uppkomsten av fröplantan med kotelydoner, VC innebär utrullade kotelydoner samt de första primära bladen. V1, utrullat sammansatt trefingrat blad, V2 innebär ett fullständigt utrullat sammansatt trefingrat blad i noden ovanför den föregående. De reproduktiva utvecklingsstadierna; R1 innebär en blomma vid varje nod, R2 innebär en blomma vid en av de översta noderna med ett fullt utvecklat blad, R3 innebär tidig tillväxt av baljan som är ca 5 mm lång vid en av de översta fyra noderna, R4 innebär att baljan är ca 2 cm lång vid dessa noder, R5 är stadiet då bönor eller frön börjar att bildas i baljorna, R6 är stadiet då baljan innehåller gröna bönor i full storlek vid en av de översta fyra noderna, R7 är stadiet då baljorna börjar att gulna, ca 50 % av bladet gulnar, fysiologisk mognad. R8 är stadiet då 95 % av alla baljor har gulnat, skördemognad. Illustration av: Sonia Reiser, 2022.

Figur 2. Färska baljor av edamame. Källa: Wikipedia Commons, 2022.

Figur 3. En närbild på en blommande edamameplanta i fält. Foto: Helena Persson Hovmalm, 2022.

Förkortningar

AFT	Antinutritionella faktorer
KTI	Kunitz trypsin inhibitor
MG	Mognadsgrupp
RZT	Rotzonstemperatur
USA	United States of America

Inledning

1.1 Bakgrund

Baljväxter är växter som tillhör familjen Fabaceae och innehåller mer än 650 släkten och ca 18 000 arter. Fabaceae utgör den tredje största familjen av blommande växter. Ur ett ekonomiskt perspektiv representerar Fabaceae den nästa största familjen av odlade växter efter gräsfamiljen Poaceae (Ntatsi *et al.* 2018). Baljväxter karakteriseras av sin förmåga att bilda en symbiotisk relation med kvävefixerande bakterier, Rhizobia, som bidrar med att tillföra kväve till levande organismer i jordens biosfär. De flesta baljväxter som används till mat konsumeras som frön vilka kallas bönor eller ärter. Vissa arter av baljväxter produceras med ändamålet att konsumeras som grönsaker och skördas då plantan är i ett omoget stadie och baljorna med fröna inuti är mjukare med en högre vattenhalt än motsvarande balja i ett moget stadie (Koley *et al.* 2018; Ntatsi *et al.* 2018).

De ekonomiskt viktigaste baljväxterna inom denna kategori är ärta (*Pisum sativum* L. *sativum*), favaböna eller åkerböna/bondböna (*Vicia faba* L.), ögonböna [*Vigna unguiculata* (L.) Walp. ssp. *unguiculata* cv.-gr. *Unguiculata*], sparrisböna eller långböna [*Vigna unguiculata* (L.) Walp. ssp. *unguiculata* cv.-gr. *sesquipedalis*], som odlas på fält och brytböner, skärböner och vaxböner (*Phaseolus vulgaris* L.) som odlas både på fält och i växthus. Andra baljväxtarter som även konsumeras som grönsaker är sojaböner som kallas edamame, mungböner (*Vigna radiata* L. Wilczek) och plattvial (*Lathyrus sativus* L.) (Ntatsi *et al.* 2018).

Sojabönan (*Glycine max* Merrill L) är en viktig gröda som odlas över stora arealer världen över. Världsproduktionen av sojaböner var år 2020 cirka 353 miljoner ton skördade på en yta av cirka 127 miljoner hektar (FAOSTAT 2022).

Den odlas främst för att användas till foder till djur ämnade för kött och mjölkindustrin. Även hästar och akvakulturer (fiskar i odling) utfodras med sojabaserat foder. Soja används som foder på grund av ett högt proteininnehåll av hög kvalitet som överträffar många andra vegetabiliska proteiner med avseende på nutritionellt värde (Hartman *et al.* 2011).

Endast ca 2 % sojaproduktionen går direkt till humankonsumtion (Hartman *et al.* 2011). Andra användningsområden är olja för produktion av matoljor, margariner, samt som bas för biodiesel (Hartman *et al.* 2011).

Edamame är omogna sojaböner som skördas då baljan är grön. De tillhör samma art som den odlade formen av sojabönan (*G.max*) som härstammar från Kina men som nu odlas i flera delar av världen (Konovsky *et al.* 1994).

På grund av att edamame skördas omogna har de en något kortare växtsäsong än vanliga sojaböner. Med vanliga sojaböner avses sojaböner som odlas till full mognadsgrad och delvis torkas på fält. Liksom dessa vanliga sojaböner har edamame ett högt proteininnehåll, cirka 40%. Näringsinnehållet är högt och bönerna innehåller även andra hälsofrämjande ämnen som är värdefulla för humankonsumtion. De äts kokta på diverse sätt exempelvis som snacks, tillbehör eller i sallader (Konovsky *et al.* 1994).

Edamamekonsumtion och därmed dess efterfrågan ökar globalt, särskilt i USA där bönerna blivit mer tillgängliga i livsmedelsbutiker och restauranter. Trots en mycket välutvecklad industri av vanlig sojaböna är cirka 70 % av edamame som konsumeras i USA importerad från Asien, särskilt från Kina (Williams 2015; Yu *et al.* 2022).

Edamameböna anses vara en högvärdesgröda, vilket skulle kunna vara av ekonomiskt intresse för odlare även i andra regioner såsom de nordiska baltiska regionerna i norra Europa (Zeipin *et al.* 2022). Odling av edamame skulle vara ett sätt att få in en baljväxt i en växtrotation, vilket är gynnsamt för nästkommande gröda. Precis som andra baljväxtgrödor bildar sojaböner symbios med kvävefixerande jordbakterier och har därmed lägre krav på kvävegödsling vilket bidrar till ett mer hållbart jordbruk (Singh 2010).

I flera undersökningar har det visat sig att konsumenter värdesätter tillgång till hälsosamma, ekologiska och lokalproducerade livsmedel i västerländska länder som USA och Sverige (Bosona & Gebresenbet 2018; Moreno & Malone 2021). Troligtvis skulle även lokalproducerad edamame vara intressant för konsumenter i Sverige. Lokal produktion innebär minskade transporter och därmed mindre miljöpåverkan samt en högre spårbarhet till odlingen av grödan. Edamame har ökat i popularitet i västvärlden och därmed även i Sverige samt i andra närliggande länder i Skandinavien. Globalt finns det en ökad efterfrågan på vegetabiliskt protein samt även på mat som är minimalt processade (Estell *et al.* 2021; Sadler *et al.* 2021). Edamame uppfyller båda dessa egenskaper men måste ofta importeras från Kina eller Taiwan vilket medför långa transporter och har därmed negativa konsekvenser för klimatet.

1.2 Syfte

Syftet med denna litteraturstudie är att ge en överblick över produktionen av edamame globalt i nutid. Relevanta kvalitetsparametrar och agronomiska krav för produktion kommer att beskrivas. Det vidare syftet är att undersöka möjligheter för en produktion av edamamebönor i Sverige och eller övriga närliggande länder på högre breddgrader där växtsäsongen är kortare och klimatet kallare än där sojaböna vanligtvis odlas i nutid.

1.3 Frågeställning

Frågor som ska besvaras i detta arbete är:

- Hur ser produktionen av edamame ut i världen i nutid?
- Vad för kvalitetsparametrar är viktiga för odlare och konsumenter?
- Vilka förutsättningar samt eventuella hinder finns för en svensk produktion av edamame?

1.4 Avgränsningar

Denna litteraturstudie fokuserar på edamameproduktion, eventuella samband mellan odling och kvalitetsparametrar och hur de påverkar exempelvis smak och utseende. Den ger även en överblick över näringsinnehåll, makronutrientier samt mikronutrientier i edamame.

Vidare ges en beskrivning av antinutritionella faktorer som enligt litteraturen är de mest relevanta för edamamebönor samt vilka konsekvenser de ger vid konsumtion.

1.5 Material och metod

1.5.1 Litteraturstudie

Detta är en litteraturstudie med litteratursökning där databaser har använts; Primo genom SLU:s bibliotek, Google scholar, Google samt Web of Science. Främsta fokus har varit på vetenskapligt granskade artiklar eller böcker eller vetenskapliga konferensrapporter. Andra texter från extension services (rådgivning), kandidatarbeten, masterarbeten och doktorsavhandlingar som är relevanta har använts. Även rapporter från myndigheter och organisationer kan förekomma i litteratursökningen.

Sökord som har använts: Antinutritionella faktorer, förädling, *Glycine max*, gröna sojaböner, omogna sojaböner, grönskörd av sojaböner.

Resultat

2.1 Botanik

2.1.1 Taxonomi

Släktet *Glycine* består av två undersläkten, det ena är *Glycine* som består av 26 vilda perenna arter naturligt förekommer i Australien samt flertalet av stillahavsöarna (Singh 2017). Det andra är *Soja* som består av *G.soja* (en vild anfader) och *G.max*, arten som är den odlade och domesticerade formen av sojaböner. I denna text hänvisas i fortsättningen endast till arten *G.max*. Både dessa arter är diploida och har $2n=40$ kromosomer. De är kompatibla för korsning och kan därmed producera fertila F1 hybrider med genutbyte (Singh 2017).

Art: *Glycine soja* Sieb. & Zucc.

Art: [*Glycine max* (L.) Merr.]

Synonymer till *G.max*: *G. gracilis*, *G. soja*, *G. hispida*

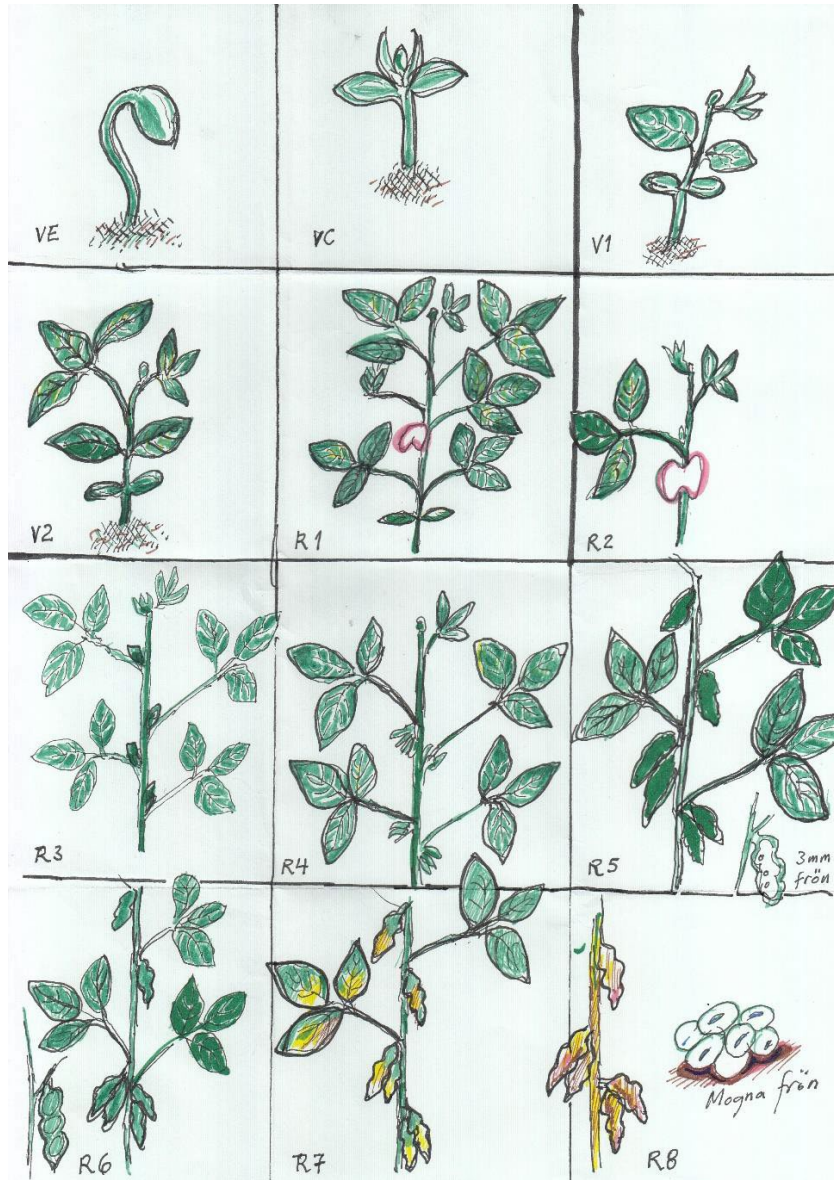
2.1.2 Morfologi

Den odlade formen av sojaböner (*G.max*) är annuella självpollinerande växter (Zeipina *et al.* 2017). Beroende på sort kan höjden på plantan variera från 17 till 145 cm (Ogles *et al.* 2016). Beroende på sort och växtförhållande, kan de vara endast något, till mycket förgrenade (Carlson & Lersten 2004). Genetiska samt miljöfaktorer (dagslängd, avstånd mellan plantor, jordens näringsstatus) påverkar förgreningen av sojaböner (Carlson & Lersten 2004; Bonghi *et al.* 2021). Rotsystemet består av en pålrot, som oftast inte kan urskiljas från övriga rötter, sedan utvecklas flertalet sekundära rötter (Carlson & Lersten 2004). Den horisontella och vertikala utsträckningen på rötterna varierar och beror på odlingsförhållanden (Carlson & Lersten 2004). Pålroten kan nå ett djup på ca 2 meter och sidorötterna kan sträcka sig upp till ca 2,5 meter om plantorna växer enskilda men oftast är rotsystemet mindre utspritt under typiska fältförhållanden där konkurrens mellan plantor råder (Carlson & Lersten 2004).

Rötterna etablerar en symbios med den kvävefixerande jordbakterien *Bradyrhizobium japonicum* genom att det bildas rotnoduler (Singh 2017). Ungefär 10 dagar efter planteringen blir de första rotnodulerna synliga på rötterna, vid full mognad är det rikligt med rotnoduler på rötterna (Carlson & Lersten 2004).

Under den vegetativa utvecklingen uppvisar sojaböna fyra olika typer av blad, De första bladen är ett par kotelydoner (hjärtblad), sedan kommer de enkla primära bladen med hel (dvs. ej flikig) och oval bladskiva vid den andra noden, vid den andra noden kommer sedan de sammansatta trefingrade bladen som är arrangerade i två motsatta rader, stipler (eng. prophyll) är den fjärde typen av blad som sitter vid bladskaftets bas (Carlson & Lersten 2004; Singh 2017).

De reproduktiva utvecklingsfaserna innebär blomning (R1 och R2), baljans utveckling (R3 och R4), frönas utfyllning av baljan (R5 och R6) och växtens mognad (R7 och R8) (Fehr & Caviness 1977) (Tabell 1). Baljans och frönas utseende samt frönas sammansättning ändras under dessa reproduktiva faser (Yu *et al.* 2022).



Figur 1. Illustration över de olika utvecklingsstadierna för sojaböna. De vegetativa utvecklingsstadierna; VE innebär uppkomsten av fröplantan med kotelydoner, VC innebär utrullade kotelydoner samt de första primära bladen. V1, utrullat sammansatt trefingrat blad, V2 innebär ett fullständigt utrullat sammansatt trefingrat blad i noden ovanför den föregående. De reproduktiva utvecklingsstadierna; R1 innebär en blomma vid varje nod, R2 innebär en blomma vid en av de översta noderna med ett fullt utvecklat blad, R3 innebär tidig tillväxt av baljan som är ca 5 mm lång vid en av de översta fyra noderna, R4 innebär att baljan är ca 2 cm lång vid dessa noder, R5 är stadiet då bönor eller frön börjar att bildas i baljorna, R6 är stadiet då baljan innehåller gröna bönor i full storlek vid en av de översta fyra noderna, R7 är stadiet då baljorna börjar att gulna, ca 50 % av bladet gulnar, fysiologisk mognad. R8 är stadiet då 95 % av alla baljor har gulnat, skördemognad. Illustration av: Sonia Reiser, 2022.

Tabell 1 - Beskrivning av utvecklingsfaser hos sojaböna (*Glycine max.*). Beskrivningen gäller enskilda plantor, endast utvecklingen på huvudstammen beskrivs och förgreningen ignoreras. Baserat på beskrivning av Fehr & Caviness (1977) och Singh (2017).

Utvecklingsstadium	Vegetativa faser - beskrivning
VE	Uppkomst, kotelydoner bryter genom markytan
VC	Fullständigt utrullat enkelt primärt blad vid första noden
V1	Fullständigt utrullat sammansatt trebladigt blad vid den andra noden.
V2	Fullständigt utrullat sammansatt trebladigt blad vid den första noden ovanför den första sammansatta bladnoden.
V3	Fullständigt utrullat sammansatt trebladigt blad vid fjärde noden. Alltså tredje noden av sammansatta blad.
V(n)	Fullständigt utrullat sammansatt blad vid den n:te noden på huvudstammen.
	Reproduktiva faser - beskrivning
R1	En öppen blomma vid någon nod på huvudstammen.
R2	Blomma vid en nod direkt under den översta noden med ett helt utrullat blad.
R3	Baljan är 0.5 cm lång vid en av de övre fyra noderna
R4	Baljan är 2 cm lång vid en av de övre fyra noderna.
R5	Bönor börjar att bildas i baljan (kan kännas om man klämmer på baljan).
R6	Baljan innehåller gröna bönor i full storlek vid en av de översta fyra noderna med helt upprullade blad.
R7	Baljorna gulnar, 50% av bladen gulnade. Fysiologisk mognad.
R8	95 % av baljorna är bruna. Skördemognad.

2.2 Konsumtion och historia

2.2.1 Edamame - definition och konsumtion

Edamame är gröna sojaböner som skördats när plantan nått cirka 80 % av sin fulla mognad, det vill säga mellan de reproduktiva tillväxtstadierna R6 och R7 (Tabell 1). Mognadsgraden motsvarar utvecklingsstadiet i den reproduktiva fasen R6 fram till R7 (Fehr & Caviness 1977) där fröna fyller ut baljan samt vattenhalten hålls mellan 60-65 % (Li *et al.* 2022). Det kan jämföras med vanliga sojaböner som vid mognadsgrad R8 har en vattenhalt mellan 10-15% (Simonne *et al.* 2000).

På japanska betyder ”*edamame*”, ”böna på kvist” eller liknande, det kinesiska namnet ”*mao dou*” kan översättas till hårig böna (Mimura *et al.* 2007). I engelskspråkig litteratur kallas sojabönorna ”vegetable soybean” eller ”vegetable-type soybean”. Ordet *edamame* används för att beskriva sorter av sojaböna som kan användas till grönskörd av sojaböna samt även den färdiga produkten *edamame*. I detta arbete används ordet *edamame* för att beskriva sorter av sojaböner lämpliga för grönskörd.

Edamame anses vara en nischgröda och har ett högre marknadsvärde än vanlig sojaböna som produceras storskaligt (Rao *et al.* 2002). Globalt är *edamame* en mindre gröda men den är mycket populär i Östra Asien och känd som en japansk grönsak (Konovsky *et al.* 1994).

Edamame tillhör samma art som vanlig sojaböna (*G.max*) men bönerorna har traditionellt selekterats för större fröstorlek, en sötare och nötaktigare smak, mjukare textur samt högre smältbarhet i jämförelse med vanlig sojaböna (Mimura *et al.* 2007). Bönerorna innehåller mellan 38–43% protein, är rika på kalcium, A-vitamin, β -karoten samt fytoöstrogener, som isoflavoner (Simonne *et al.* 2000).

I jämförelse med vanliga mogna sojaböner så har *edamame* en attraktiv grön färg (Figur 2), mjukare textur, mindre bitterhet och mindre ”böinig” smak, högre innehåll av askorbinsyra och β -karoten och lägre innehåll av vissa antinutritionella faktorer (ANF) som trypsininhibitorer och fytinsyra (Konovsky *et al.* 1994; Mebrahtu *et al.* 1997).

Traditionellt plockas baljorna från växten, sedan ångas de eller kokas i saltat vatten i högst 20 min. De serveras sedan som en förrätt eller ett tilltugg. *Edamame*böner som plockats ut ur baljan kan jämföras med gröna ärtor (*P.sativum*) och omogna limaböner/vaxböner *Phaseolus lunatus (L.)lunatus*) och kan därmed ätas på liknande sätt (Konovsky *et al.* 1994; Simonne *et al.* 2000).

Edamame kan också vara en ingrediens i grönsakswoker, grytor och sallader. Det finns även konfektyr som görs på *edamame*böner (Konovsky *et al.* 1994). Det vanligaste sättet att konsumera *edamame* på i Japan är att koka baljorna i saltat vatten, för att sedan trycka ut bönerorna ur baljan direkt in i munnen. Baljan kastas sedan bort (Konovsky *et al.* 1994).

Edamame säljs antingen i hela baljor eller som endast bönor, som plockats ut ur baljan (Konovsky *et al.* 1994). Edamame marknadsförs på tre olika sätt. Ett är som hel planta där de färska baljorna skördas genom att plantan skärs av från ca 5 cm ovanför markytan och sedan binds ihop i grupper med 4–6 plantor (Born 2006). De översta bladen samt för små eller skadade baljor avlägsnas. De hela plantorna med blad och baljor packas sedan i trälådor eller kartonger. Denna form är ofta den mest eftertraktade och även den dyraste eftersom den av japanska konsumenter anses bäst bevara kvalitén på de färska baljorna (McNulty & Acres 2001; Born 2006). Denna metod är vanlig på den östasiatiska marknaden. Det andra sättet är som hela baljor: säljbara baljor avlägsnas från plantan och packas i nätpåsar. För att baljorna ska bibehålla sin färskhetskrävs att skörd och packning sker under en kort tid. Både dessa sätt kräver samma typ av efterskördshandling med kylning och hantering men produkterna säljs sedan genom olika marknadskanaler (McNulty & Acres 2001). Det tredje sättet edamame marknadsförs på är som bönor, urplockade ur baljan, och de säljs antingen färska eller frysta (Born 2006). I USA är det vanligast att de säljs frusna, både som hela baljor och som skalade bönor.



Figur 2. Färska baljor av edamame. Källa: Wikipedia Commons, 2022.

2.2.1 Asien

Sojabönan blev först domesticerad i nordöstra Kina ca 1100 år f.Kr, då den ansågs vara en av fem heliga gryn tillsammans med ris, vete, hirs och korn. I Kina fann man sätt att omvandla soja till olika former av mat (Liu 2008), och man var också först med att utvinna olja ur sojabönor genom mekaniska pressar. Oljan användes främst till matlagning men även som ett smörjmedel, till lampoljor etcetera. Sojabönskaka var restprodukten efter oljepressningen, det användes fram till 1900-talet som gödselmedel och till jordförbättring, så kallad gröngödsling (Johnson & Myers 1995).

Metoderna för sojabönsodling samt för tillredning av sojabönor blev sedan gradvis introducerade till närliggande länder och regioner som Korea, Japan och Indonesien (Liu 2008). Sojabaserad mat blev accepterad men även modifierad till andra nya produkter. Exempel på det är de fermenterade sojaprodukterna *natto* från Japan och *tempeh* från Indonesien.

Förekomst av edamame i Japan har daterats ända tillbaka till år 1275, men det var inte förrän efter den ekonomiska boomen i Japan, det senare 1960-talet och 1970-talet, som restauranger började servera edamame, då kostnadsfritt som tillbehör vid försäljning av öl eller annan alkohol (Wang 2018). Detta ledde till att efterfrågan på edamamebönor ökade kraftigt under denna period och kontraktsodling av edamame introducerades i Taiwan genom japanska handelsmän (Wang 2018). Detta resulterade i att Taiwan blev den största leverantören av frusen edamame från 1970 fram tills 1993.

2.2.2 Nordamerika och Sydamerika

Under den senare delen av 1800-talet importerades det utsäde lämpligt för edamameproduktion till USA och odlare började att experimentera med odling av grödan (Shurtleff & Aoyagi 2021).

Edamame har ökat i popularitet på grund av deras mjuka textur, mindre ”bönaaktiga” smak samt att de kan tillagas på liknande sätt som frusen majs eller gröna ärtor (Liu 2008). Under första världskriget torkades sojabönor av två olika edamamesorter för att användas som en billig källa till protein i mat. Under 30-talet konserverades edamamebönor i konservburkar och såldes kommersiellt. Under andra världskriget ökade konsumtionen av edamame i USA. Intresse för edamame ökade signifikant under 1930-talet fram till slutet av 1940-talet. Vissa produkter marknadsfördes under namnet ”Sweet Beans” (Liu 2008). Under 1940-talet såldes edamame i konservburkar, det marknadsfördes åtminstone 6 olika konserverade produkter av edamamebönor (Shurtleff & Aoyagi 2021). Efter andra världskriget avtog

produktionen och därmed konsumtionen av edamame. Först under det senare 1970-talet återuppstod intresset för edamame för att sedan öka mer och mer (Shurtleff & Aoyagi 2021).

Sojaböner introducerades till Sydamerika i slutet 1800-talet, först till Brasilien år 1882 (Chang *et al.* 2015). År 1920 togs utsäde från Brasilien, USA, Argentina och Japan till Paraguay och något senare även till Uruguay, Venezuela och Colombia. I Brasilien och Argentina startades odling i kommersiell skala år 1940, vilket ledde till en ökad produktion på 1960-talet (Shurtleff & Aoyagi 2009; Chang *et al.* 2015). En viktig förklaring till expansionen var växtförädling som utvecklade sorter som hade en längre juvenil period vilket möjliggjorde odling vid låga latituder (Chang *et al.* 2015).

I Brasilien är konsumtionen av sojaböner i mat (där edamame ingår) begränsad men det finns ett ökande intresse och därmed en ökad marknadsefterfrågan av edamame på grund av att sojakonsumtion anses ha en positiv inverkan på människors hälsa (Casas-Leal *et al.* 2022). I Brasilien är endast 2% av den totala sojaproduktionen avsedd för humankonsumtion. Det finns intresse och stor potential för kommersiell edamameproduktion i Brasilien (Ribera *et al.* 2022). Edamameböner kan vara en viktig källa till högkvalitativt protein med en låg produktionskostnad samt andra näringsämnen för befolkningen i Brasilien (Casas-Leal *et al.* 2022). Det har även utvecklats nya edamamesorter i växtförädlingsprogram men det finns ett behov av vidare utveckling av adapterade edamamesorter (Castoldi *et al.* 2011).

2.2.3 Afrika

Kommersiell sojabönsodling i sub-sahariska länder i Afrika har en relativt kort historia. Sojaböner introducerades av kinesiska handelsmän under 1800-talet (Khojely *et al.* 2018). I Sydafrika började sojaböner att odlas år 1903. Några år senare odlades det soja även i Tanzania, Sydafrika och Nigeria. Sojaböner odlas i nuläget mest småskaligt av små producenter, ofta tillsammans med andra grödor som majs, durra eller i citrusodlingar (Khojely *et al.* 2018).

I Zambia år 1977 rapporterade en odlare att sojaböner som inte varit inokulerade utan introducerats till olika områden, kunde bilda effektiva noder i jordar som det tidigare aldrig odlats sojaböner på. Detta var gynnsamt för små odlare som bara hade tillgång till frön och inte inokulat (Mpeperekhi *et al.* 2000).

Baljväxter fixerar atmosfäriskt kväve i symbios med jordbakterier från familjen Rhizobiaceae, generiskt kallad Rhizobia. Det finns tre olika arter av Rhizobia som kan inducera nodulering av sojaböna, de tillhör tre olika släkten; *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium* samt *Sinorhizobium* (Albareda *et al.* 2009). Odlare rekommenderas att inokulera utsädet med dessa jordbakterier om det inte finns rätt typ av Rhizobia tillgänglig i jorden som kan stimulera till nodulering av baljväxten men även vid en

låg halt av tillgängligt kväve i jorden. Det är en vanlig praxis inom sojabönsodling i länder där sojaböner introducerats och där jordarna naturligt saknar *Rhizobia* som är specifikt för sojaböna (Albareda *et al.* 2009).

Edamameproduktion sker endast i en liten skala i flertalet afrikanska länder trots att det är en gröda som kan bidra till att minska undernäring. Det beror främst på att det finns för få sorter som är anpassade rent agronomiskt för dessa regioner. För en kommersiell edamameproduktion krävs att olika edamamegenotyper utvärderas för sin agronomiska prestanda i olika typer av miljöer. Det finns en stor potential för edamameproduktion i länder i sub-sahariska Afrika på grund att det finns gynnsamma odlingsmarker, grödan har en kort livscykel samt bidrar till ökad biologisk kvävefixering på grund av symbios med jordbakterier främst ur släktet *Bradyrhizobia*. Vidare finns det möjligheter att samodla edamame med andra grödor, för odlare kan det ge en ökad inkomst samt för konsumenter vara en del av en näringsrik kosthållning (Mahoussi *et al.* 2020). Tsindi *et al.* (2019) utvärderade 21 edamamegenotyper i Uganda och bland dessa fann man en genotyp G10427 som var bäst lämpad för att förbättra och vidare utveckla en sort med önskade egenskaper som stora frön, hög avkastning och bäst adaptering för odling i Uganda.

2.3 Global produktion

Kina, Japan och Taiwan är idag de största producerande länderna av edamame (Shanmugasundaram *et al.* 1991; Wang 2018).

I Japan odlas det årligen cirka 66 100 ton edamame på en sammanlagd yta av 13 000 hektar (Matsumura *et al.* 2022). Färskheten på edamame påverkar smakkvalitén så därför föredras en lokal produktion, där avståndet mellan odlingen/hantering och konsumenterna är kort (Matsumura *et al.* 2022). I vissa områden i Japan odlas särskilda sorter av edamame som har ett högre marknadsvärde på grund av särskilda egenskaper vad gäller smak, färg och textur. Exempel på detta är Dadacha-mame i Yamagata prefektur, Kurosaki-chamame i Niigata prefektur och Murasakizukin i Kyoto prefektur (Matsumura *et al.* 2022). Vid sidan om den egna produktionen är Japan även en stor importör av edamame. År 2015 exporterades det 19 027 ton edamame från Kina till Japan, samma år exporterades 30 300 ton från Taiwan till Japan (Wang 2018).

Thailand är även en viktig producent och exportör av edamame som främst odlas i den norra delen av landet (Pornprom *et al.* 2010). Där odlas bönen under tre växtsäsonger. Först odlas grödan under den torra säsongen mellan mitten av december till mitten av januari, efter odling av ris. Den andra växtsäsongen är under tidig regnperiod från maj till juli. Den tredje och sista edamameskörden tas ut sent under regnperioden i augusti (Pornprom *et al.* 2010).

I jämförelse med länder som Kina, Taiwan, Japan och Korea är edamameindustrin i USA i ett tidigt stadium. Edamameböns popularitet i USA ökar allt eftersom konsumenter blir mer medvetna om dess höga näringsvärde och hälsofördelar (Kelley & Sánchez 2005; Jiang *et al.* 2018). Varje år konsumeras ungefär 25 000 till 30 000 ton edamame i USA, där majoriteten importeras från Kina eller Taiwan (Xu *et al.* 2016).

2.4 Odling

Produktionen av edamame är lik produktionen av vanlig sojaböna (Moseley 2018). Likheter inkluderar gödsling, sjukdomshantering, fotoperiodskänslighet samt eventuell bevattning. Ofta planteras sojabönor, både vanliga och edamame, på våren. Viktiga klimatfaktorer som påverkar all sojaodling, där edamame ingår, är dagslängd, temperatur och nederbörd.

Det finns flera faktorer som kan påverka smaken, de inkluderar sortval, plantdensitet, applicering av gödsel, skördemetod samt processmetod efter skörd.

2.4.1 Agronomiska förutsättningar

För edamameodling anses ett optimalt pH-värde i jorden vara 6.0 ((Miles *et al.* 2000). Tidpunkten för sådd påverkar hur grödan etableras och därmed även avkastningen. Såtidpunkten påverkas även av balansen mellan temperatur och rådande jordfuktighet. Detta varierar lokalt och över olika geografiska områden, beroende på rådande klimat och väderlek under växtsäsongen. Det finns olika odlingstekniska metoder som kan påverka och förbättra grödans etablering. Plantering av fröplantor som producerats i växthus och som sedan transplanterades ut på fält i kombination med radtäckning i slutet av april undersöktes i Kentucky, i syftet att få ut tidigare skördar av edamame gav lovande resultat (Bec *et al.* 2004). I detta område är det annars vanligast att man kan så edamame i början av maj månad (Bec *et al.* 2004).

I norra Japan sås edamamefröna ut i maj och grödan skördas sedan i augusti. I sydliga regioner i Japan är tidpunkten för sådd istället från mars till maj och skördetidpunkten under juni till augusti (Kader *et al.* 2017). I centrala regioner av Japan sås fröna i maj där lufttemperaturen kan nå upp till 42 °C under de varma sommarmånaderna. Ungefär en tredjedel av den årliga nederbörden sker under dessa månader men för att få en tillfredställande skörd är det nödvändigt att bevara jordfuktigheten och även modifiera jordtemperaturen bland annat genom marktäckning. Marktäckning med lämpliga material kan minska den negativa påverkan som höga temperaturer har på sojabönan (Kader *et al.* 2017).

Vattentillgänglighet är viktigt för all sojaproduktion eftersom sojabönan är en mycket vattenkrävande växt (Shanmugasundaram *et al.* 1991). I vissa länder krävs konstbevattning av edamame. Konstbevattning är lämpligt i länder där edamame kan odlas under hela året. Fröna bör planteras i fuktig jord, om jorden är torr rekommenderas att den bevattnas före plantering. Radavstånd bör vara ca 60 cm och avstånd mellan fröna 5-10 cm inom en rad (Miles *et al.* 2000). Fröna bör inte läggas för djupt, mellan 0.6 -1.3 cm (Miles *et al.* 2000).

På våren, flera veckor före plantering, bör det göras jordanalyser för att ta reda på fosfor (P) och kalium (K)-innehållet i jorden. Sedan bör jorden gödslas efter behov. Kvävegödsling kan behövas men inte i alltför stora mängder (Miles *et al.* 2000; Moseley 2018). Kvävegödsling av soja kan vara nödvändigt innan plantan utvecklat rotnoduler och en symbios med den kvävefixerande jordbakterien *Bradyrhizobium japonicum*.

Om sojabönor odlas på nya jordar där det inte tidigare odlats sojabönor behöver utsädet vara inokulerat med *B. japonicum*. Odlare brukar rekommenderas att alltid inokulera utsädet. På den europeiska marknaden finns det sorter där fröna blivit förinokulerade, men lagring och transporter kan påverka överlevnaden av den inokulerade bakterien (Fogelberg & Mårtensson 2021).

2.4.2 Temperatur

Temperaturen är en betydelsefull begränsande faktor för sojaböna som hämmar dess tillväxt och utveckling, produktion av torrs substanser samt leder till att skörden minskas. Lufttemperaturer över 30 °C och under 13 °C påverkar plantans tillväxt negativt. Den optimala temperaturen för edamameodling är cirka 25-30°C under dagtid och mer än 10-15 °C under natten (Kader *et al.* 2017).

Då fröna ska sås ut bör jordtemperaturen vara minst 15 °C (Zeipin *et al.* 2022). I kallare regioner där växtsäsongen ofta är kortare, kan låga temperaturer ha en negativ påverkan på symbiosen mellan sojabönaplantans och den kvävefixerande bakterien *B. japonicum*, samt plantans tillväxt vilket leder till en minskning av ansamlingen av torrs substanser (Miransari & Smith 2008).

Låga rotzonstemperaturer (RZT) har en kraftigt negativ påverkan på kvävefixering, nodulering och funktionen av nodulerna (Miransari & Smith 2008; Dashti *et al.* 2016). Vid optimal temperatur producerar plantan en signalsubstans, ämnet genistein. Detta triggar igång noduleringsprocessen, då bakterien tar sig in i växten genom rötterna och därmed förändrar växtcellerna vilket leder till att de bildar noduler (Dashti *et al.* 2016).

2.4.3 Dagslängd

Sojabönan är en typisk kortdagsväxt som är känslig för fotoperiod och temperatur. Fotoperioden definieras som den tid under ett dygn som det är ljus eller solen lyser. Det kallas även dagslängd och kan definieras som antal timmar mellan soluppgång och solnedgång. Dagslängden bestäms av vilken breddgrad eller latitud som ett geografiskt område befinner sig på. Dagslängden påverkar utvecklingen från växtens uppkomst till initiering av blomning samt tiden som är nödvändig för blomning (Câmara *et al.* 1997).

Sojaböner som växer i regioner med optimal dagslängd uppvisar optimala agronomiska karaktärsdrag och potential för hög avkastning. Som kontrast kan nämnas att sojaböner odlade i regioner med icke-optimal dagslängd kan få en hämmad tillväxt och försenad mognad, vilket ger låga skördar (Song *et al.* 2019).

Mognad är en viktig egenskap för förädlingsprogram för sojaböner. I USA finns det 13 erkända mognadsgrupper (MG) för sojaböner som sträcker sig från 000 till X, där MG000 står för de sorter som mognar tidigast och MGX för sorterna som mognar senast (Zhang & Kyei-Boahen 2007; Hartman *et al.* 2011). Fotoperiodisk respons är den viktigaste faktorn som separerar sorterna i de olika mognadsgrupperna. Om frön från MG000-sorter sås i zoner med kortare fotoperiod dvs. kortare dagslängd resulterar det i att plantorna blommar väldigt tidigt vilket ger en låg skördeavkastning. Omvänt, om frön från MGX-sorter sås i zoner med längre fotoperiod, fortsätter plantorna sin vegetativa tillväxt, vilket kan resultera i stora plantor som inte blommar eller producerar frön innan de sedan eventuellt dör av frostsador (Hartman *et al.* 2011).

2.4.4 Skörd

Edamame måste skördas vid en lämplig tid för att garantera att bönerna har bästa möjliga kvalitet för högsta marknadsvärde/säljbarhet och konsumentacceptans (Yu *et al.* 2022). Edamameböner med jämn kvalitet förenklar även processerna i efterskördshanteringen. Idealt är om edamame skördas någon gång mellan tillväxtfaserna R6 och R7, precis innan baljorna börjar gulna och när vattenhalten och bönvikten når sin optimala nivå. Om edamame skördas utanför detta skördefönster, som varar cirka en vecka, riskeras säljbarheten. Om bönerna skördas för tidigt leder det till minskad skörd, det vill säga minskad avkastning. Om bönerna skördas för sent förlorar de i kvalitet. Edamame skördas cirka 99–120 dagar efter plantering beroende på sort och odlingsförhållanden. Den ideala skördetidpunkten ligger mellan 35 och 40 dagar efter blomning, då är sackarosnivån högre vilket ger en sötare smak (Castoldi *et al.* 2011).

Skörd för hand är det mest skonsamma sättet och föredras på små odlingar men det är kostsamt och arbetsintensivt (Born 2006). Edamame kan skördas mekaniskt på samma sätt som gröna böner men det är vanligt att baljorna blir skadade och det

sänker dess marknadsvärde. Bönskördare är skördemaskiner för gröna bönor, de separerar automatiskt baljorna från stjälkarna vilket gör att de endast kan marknadsföras på detta sätt och inte med baljorna på stjälk (Lord *et al.* 2019). Skördetröskor kan vara desamma som används vid skörd av vanlig sojaböna, men ska man skörda hela baljor används ofta en modifierad skördemaskin för gröna bönor eller en ärttröska (Moseley 2018). För att garantera ett jämt flöde av bönor till efterskördshantering, så planteras ofta olika edamamesorter med olika skördedatum vilket gör att skördesäsongen kan vara i flera månader (Moseley 2018). Denna variation i sorter är viktig på grund av det korta skördefönstret för varje enskild sort och innebär att lantbrukaren kan skörda bönor av god kvalitet under en längre period (Moseley 2018).

Manuell och mekanisk skördemetod med en bönskördemaskin Oxbo BH100 jämfördes för olika sorter av edamame vilket resulterade i en högre avkastning om bönorna skördades för hand (Tadesse Mebrahtu 2007). I den manuella skörden inkluderades även små baljor och baljor som bara innehöll en böna. För de testade sorterna Kahala, Kanrich, Asmara och Owens reducerades skörden med 61, 62, 43 och 43 % för respektive sort då skördemaskin användes. I samma studie undersöktes vilken planthöjd som bäst lämpade sig för mekanisk skörd och det visade sig att en medelhöjd mellan 55 och 65 cm fungerade bäst (Tadesse Mebrahtu 2007).

2.4.5 Efter skörd

Edamame kan skördas och lagras under en period på cirka 2 veckor under en växtsäsong. De är viktigt att edamamebönonorna hålls nedkylda strax efter skörd och vid hantering för att bevara färskhet och smak (Zeipina *et al.* 2017; Lord *et al.* 2019) Odlare behöver därför ha kyl/frys eller kylrum tillgängliga för att kunna lagra edamame. Optimala lagringsförhållanden är 5.5 °C och luftfuktighet 95 % RH (Lord *et al.* 2019).

Sorteringen av edamamebaljor för att möta upp kvalitetsstandarder för den japanska marknaden, görs till största delen manuellt. Det är kostsamt, arbetsintensivt och måste göras snabbt efter skörd för att bibehålla kvalitet. Sorteringsmaskiner som utvecklats och designats för att sortera efter fysiska egenskaper på edamamebaljorna kan vara en lösning (Sirisomboon *et al.* 2007). I västerländska länder säljs edamame ofta frysta eller som konserver eftersom de oftast importeras från Asien.

Värmebehandlingar som blanchering är nödvändiga inför nedfrysning och används för att stoppa nedbrytningen av näringsämnen och därmed bevara näringsvärdet av grönsaker. Dock innebär blanchering av baljväxter att vissa näringsämnen läcker ut och att andra degraderas och därmed minskar det totala

näringsvärdet, till exempel vitaminer, mineraler, socker och proteiner (Song *et al.* 2003; Pao *et al.* 2008). Det påverkar även färgen och texturen av sojabönorna.

I en studie jämfördes olika blancheringstemperaturer, 100 °C i 10 min, 90°C i 20 min och 80 °C i 30 min. (Song *et al.* 2003). Man fann att den kortaste tiden, 10 min. i 100 °C, gav den minsta näringsförlusten och högst acceptans för textur i en sensorisk utvärdering.

I nuvarande frusna produkter kan det förekomma patogena/skadliga bakterier som till exempel *Escherichia coli* and *Listeria monocytogenes*; därav krävs det att edamame återupphetas innan förtäring för ökad konsumentssäkerhet (Pao *et al.* 2008). En strikt reglerad livsmedelshygien och effektiva blancheringsmetoder är viktiga för att kunna säkerställa en god kvalitet. På detta sätt kan man få en mer livsmedelssäker konsumtion av frusna edamamebönor.

2.5 Problem vid produktion

Grönsaksodlare och producenter är generellt intresserade av att odla edamame men ogräs är ett stort problem i kommersiell produktion (Williams 2015). Ogräs konkurrerar med den odlade grödan och orsakar minskad skörd/avkastning, störning i skördemaskinerna samt kontaminering av den skördade produkten. Begränsad tillgänglighet till registrerade herbicider samt en underutvecklad integrerad ogräshantering är ett hinder för en kommersiell edamameproduktion (Williams & Nelson 2014; Zhang *et al.* 2017). I nuläget innebär ogräshanteringen för edamame odlings tekniska metoder som växtföljd, odling mellan raderna, mekaniska metoder som radhackning eller ogrärensning för hand samt minimal användning av ogräsmiddel (herbicider) (Zhang *et al.* 2017).

Andra begränsningar för edamameproduktion inkluderar dålig grobarhet och långsam uppkomst (Li *et al.* 2022). I USA har ett fåtal växtsjukdomar och skadeinsekter rapporterats men däremot har bakterien *Pseudomonas syringae* pv. *Glycinea* rapporterats vara ett problem i fältförsök med konstbevattning.

Sjukdomar som har observerats på edamame sorter är dunmögel, bakteriell sjukdom orsakad av bakterien *Xanthomonas campestris* pv. *Glycines*, svampsjukdomar som baljröta orsakad av *Fusarium*, samt *Cercospora* som ger olika symptom (Lord *et al.* 2021).

Sojabönsbladlusen *Aphis glycines* var den vanligaste skadeinsekten i ett par försök i delstaten Virginia, USA. Den är en invasiv skadeinsekt som härstammar från Asien och som nådde USA ca år 2000 (Lord *et al.* 2021). Andra insekter som förekom i något lägre nivåer i samma studie var potatislövhopparen *Empoasca fabae*. En annan förekommande skadeinsekt var Mexican bean beetle *Epilachna varivestis* (Lord *et al.* 2021).

Fåglar som duvor och kråkfåglar anses vara en stor skadegörare på sojabönor, särskilt äter de sojabönor vid groning eller vid tidiga vegetativa utvecklingsstadier (Fogelberg 2021). Olika arter av duvor gör stora skador på nysådda sojabönor på fälten i nordöstra Indien (Firake *et al.* 2016).

2.6 Kvalitetsparametrar

Kvalitetsparameter för edamame brukar delas in i fem kategorier; näringsvärde, visuella aspekter eller utseende, smak (söt, sur, bitter, (eng. taste), arom (eng. flavour) samt textur (Zeipina *et al.* 2017).

Flera studier visar skillnad i den kemiska sammansättningen för sojabönor vid olika utvecklingsstadier. I en studie jämfördes den kemiska sammansättningen för R6 och R8 stadierna för edamamesorten BRS267. Man fann att börnorna vid R6 stadiet hade ett lägre proteininnehåll, men högre nivåer av sackaros, lipider, fettsyran linolensyra och kolhydrater som stärkelse, glukos, fruktos och stachyos jämfört med vid R8 (Santana *et al.* 2012). I samma studie undersöktes om skördetidpunkten under dagen hade någon påverkan på edamameböners fysiska och kemiska egenskaper men inga märkbara skillnader kunde observeras (Santana *et al.* 2012).

2.6.1 Näringsvärde

Färska edamamebönor innehåller generellt 35-38% (i torrsvikt) (Mentreddy & Joshee 2016). I en studie där mer än 23 sorter av edamame analyserades var den största andelen av lipiderna enkelomättade fettsyror (Johnson *et al.* 1999). Sojabönor är en av få naturliga källorna till naturligt förekommande isoflavoner, den totala nivån av isoflavoner kan sträcka sig från 472-2280 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ beroende på sort och processmetod efter skörd (Lord *et al.* 2021).

Kolhydrater

Mängden fria sockerarter kan variera för olika sorter och för olika odlingsförhållanden. Sackaros är den viktigaste sockerarten som påverkar sötman i edamame och därför direkt influerar smakkvaliteten. I en studie utvärderades sockerinnehållet vid skörd hos åtta olika edamamesorter (Song *et al.* 2013). Man fann de fria sockerarterna sackaros, fruktos, glukos, glukarat, galaktos, maltos och mannos. Av dessa hade sackaros den högsta koncentration i jämförelse med de andra fria sockerarterna (Song *et al.* 2013). Av dessa sorter varierade sackarosinnehållet från 9.389 mg/g till 31.841 mg/g i torrsvikt, vilket motsvarade mellan 78.9 % till 93.7 % av det totala sockerinnehållet (Song *et al.* 2013).

Edamame innehåller sammansatta kolhydrater som oligosackarider men i lägre nivåer än vanliga sojaböner. Bönorna innehåller även kostfiber vilket är hälsofrämjande. Kostfiber anses reducera nivåer av kolesterol (Balderacchi *et al.* 2021).

Protein

Sojabönors proteinhalt kan variera beroende på sort men ligger i genomsnitt mellan 33 och 39 % (torrvikt) (Zhang *et al.* 2017). De två viktigaste lagringsproteinerna i sojaböner är glycinin (7S) och β -conglycinin (11S).

Glycinin utgör cirka 60% av lagringsproteinerna och β -conglycinin utgör de återstående 40% (Wijewardana *et al.* 2019). Fria aminosyror är uppdelade i två klasser, essentiella och icke-essentiella. De essentiella aminosyrorna kan inte syntetiseras i människokroppen och därmed är det viktigt att de tillförs genom konsumtion av livsmedel som frukt, grönsaker och nötter som är viktiga källor för dessa aminosyror. Aminosyror kan ge en söttaktig eller umami smak (Carneiro *et al.* 2021b).

Asparagin, alanin och glutamat är de aminosyror som förekommer i högst koncentration i edamame, medan cystein förekommer i lägst koncentration (Song *et al.* 2013). Det har gjorts jämförande profiler på aminosyrainnehållet i olika edamamesorter som har visat att den totala mängden fria aminosyror samt gamma-aminobutyric acid (GABA), vilket är en form av smörsyra, bidrar till positiv smak, arom och generell sensorisk upplevelse vid edamamekonsumtion (Sugimoto *et al.* 2010; Song *et al.* 2013).

Hur proteiner ackumuleras under frötvecklingen är en viktig egenskap för växtförädling av edamamesorter. Detta mönster skiljer sig mellan olika sorter. I en studie fann man en edamamesort, V94-3168T som hade signifikant högre proteininnehåll jämfört med andra sorter vid R6 stadiet vilket är ett önskat karaktärsdrag för edamame (Saldivar *et al.* 2011).

Lipider

Edamame innehåller betydligt mer fett än andra baljväxter som konsumeras som grönsak, och innehåller generellt 35-38% (torrvikt) lipider (Mentreddy & Joshee 2016; Ntatsi *et al.* 2018). Det kan jämföras med andra baljväxtgrönsaker såsom gröna ärtor (*P. sativum*), ögonböna (*Vigna unguiculata*), skärböna (*P. vulgaris*) och favaböner (*V. faba*) som innehåller mellan 0.65 och 1% lipider. I en studie där drygt 20 sorter av edamame analyserades var den största andelen av lipiderna enkelomättade fettsyror som linolsyra och linolensyra (Johnson *et al.* 1999).

Vitaminer och mineraler

Vid analyser av näringsammansättningen för edamame i Colorado i USA och i Japan jämfördes edamame med gröna ärter (Shanmugasundaram *et al.* 1991; Johnson *et al.* 1999). Man fann att näringsinnehållet i edamame är betydligt högre än i gröna ärter. Kaloriinnehållet är cirka 6 gånger så högt för edamame som för gröna ärter. Vidare innehåller edamame ca 60 % mer kalcium (Ca), och dubbelt så mycket fosfor (P) och kalium (K) som ärtor. Gröna ärter innehåller endast en tredjedel så mycket karoten, järn samt vitamin B1 som edamamebönor. Edamame är även rikt på askorbinsyra (C-vitamin) men har ett lågt niacininnehåll. Studien baserades på färskvikt då vattenhalten för edamamebönorna var 71.1g/100g och för de gröna ärtorna 75.7 g/100g (Shanmugasundaram *et al.* 1991).

Isoflavoner

Sojabönor är en av få naturliga källor till naturligt förekommande isoflavoner, den totala nivån av isoflavoner sträcker sig från 472 till 2280 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ beroende på sort och processmetod efter skörd (Lord *et al.* 2021). Isoflavoner som är en klass av flavonoider, är fytoöstrogener som främst förekommer i sojabaserade matprodukter. Isoflavoner har visats vara effektiva för att förhindra bröstcancer eftersom de binder till östrogenreceptorer och könshormonbindande globulin och därmed reducerar östrogenaktiviteten (Kao *et al.* 2007). Man har även kunnat visa att isoflavoner kan minska spridningen och fosforyleringen av cancerceller genom att bland annat minska aktiviteten av enzymen DNA-topoisomeras och tyrosinkinas (Kao *et al.* 2007).

Innehållet av isoflavoner är en viktig egenskap i förädlingen av edamamebönor samt för vanliga sojabönor (Miladinović *et al.*; Simonne *et al.* 2000). Det finns dock skillnader i biotillgänglighet för olika isoflavoner så är det viktigt att identifiera i vilken form de förekommer i fröet.

De mest förekommande isoflavonerna i edamame är genistein och daidzein, vilka är välkända för att ha antioxiderande effekt och därmed anses ge hälsofördelar vid konsumtion (Carneiro *et al.* 2020).

2.6.2 Visuella aspekter

Ur ett marknadsperspektiv ska edamamebönorna vara stora (>250 mg) och hur baljorna ser ut är viktigt för konsumentacceptansen. Bönorna ska väga mellan 2.5 – 3.0 g i färskvikt per balja, 33–42 baljor för ett prov med 100 grams prov (Lord *et al.* 2021). Baljorna ska vara tydligt längre, bredare och tjockare än baljorna hos vanlig sojaböna. För att edamame ska anses ha hög kvalitet så ska baljorna ha en fin ljus färg med ljusa växthår (pubescence). Baljorna ska vara intakta, helt oskadda

med en fläckfri yta. Baljorna ska vara lätt böjda med en jämn form, de ska innehålla minst två böror för att vara acceptabla för försäljning (Carneiro *et al.* 2020).

Många odlare föredrar baljor som inte är så håriga eftersom det gör baljorna mer aptitliga och även minskar kvarvarande fukt på baljornas yta efter hydro-cooling processen i kommersiella packhus (Lord *et al.* 2021).

Färgen på baljan är viktig och oftast är en ljus grön färg den mest efterfrågade. Om baljorna gulnar kan det indikera att de är mindre färska samt har ett lägre innehåll av askorbinsyra (Zeipina *et al.* 2017).

2.6.3 Smak

De viktigaste smakkvaliteterna hos edamame är söthet, som påverkas främst av sackarosinnehåll, samt att de är välsmakande och kryddiga, vilket främst påverkas innehållet av aminosyror (Shanmugasundaram *et al.* 1991). Alanin bidrar även till en söttaktig smak (Song *et al.* 2013).

Konovsky *et al.* (1994) kom fram till att konsumenter från USA föredrar en smörig textur och smak medan japanska konsumenter föredrar en något mer börig smak. Generellt är sorter med högre sackarosnivåer mer populära än sorter med lägre sackarosnivåer.

Ett flyktigt ämne 2-acetyl-1-pyrrolin som ger en popcorn-liknande arom, beskrivs som ett önskvärt ämne för särskilt utvalda sorter av edamame med rikare aromer som är kända som "Chamame" som har ett högre marknadsvärde i Japan (Carneiro *et al.* 2021b). Flertalet flyktiga ämnen har identifierats vilka orsakar den "böaktiga" smaken i sojaböror. Bland dem finns aldehyden hexanal (Konovsky *et al.* 1994).

Bitterhet, astringens (stram munkänsla) samt andra bismaker anses vara oacceptabla egenskaper hos edamame (Shanmugasundaram *et al.* 1991). Ämnen som isoflavoner, L-arginin, och saponiner bidrar med bittra smaker (Zeipina *et al.* 2017).

2.6.4 Textur

Texturen är en viktig egenskap hos edamame men olika preferenser förekommer inom olika konsumentgrupper och kulturer.

I en studie från Colorado, USA rapporterades det att nordamerikanska konsumenter föredrar mer mogna böror som ger en mer mjuk och "smörig" konsistens (Johnson *et al.* 1999). Denna mer mjuka konsistens uppnås genom en något fördröjd skörd vilket också resulterar i minskad halt av cis-jasmon och hexenyl-acetat som båda ger blommiga aromer (Shanmugasundaram *et al.* 1991; Johnson *et al.* 1999).

Japanska konsumenter föredrar sötare, något krispigare bönor eller mer tuggmotstånd och en mer blommig smak (Johnson *et al.* 1999).

I en sensorisk studie där olika ätkvaliteter för edamame utvärderades och poängsattes av en grupp av otränade deltagare där texturer som beskrevs som ”starchy” (dvs. upplevdes vara stärkelserika) gav lägre acceptanspoäng (Carneiro *et al.* 2021a).

2.7 Antinutritionella faktorer

Antinutritionella faktorer definieras som biologiska ämnen som förekommer i matprodukter och som kan reducera näringstillgänglighet och näringsupptag. Detta kan leda till skador i magtarmkanalen samt påverka metabolismen negativt (Nagraj *et al.* 2020).

Baljväxter innehåller antinutritionella faktorer som proteasinhibitorer, fytinsyra lektiner, tanniner och saponiner (Mohan *et al.* 2016). Baljväxter innehåller även sammansatta kolhydrater som raffinosa, stachyos och verbascos som orsakar gasbildning i tarmarna hos människor och monogastriska djur.

2.7.1 Proteasinhibitorer

I sojabönor finns det två typer av proteasinhibitorer, Kunitz och Bowman-Birk trypsin inhibitorer (Liener 1994; Mohan *et al.* 2016). Kunitz trypsin inhibitor (KTI) anses vara mest skadlig för människors hälsa (Kumar *et al.* 2019). KTI binder starkt till trypsin och därmed hindras nedbrytningen av vissa proteiner.

KTI har fullständigt syntetiserats i sojabönorna då växten når R6 stadiet alltså när baljorna ska skördas (Kumar *et al.* 2020). KTI är värme labil på grund av att den har två disulfid-bindningar, det krävs minst 15-20 minuter av våt värmebehandling som kokning eller autoklivering för att få en total inaktivering av KTI (Kumar *et al.* 2019).

Kokning i ca 5 min före konsumtion är otillräckligt för en komplett inaktivering av KTI i edamame och även för vanlig sojaböna. Det är därmed viktigt att utveckla sorter av edamame som är fria från KTI (Kumar *et al.* 2020).

I en studie jämfördes mängden Kunitz trypsin inhibitor för fem olika genotyper av edamamesorter. Då fanns man att genotypen JLM024 hade det högsta medelvärdet (17.80 mg/100 g) i jämförelse med en annan genotyp med medelvärdet från 13.9 mg/100g till 15.71 mg/100 g av färskvikten (Castoldi *et al.* 2011).

Kumar *et al.* (2006) undersökte fysio-kemiska egenskaper hos 12 olika japanska sojabönssorter som skördades i R6 stadiet, de fann att mängden KTI varierade

mellan 5.6 mg /g till 25.5 mg/g av färskvikten, vilket visade på en variation för olika genotyper.

Konsumtionen av sojaprodukter för humankonsumtionen har ökat. Därför är det viktigt att utvärdera eventuella hälsorisker för människor, som är associerade med konsumtion av sojaböner eller sojabaserade produkter, där trypsininhibitorerna eventuellt inte helt blivit inaktiverade (Liener 1994). Det är nödvändigt att få en balans mellan mängden värme som är tillräcklig för att förstöra trypsininhibitorer och den värme som kan resultera i nedsatta funktionella och nutritionella egenskaper hos proteiner (Liener 1994).

2.7.2 Fytinsyra

Ett annat antinutritionellt ämne som förekommer i baljväxter och även i sädeslag är fytinsyra. Fytinsyra är den största källan till fosfor i sojaböner och kan bilda komplex med essentiella mineraler som kalcium, zink, järn, och magnesium och göra därmed förhindra att de tas upp av kroppen (Rao *et al.* 2002).

Fytinsyrainnehållet i sojaböner eller edamame ökar med ökad mognadsgrad (Mebrahtu *et al.* 1997; Xu *et al.* 2016).

2.7.3 Lektiner

En viktig grupp av proteiner som är relevant för kvaliteten av edamame är lektiner. De kan orsaka illamående, kräkningar, diarré och magsmärter om bönerna inte tillagas på rätt sätt.

Den antinutritionella effekten av lektiner baseras på deras förmåga att motverka nedbrytningen i magtarmkanalen, där de binder till epitelcellerna i tarmkanalens slemhinna. Lektiner förstörs vid kokning och en del lektiner försvinner även vid blötläggning då vattnet hålls bort.

Lokalt kan lektiner påverka omsättningen av epitelceller, skada tarmbarriären, störa näringsämnenas nedbrytning och absorption samt förändra bakteriefloran och immuntillståndet i mag-tarm kanalen (Vasconcelos & Oliveira 2004).

2.7.4 Oligosackarider

Sojaböner samt andra baljväxter innehåller vanligtvis höga nivåer av osmältbara oligosackarider som raffinosa och stachyos (Ntatsi *et al.* 2018). Osmältbarheten beror på en avsaknad av enzymet alfa-galaktosidas i matsmältningsapparaten hos människor som är nödvändigt för att bryta ned oligosackarider till sackaros och galaktos, vilka är smältbara kolhydrater för människor och enkelmagade (monogastriska) djur. Förekomsten av dessa oligosackarider i sojaböner orsakar vid

intag en stor mängd gas i tarmarna. Gasen orsakas genom fermentering av bakterier i tjocktarmen då de bryter ned oligosackariderna.

Edamamebönor har lägre innehåll av oligosackarider jämfört med vanliga sojabönor vilket gör dem betydligt mer lättsmälta (Moseley 2018).

2.8 Växtförädling

Växtförädling är viktigt för att utveckla nya matprodukter och för att förbättra olika kvaliteter för en gröda, till exempel att ändra den kemiska sammansättningen och näringsvärdet hos olika typer av grödor, såsom grönsaker, frukt och nötter (Carneiro *et al.* 2021a).

För att öka lönsamheten för producenter fokuserar växtförädlingen på en minskad förekomst av baljor som endast innehåller en böna. Baljor med endast en böna är endast säljbara som skalade gröna sojabönor (Yu *et al.* 2022).

Genotyper med ett lågt innehåll av raffinosa används för utveckling av nya edamamesorter med lägre raffinosa-innehåll (Yu *et al.* 2022).

Det har gjorts försök att utveckla edamamesorter utan KTI genom att korsna vanliga sojabönssorter med genotyper fria från KTI (Kumar *et al.* 2020).

Många sojabönssorter som har förädlats fram för tofuu- och sojadrycksproduktion har egenskaper som även är passande för edamamebönor, exempelvis större fröstorlek, hög sackerhalt, reducerat innehåll av ANF, samt ökad smältbarhet (Yu *et al.* 2022).

Det har tagits fram flera edamamesorter som exempelvis UA Kirksey och UA Mulberry som är lämpliga för inhemsk produktion i USA. Trots det behöver det tas fram ytterligare sorter som har högre näringsvärde och konsumentacceptans (Balderacchi *et al.* 2021).

I Sverige påbörjades i slutet av 1930-talet förädling av sojabönor. Sorter från Japan och norra Kina samlades då in och användes för att utveckla sorter som var lämpliga för svenska klimatförhållanden (Fogelberg 2021). Det resulterade i den välkända sortserien 'Fiskeby I-V' som alla var anpassade till latitud 58 °N. År 1968 släpptes sorten 'Fiskeby V' på marknaden. Sorterna var anpassade till klimatet men plantorna hade för låg höjd vilket försvårade skörden. På grund av låg avkastning samt ett lågt intresse från foderindustrin så lades sojaförädlingen i Sverige ned under 1980-talet (Fogelberg 2021). Under 2000 har nya initiativ tagits för sojaodling i Sverige, bland annat på grund av ökat behov av närodlade proteingrödor. Förädlingen av sojabönor har fortsatt i länder som Kanada, Österrike, Schweiz och Polen och det har tagits fram moderna sorter som är anpassade för odling i norra och centrala Europa (Fogelberg 2021).

2.9 Sortförsök i USA

I USA har det gjorts flertalet sortförsök på edamame (Lord *et al.* 2021). Många av dessa försök har fokuserat på sorter som har utvecklats och importerats från asiatiska länder som Kina, Japan och Taiwan. Anledningen var att dessa sorter redan hade en tillfredställande ätkvalitet som värderades högt av traditionella konsumenter av edamame. Dessa sorter har gett låga skördar i vissa produktionsregioner på grund av otillräcklig adaptation till lokala förhållanden.

Det har gjorts flertalet sortförsök i USA där man har utvärderat viktiga agronomiska egenskaper för olika sorter i olika delar av landet. I ett stort sortförsök undersöktes potentialen för skörd och produktion i Mississippi (Zhang & Kyei-Boahen 2007). Sorterna tillhörde mognadsgrupperna MGIII till VIII, där man jämförde olika planteringsdatum och skillnad på olika jordtyper (Zhang & Kyei-Boahen 2007). Planteringsdatum påverkade de flesta sorterna med några undantag. Det fanns även bevis för en interaktion mellan sort och jordtyp (Zhang & Kyei-Boahen 2007).

Det har gjorts sortförsök i centrala Alabama där man utvärderade utvalda sorter från fyra olika mognadsgrupper; MG III till MG VI (Ogles *et al.* 2016). Man undersökte deras groning, växthöjden vid mognad, antal baljor per planta, antal bönor per balja och total skörd. I försöket som varade i två år fann man att sorterna 'Chiba Green', 'Midori Giant' och 'Mojo Green' hade den bästa kombinationen av växthöjd, vikt på individuell böna och störst andel av baljor som innehöll tre bönor per balja. Alla dessa sorter hade hög avkastning med en medelavkastning på 12 454 kg per ha för båda försöksåren. Dessa fyra sorter producerade stora bönor med en medelvikt på 0.81g. Andelen av baljor med tre bönor var 32 % hos de rekommenderade sorterna.

I Colorado gjordes sortförsök på fem edamamesorter. Man undersökte smakrelaterade egenskaper som BRIX och textur samt även agronomiska egenskaper som groning, total skörd och säljbar skörd (Johnson *et al.* 1999). BRIX är ett test för att bestämma innehållet av totalt lösliga fasta ämnen i grönsaker och frukt. Dessa ämnen består främst av olika sockerarter men även av andra ämnen (Wilson 2022). I studien kom man fram till att samtliga sorter var lämpliga för Colorados torra klimat och höga höjd. Dessa förhållanden resulterade även i ett lågt sjukdomstryck.

2.10 Odling av sojaböner i Sverige och Skandinavien

Vanliga sojaböner har visat sig vara möjligt att odla i södra Sverige och på Öland men kräver värme för att gro och dagslängdsanpassade sorter (mognadsgrupp 000 är mest lämplig för dessa högre latituder)(Fogelberg & Recknagel 2017). Sojaböner har en lång växtperiod och skördas sent på hösten vilket medför risker i produktionen.

I jämförelse med exempelvis Tyskland har sojaodling i Sverige en lägre avkastning. En sannolik förklaring är lägre temperaturer under sommaren samt längre dagslängd (Fogelberg 2021). Sorter som tillhör mognadsgrupp MG 000 och MG 00 kan odlas i länder som Tjeckien, Kanada, Österrike, Tyskland och Polen och har introducerats i Sverige (Fogelberg & Recknagel 2017; Fogelberg 2021). Det har relativt nyligen gjorts försök på sojaodling i Sverige, spritt över Östergötland, Gotland och Skåne (Fogelberg 2021). Det fanns en variation inom mognadsgruppen MG 000 som var tydlig när sorterna testades. För ett flertal sorter undersöktes hur många dagar det tog från sådd till mognad, samt hur radavstånd och sådatum påverkade avkastningen. Resultatet visade att ett radavstånd på 25 eller 50 cm är lämpligt eftersom man då kan utföra mekanisk ogräsbekämpning med exempelvis en kultivator. Vidare ansågs ett lämpligt sådatum ligga under perioden 15-30 maj för en optimal groning och högre avkastning (Fogelberg 2021).

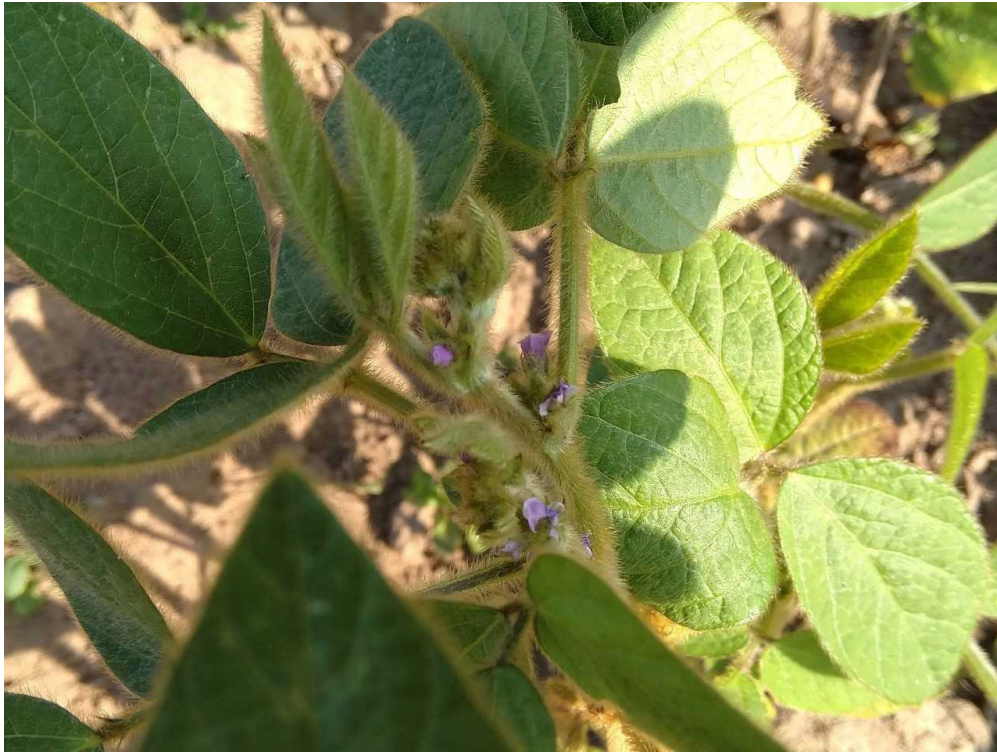
För att sojaböner framgångsrikt ska kunna sås ut något tidigare på våren, dvs. i slutet av april eller i början av maj rekommenderas att de planteras på lätta, sandiga jordar som lättare värms upp av solen. Även täckning med icke-vävd plast rekommenderas (Fogelberg 2021; Fogelberg & Mårtensson 2021).

Det pågår ett projekt med projektnamnet PADILSO där 30 lantbrukare under vägledning av forskare på SLU testar att odla sojaböner och lupin i fältförsök under två år (SLU 2022). En utmaning i projektet är sojaböner äts upp av fåglar.

I skrivande stund görs det fältförsök på edamameböner i Skåne som kommer fortsätta i ytterligare ett år. Det har gjort både sortförsök och odlingstekniska försök. Försöken har gjorts under två säsonger på fyra österrikiska sorter 'Abaca', 'Livius', 'Melanie' och 'Obelix' och olika edamamesorter. Dessa sorter kommer vidare utvärderas för tillväxt och utveckling, optimal skördetidpunkt och avkastning. I framtiden kommer man att ytterligare utvärdera strategier för ogräsbekämpning eftersom ogräs varit ett stort problem under försökets gång (Persson Hovmalm, personlig komm. 2022).

Tabell 2 - Sammanfattande beskrivningar över förutsättningar och hinder för en svensk produktion av sojabönssorter lämpliga för grönskörd, dvs. edamame.

Förutsättningar och möjligheter	Hinder/utmaningar
Tillräckligt höga temperaturer vid odling i södra Sverige	Suboptimala luft och jordtemperaturer kan ändå förekomma
Tillgång till tidiga sojabönssorter MG000 som är lämpliga för grönskörd	Ogräs som konkurrerar med unga sojabönsplantor. Ogräshantering en utmaning.
Inokulering krävs på jordar där sojaböner ej odlats tidigare. Tillgång till inokulat samt förinokulerat utsäde.	Skadedjur; fåglar, rådjur, kaniner samt insekter. Sjukdomar som orsakas av patogena mikroorganismer.
Lämplig tidpunkt för sådd (mitten av maj rekommenderas). Minimerar risk för sen frost.	Dålig uppkomst kan förekomma.
Odling på lämpliga jordarter. Lätta jordar värms lättare upp.	Skördemetod. Vid mekanisk skörd är plantans höjd samt höjden på den lägsta baljan av betydelse.
Vattenkrävande gröda som även måste planteras i tillräckligt fuktig jord.	Konstbevattning kan krävas.



Figur 3. En närbild på en blommande edamameplanta i fält. Foto: Helena Persson Hovmalm, 2022.

3. Diskussion

Edamame är särskilt utvalda sorter av den odlade formen av sojaböna (*G.max*) som har större storlek på bönorna och sötare smak på grund av ett högre sackarosinnehåll. De anses även ha färre antinutritionella faktorer och därmed vara mer lättsmälta (Konovsky *et al.* 1994).

Edamame har ökat i popularitet de senaste decennierna, främst på grund av att intresset för hälsosam mat har ökat (Kelley & Sánchez 2005).

Resultaten visar att den huvudsakliga edamameproduktionen sker i sydöstra Asien, länderna Kina, Taiwan och Japan. Kina har ersatt Taiwan som tidigare var den största producenten av edamame (Wang 2018). En stor del av edamameproduktionen i asiatiska länder exporteras till Japan som är den största konsumenten i dagsläget (Wang 2018; Vincent-Caboud *et al.* 2019). Statistik över Kinas edamameproduktion fanns inte tillgänglig i de sökta databaserna, endast mängden edamame som produceras för att exporteras vidare till Japan var tillgänglig.

I länder som Brasilien, USA och Argentina som är de största producenterna av vanlig sojaböna, finns det en stor potential för kommersiell edamameodling. Odlare har därför potentialen att kunna producera konkurrenskraftig edamame av hög kvalitet.

Produktion av edamame i USA tros ha börjat på 1950-talet, då inkluderas även odling i hemträdgårdar. Från tidigt 2000-tal har efterfrågan på edamame ökat drastiskt i USA (Kelley & Sánchez 2005; Mentreddy & Joshee 2016). I USA anses edamame fortfarande vara en ny gröda trots att det odlats i flera decennier. Anledningen till denna uppfattning kan vara att det fortfarande förekommer problem med att etablera en ekonomiskt gynnsam produktion. Edamame har blivit den näst vanligaste konsumerade sojamaten efter sojadrycker. Mer än 70 % av all konsumerad edamame, importeras till USA kommer från utlandet (Balderacchi *et al.* 2021).

I USA har det gjorts många sortförsök i olika delstater för att utvärdera agronomisk prestanda, adaptering, ogräshanteringsstrategier samt ätkvalitet hos olika edamamesorter (Johnson *et al.* 1999; Zhang & Kyei-Boahen 2007; Williams 2015; Ogles *et al.* 2016).

Nya förbättrade sorter som har högre näringsämne och högre konsumentacceptans måste utvecklas genom förädlingsprogram (Balderacchi *et al.* 2021).

I Afrika är Uganda en relativt stor sojaproducent, och därför finns även där potential för kommersiell edamameproduktion.

För konsumenter i USA är de viktigaste kvalitetsparametrarna som påverkar konsumentacceptans baljans utseende, smaken på bönorna, aromen och texturen (Carneiro *et al.* 2021a). Konsumenter föredrog även ett visst tuggmotstånd och en balans mellan söt och nötaktig smak på edamameböna.

Ur ett marknadsföringsperspektiv är utseendet den viktigaste egenskapen, där dimensioner och storlek på baljan är viktigt för konsumentacceptans. Baljorna ska vara längre och tjockare än baljorna hos konventionell sojaböna. Det är även viktigt att de bönorna har en bra storlek och vikt (>250g). Odlare föredrar även att baljorna har lägre densitet av växthår, för att vara mer attraktiva och aptitliga men även för att minska vattenansamlingar på ytan (Lord *et al.* 2021). Ett stort hinder för lokal produktion i många länder är ogräs, eftersom sojabönan i tidiga utvecklingsstadier har låg ogräskonkurrens. I USA har ett fåtal herbicider godkänts för registrering och det ogräshantering är fortfarande i ett tidigt stadie. Det finns behov av att utveckla system för integrerad ogräshantering (IWM) ytterligare. Inom IWM där man vill undvika utveckling av resistans mot herbicider används kulturella, biologiska och fysiska metoder för ogräsbekämpning (Williams & Nelson 2014; Williams 2015; Crawford *et al.* 2018).

Potential för ogräshantering med hjälp av olika täckgrödor för 11 edamame sorter undersöktes i Illinois, USA. Råg (*Secale cereale*) visade sig ha bäst potential för ogräshantering i edamameodling, det störde inte plantering eller uppkomsten men minskade ogräsdensiteten med 20 % och dämpade även tillväxten av tidiga ogräs med 85 % (Crawford *et al.* 2018).

Andra hinder för produktion är att skördemetoden inte är anpassad för den valda sorten. Om edamame skördas mekaniskt så har plantans höjd och höjden till den nedersta baljan betydelse, för att få en effektiv skörd med skördetröskor. För höga plantor har en negativ påverkan på effektiviteten av skörden (Ogles *et al.* 2016). Om man i stället skördar för hand så spelar dessa egenskaper ingen roll.

Det som är gemensamt för olika länder där det finns potential för edamameodling, är behovet av att finna adapterade genotyper för att kunna etablera en konkurrenskraftig produktion. Eftersom edamame är en nischgröda finns även potential för småskalig produktion eller stadsodling (urban agriculture) (Jiang *et al.* 2018; Fogelberg 2021).

I flera länder är sojabönsprodukter från sydöstra Asien som tofu, miso och natto inte är lika populära på grund av den utpräglade smaken samt de tidskrävande processer som krävs för tillverkningen (Kumar *et al.* 2011).

Sojaböner innehåller ungefär dubbelt så mycket protein som andra baljväxter baserat på näringsinnehåll per torrsvikt. En ökad konsumtion av edamame i mat kan påverka tillgängligheten av protein vilket i sin tur kan bekämpa undernäring i länder med dessa problem (Wang *et al.* 2005; Mahoussi *et al.* 2020). För odlare är det viktigt att edamamesorter har hög uppkomst, hög avkastning av färsksvikt, tolerans eller resistens mot lokala sjukdomar eller skadedjur (Lord *et al.* 2021).

För att kunna odla vanliga sojaböner eller edamame i Sverige krävs det tillräckligt höga lufttemperaturer samt rotzonstemperaturer i jorden. För att kunna gro, utvecklas och sedan blomma krävs lämpliga temperaturer. För blomningen krävs lufttemperaturer över 19°C, nattetemperaturer under 8-9 °C kan orsaka paus av blomningen (Fogelberg 2021).

Hinder för produktion av edamame och vanlig sojaböna är ogräskonkurrens och skadedjur. Fåglar som kråkor och duvor orsakar skador på sojaplantor i ett tidigt utvecklingsstadium. Även kaniner och rådjur kan orsaka skador på plantorna. Fogelberg (2021) använde gaskanoner, vibrerande plastband och flygande drakar för att förhindra fåglars framfart på fältförsök av sojaodling.

En annan förutsättning för odling är tillgången till tidiga sorter. De sorter som anses tillhöra de tidigaste sorterna kan odlas i regioner som exempelvis Skandinavien som har lång dagslängd på sommaren.

Klimatförändringar som medför varmare temperaturer samt förhöjda koncentrationer av koldioxid i atmosfären. Sojabönan är beroende av tillräckligt höga luft och jordtemperaturer, så höjda temperaturer kan rimligtvis underlätta sojaproduktion och förlänga växtsäsongen i länder med kallare klimat ur den aspekten. Klimatförändringar kan även medföra perioder av torra samt kraftiga regnfall som i sin tur medför andra utmaningar för odlare. Förhöjda halter av koldioxid brukar generellt anses vara positivt för växtproduktion.

Dagslängden är dock inte påverkad av klimatförändringar som medför höjda temperaturer så, sorter som är anpassade till högre latituder bör då väljas. För svensk sojaböns- och edamameproduktion rekommenderas sorter från mognadsgrupp 000 som inte är lika känsliga för dagslängd (Fogelberg & Mårtensson 2021).

Odlare kan dra fördelar av att producera edamame eftersom det kan vara en viktig del i en växtrotation och öka diversiteten av grödor, det kan i sin tur minska risken för minskade skördar inom jordbrukssystemet. En annan fördel är produktion av edamame är att det är en nischgröda som kan ge odlare en möjlighet att utveckla lönsamma nischade marknader.

Lokalproducerad edamame kan vara av intresse för olika konsumentgrupper, däribland de som vill äta mer lokalt producerade grönsaker. De som öka andelen i vegetabiliskt protein, vegetarianer och veganer. Andra som är intresserade och nyfikna på nya grödor och asiatiska maträtter kan vara intresserade av lokalt odlad edamame.

En ökad efterfrågan på hälsosamma grödor, med en hög proteinhalt av högkvalitativt protein, samt ett fetthinnehåll med enkel och fleromättade fettsyror skapar en bra möjlighet för att kunna marknadsföra edamame som en hälsosam grönsak. En lokal produktion innebär kortare transporter samt ger en ökad spårbarhet till odlingen vilket kan vara attraktivt för konsumenter.

Generellt finns det en stor utvecklingspotential för edamameproduktion i Sverige. Likaså finns det potential för edamameproduktion i andra närliggande länder men det kräver forskning och fältförsök som sortförsök och utvärdering av odlingsteknik för att få fram sorter som ger tillfredställande avkastning samt som har de kvalitetsparametrar som önskas av odlare, producenter inom förädling, grossister och konsumenter. I Sverige är sojaodling möjlig och därmed även edamame eller sojabönssorter lämpliga för grönskörd. Lokal produktion av edamame är möjligt särskilt i de sydligare delarna av Sverige, i Skåne, Gotland eller Öland.

4. Slutsats

Edamame är en nischgröda vars popularitet ökar i västvärlden. Edamame är mycket näringsrika och äts som en grönsak. Det är en högvärdesgröda som kan tillföra ett högt värde för odlare med relativt liten input, eftersom det är en baljväxt, är det en gynnsam gröda i en växtrotation.

I dagsläget är Kina den största producenten av edamame, därefter följer andra asiatiska länder som Taiwan, Japan, Korea och Thailand. Japan har den största konsumtionen och har därmed definierat kvalitetsstandarder vad gäller utseende, smak, arom och textur samt näringsvärde. Det finns en lång odlingstradition av edamame i länder i Ostasien där många sorter har utvecklats.

Förutsättningar för en lyckad edamameodling är tillgång till adapterade sorter inom en lämplig mognadsgrupp. Det har tagits fram sojasorter i tidiga mognadsgruppen MG000 som går att odla i Sverige, främst i de sydligare delarna av landet. Eftersom sojabönor är värmekrävande för sin groning, utveckling, tillväxt och blomning bör de odlas där optimala luft och jordtemperaturer kan uppnås. Vidare är sådatum och radavstånd viktigt för att få bättre avkastning. För att Sverige och närliggande länder ska få i gång en kommersiell odling krävs även tillgång till väl adapterade sorter som förutom bra agronomisk prestanda även har egenskaper som ger en hög konsumentacceptans. För detta krävs sortförsök, odlingsteknikförsök samt sensoriska tester. Därför behövs mer forskning för att utvärdera lämpliga sorters agronomiska prestanda, ogräskonkurrens, avkastning samt även egenskaper som är viktiga för grödans ätkvalitet.

Referenser

- Albareda, M., Rodríguez-Navarro, D.N. & Temprano, F.J. (2009). Soybean inoculation: Dose, N fertilizer supplementation and rhizobia persistence in soil. *Field Crops Research*, vol. 113 (3), pp. 352–356 Elsevier.
- Balderacchi, M., Etchikinto Agoyi, E., Saliu Shaibu, A., Huang, H., Yu, D., Lin, T., Sutton, K., Lord, N., Carneiro, R., Jin, Q., Zhang, B., Kuhar, T., Rideout, S., Ross, J., Duncan, S., Yin, Y. & Wang, H. (2021). Chemical Compositions of Edamame Genotypes Grown in Different Locations in the US. vol. 5, p. 620426. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.620426>
- Bec, S., Pfeiffer, T. & Slone, D. (2004). Production System for Extending the Harvest Time Frame of Fresh-Market Edamame in Kentucky. Department of Plant and Soil Sciences and Department of Horticulture University. Available at: https://www.uky.edu/ccd/sites/www.uky.edu.ccd/files/edamame_extend_harvest.pdf
- Bonghi, C., Xi, L., Klimek-Kopyra, A., Li mli, M., Song Li, danforthcenterorg, Dhakal, K., Zhu, Q., Zhang, B., Li, M. & Li, S. (2021). Analysis of Shoot Architecture Traits in Edamame Reveals Potential Strategies to Improve Harvest Efficiency. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.614926>
- Born, H. (2006). Edamame : Vegetable Soybean.
- Bosona, T. & Gebresenbet, G. (2018). Swedish consumers' perception of food quality and sustainability in relation to organic food production. *Foods*, vol. 7 (4). DOI: <https://doi.org/10.3390/foods7040054>
- Câmara, G.M.S., Sedyama, T., Dourado-Neto, D. & Bernardes, M.S. (1997). Influence of photoperiod and air temperature on the growth, flowering and maturation of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). *Scientia Agricola*, vol. 54 (spe), pp. 149–154
- Carlson, J.B. & Lersten, N.R. (2004). *Vegetative Morphology 1*.
- Carneiro, R., Duncan, S., O'Keefe, S., Yu, D., Huang, H., Yin, Y., Neill, C., Zhang, B., Kuhar, T., Rideout, S., Reiter, M., Ross, J., Chen, P. & Gillen, A. (2021a). Utilizing Consumer Perception of Edamame to Guide New Variety Development. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, vol. 4
- Carneiro, R.C. V, Yin, Y., Duncan, S.E. & O'keefe, S.F. (2021b). Edamame Flavor Characteristics Driving Consumer Acceptability in the United States: A Review. *Cite This: ACS Food Sci. Technol*, vol. 2021, pp. 1748–1756. DOI: <https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.1c00261>
- Carneiro, R.C.V., Duncan, S.E., O'Keefe, S.F., Yin, Y., Neill, C.L. & Zhang, B. (2020). Sensory and Consumer Studies in Plant Breeding: A Guidance for Edamame Development in the U.S. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, vol. 4 (August), pp. 1–10

- Casas-Leal, N.E., Pereira, F.A.C. & Vello, N.A. (2022). Improvement of vegetable soybean: genetic diversity and correlations of traits between immature and mature plants. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, vol. 22 (1), pp. 1–8
- Castoldi, R., Charlo, H.C. de O., Vargas, P.F., Braz, L.T. & Carrão-Panizzi, M.C. (2011). Agronomic characteristics, isoflavone content and Kunitz trypsin inhibitor of vegetable soybean genotypes. *Horticultura Brasileira*, vol. 29 (2), pp. 222–227
- Chang, W.S., Lee, H.I. & Hungria, M. (2015). Soybean production in the Americas. *Principles of Plant-Microbe Interactions: Microbes for Sustainable Agriculture*, pp. 393–400 Springer International Publishing. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-08575-3_41/FIGURES/1
- Crawford, L.E., Williams, M.M. & Wortman, S.E. (2018). An early-killed rye (*Secale cereale*) cover crop has potential for weed management in edamame (*Glycine max*). *Weed Science*, vol. 66 (4), pp. 502–507. DOI: <https://doi.org/10.1017/wsc.2018.5>
- Dashti, N.H., Cherian, V.M. & Smith, D.L. (2016). Soybean production and suboptimal root zone temperatures. *Abiotic and Biotic Stresses in Soybean Production*. Elsevier Inc., pp. 217–240.
- Estell, M., Hughes, J. & Grafenauer, S. (2021). Plant protein and plant-based meat alternatives: Consumer and nutrition professional attitudes and perceptions. *Sustainability (Switzerland)*, vol. 13 (3), pp. 1–18. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13031478>
- FAOSTAT (2022). *FAOSTAT. FAO Statistical Databases. Food and agriculture organization of the United Nations, Statistics Division*. Available at: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> [2022-08-23]
- Fehr, W.R. & Caviness, C.E. (1977). Stages of Soybean Development. *Special report*, vol. 80 (March), p. 11. Available at: <https://lib.dr.iastate.edu/specialreports/87>
- Firake, D.M., Behere, G.T. & Chandra, S. (2016). An environmentally benign and cost-effective technique for reducing bird damage to sprouting soybean seeds. *Field Crops Research*, vol. 188, pp. 74–81 Elsevier.
- Fogelberg, F. (2021). Soybean (*Glycine max*) cropping in Sweden–influence of row distance, seeding date and suitable cultivars. DOI: <https://doi.org/10.1080/09064710.2021.1895300>
- Fogelberg, F. & Mårtensson, A.M. (2021). Aspects on cultivation of vegetable soybean in Sweden–cultivars, soil requirements, inoculation and nitrogen contribution. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science*, vol. 71 (7), pp. 633–644 Taylor and Francis Ltd.
- Fogelberg, F. & Recknagel, J. (2017). Developing soy production in central and northern Europe. *Legumes in cropping systems*. bookitem, Wallingford, UK: CABI, pp. 109–124.
- Hartman, G.L., West, E.D. & Herman, T.K. (2011). Crops that feed the World 2. Soybean–worldwide production, use, and constraints caused by pathogens and pests. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12571-010-0108-x>
- Jiang, G.L., Rutto, L.K. & Ren, S. (2018). Evaluation of soybean lines for edamame yield traits and trait genetic correlation. *HortScience*, vol. 53 (12), pp. 1732–1736

- Johnson, D., Wang, S. & Suzuki, A. (1999). Edamame : A Vegetable Soybean for Colorado. pp. 2–4
- Johnson, L.A. & Myers, D.J. (1995). *Industrial Uses for Soybeans. Practical Handbook of Soybean Processing and Utilization* AOCS Press. DOI: <https://doi.org/10.1016/b978-0-935315-63-9.50025-5>
- Kader, M.A., Senge, M., Mojid, M.A. & Nakamura, K. (2017). Mulching type-induced soil moisture and temperature regimes and water use efficiency of soybean under rain-fed condition in central Japan. *International Soil and Water Conservation Research*, vol. 5 (4), pp. 302–308 Elsevier B.V. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2017.08.001>
- Kao, T.-H., Huang, R.-F.S. & Chen, B.-H. (2007). Antiproliferation of Hepatoma Cell and Progression of Cell Cycle as Affected by Isoflavone Extracts from Soybean Cake. *Int. J. Mol. Sci*, vol. 8, pp. 1095–1110. Available at: <http://www.mdpi.org/ijms>
- Kelley, K.M. & Sánchez, E.S. (2005). Accessing and Understanding Consumer Awareness of and Potential Demand for Edamame. vol. 40 (5), pp. 1347–1353
- Khojely, D.M., Ibrahim, S.E., Sapey, E. & Han, T. (2018). History, current status, and prospects of soybean production and research in sub-Saharan Africa. *The Crop Journal*, vol. 6 (3), pp. 226–235 Elsevier.
- Koley, T.K., Maurya, A., Tripathi, A., Singh, B.K., Singh, M., Bhutia, T.L., Tripathi, P.C. & Singh, B. (2018). International Journal of Vegetable Science Antioxidant potential of commonly consumed underutilized leguminous vegetables. DOI: <https://doi.org/10.1080/19315260.2018.1519866>
- Konovsky, J., Lumpkin, T.A. & McClary, D. (1994). Edamame: The Vegetable Soybean. *Understanding the Japanese Food and Agrimarket*, vol. 1988 (Gotoh 1984), pp. 173–181
- Kumar, V., Rani, A., Billore, S.D. & Chauhan, G.S. (2006). Physico-Chemical Properties of Immature Pods of Japanese Soybean Cultivars. *International Journal of Food Properties*, vol. 9 (1), pp. 51–59. DOI: <https://doi.org/10.1080/10942910500471727>
- Kumar, V., Rani, A., Goyal, L., Pratap, D., Billore, S.D. & Chauhan, G.S. (2011). International Journal of Food Properties Evaluation of Vegetable-Type Soybean for Sucrose, Taste-Related Amino Acids, and Isoflavones Contents EVALUATION OF VEGETABLE-TYPE SOYBEAN FOR SUCROSE, TASTE-RELATED AMINO ACIDS, AND ISOFLAVONES CONTENTS. *International Journal of Food Properties*, vol. 14, pp. 1142–1151. DOI: <https://doi.org/10.1080/10942911003592761>
- Kumar, V., Rani, A., Mittal, P. & Shuaib, · Mohd (2019). Kunitz trypsin inhibitor in soybean: contribution to total trypsin inhibitor activity as a function of genotype and fate during processing. *Journal of Food Measurement and Characterization*, vol. 13, pp. 1583–1590. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11694-019-00074-y>
- Kumar, V., Rani, A., Shukla, S. & Jha, P. (2020). Development of Kunitz Trypsin inhibitor free vegetable soybean genotypes through marker-assisted selection. DOI: <https://doi.org/10.1080/19315260.2020.1800886>
- Li, X., Welbaum, G.E., Rideout, S.L., Singer, W. & Zhang, B. (2022). Vegetable Soybean and Its Seedling Emergence in the United States. *Legumes [Working Title]*, IntechOpen. DOI: <https://doi.org/10.5772/INTECHOPEN.102622>

- Liener, I.E. (1994). Implications of antinutritional components in soybean foods
Implications of Antinutritional Components in Soybean Foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, (July 2012), pp. 37–41
- Liu, K.S. (2008). Food Use of Whole Soybeans. *Soybeans: Chemistry, Production, Processing, and Utilization*, pp. 441–481
- Lord, N., Kuhar, T., Rideout, S., Sutton, K., Alford, A., Li, X., Wu, X., Reiter, M., Doughty, H. & Zhang, B. (2021). Combining Agronomic and Pest Studies to Identify Vegetable Soybean Genotypes Suitable for Commercial Edamame Production in the. pp. 738–754
- Lord, N., Sciences, S.E., Tech, V., Neill, C., Tech, V., Economist, E., Extension, V.C., Zhang, B., Sciences, S.E. & Tech, V. (2019). Production and Economic Considerations for Fresh Market Edamame in Southwest Virginia.
- Mahoussi, K.A.D., Eric, E.A., Symphorien, A., Florent, J.-B.Q., Flora, J.C., Achille, E.A., Clement, A. & Brice, S. (2020). Vegetable soybean, edamame: Research, production, utilization and analysis of its adoption in Sub-Saharan Africa. *Journal of Horticulture and Forestry*, vol. 12 (1), pp. 1–12
- Matsumura, A., Sano, S., Ueda, Y., Yamasaki, M. & Tokumoto, H. (2022). Variabilities in Agronomic Traits and their Relationship with Soil Properties of Vegetable Soybean Cultivated Under Greenhouse Conditions in the Nakakawachi region, Osaka, Japan. *The Horticulture Journal*,
- McNulty, S. & Acres, W. (2001). *Marketing New Crops:edamame*
- Mebrahtu, T., Mohamed, A. & Elmi, A. (1997). *Accumulation of phytate in vegetable-type soybean genotypes harvested at four developmental stages* *. Kluwer Academic Publishers.
- Mentreddy, R. & Joshee, N. (2016). Edamame : A Nutritious Vegetable Crop. (November)
- Miladinović, J., Đorđević, V., Balešević-Tubić, S., Petrović, K., Čeran, M., Cvejić, J., Bursać, M. & Miladinović, D. Increase of isoflavones in the aglycone form in soybeans by targeted crossings of cultivated breeding material. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-46817-1>
- Miles, C. a, Lumpkin, T. a, Zenz, L. & Lion, W. (2000). *Edamame*
- Mimura, M., Coyne, C.J., Bambuck, M.W. & Lumpkin, T.A. (2007). SSR diversity of vegetable soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]. *Genetic Resources and Crop Evolution*, vol. 54 (3), pp. 497–508
- Miransari, M. & Smith, D. (2008). Using signal molecule genistein to alleviate the stress of suboptimal root zone temperature on soybean-Bradyrhizobium symbiosis under different soil textures. *Journal of Plant Interactions*, vol. 3 (4), pp. 287–295. DOI: <https://doi.org/10.1080/17429140802160136>
- Mohan, V.R., Tresina, P.S. & Daffodil, E.D. (2016). Antinutritional Factors in Legume Seeds: Characteristics and Determination. *Encyclopedia of Food and Health*, pp. 211–220 Academic Press.
- Moreno, F. & Malone, T. (2021). The Role of Collective Food Identity in Local Food Demand. DOI: <https://doi.org/10.1017/age.2020.9>
- Moseley, D.O. (2018). An Evaluation of Breeding , Agronomic , and Processing Methodologies of Vegetable Soybean (Edamame) to Increase Domestic Production in the United States Market.
- Mpepereki, S., Javaheri, F., Davis, P. & Giller, K.E. (2000). Soyabeans and sustainable agriculture: Promiscuous soyabeans in southern Africa. *Field*

- Crops Research*, vol. 65 (2–3), pp. 137–149 Elsevier.
- Nagraj, G.S., Chouksey, A., Jaiswal, S. & Jaiswal, A.K. (2020). Broccoli. *Nutritional Composition and Antioxidant Properties of Fruits and Vegetables*, pp. 5–17 Academic Press. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812780-3.00001-5>
- Ntatsi, G., Gutiérrez-Cortines, M.E., Karapanos, I., Barros, A., Weiss, J., Balliu, A., Rosa, E.A. dos S. & Savvas, D. (2018). The quality of leguminous vegetables as influenced by preharvest factors. *Scientia Horticulturae*, vol. 232 (January), pp. 191–205 Elsevier. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.058>
- Ogles, C., Guertal, E. & Weaver, D. (2016). Edamame Cultivar Evaluation in Central Alabama.
- Pao, S., Ettinger, M.R., Khalid, M.F., Mebrahtu, T. & Mullins, C. (2008). Microbiological quality of frozen “edamame” (vegetable soybean). *Journal of Food Safety*, vol. 28 (2), pp. 300–313
- Pornprom, T., Sukcharoenvipharat, W. & Sansiriphun, D. (2010). Weed control with pre-emergence herbicides in vegetable soybean (*Glycine max* L. Merrill). *Crop Protection*, vol. 29 (7), pp. 684–690 Elsevier.
- Rao, M.S.S., Bhagsari, A.S. & Mohamed, A.I. (2002). *Fresh green seed yield and seed nutritional traits of vegetable soybean genotypes* DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2002.1950>
- Ribera, L.M., Aires, E.S., Neves, C.S., Do, G., Fernandes, C., Pereira, F., Bonfim, G., Rockenbach, R.I., Rodrigues, J.D. & Ono, E.O. (2022). Assessment of the Physiological Response and Productive Performance of Vegetable vs. Conventional Soybean Cultivars for Edamame Production. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12061478>
- Sadler, C.R., Grassby, T., Hart, K., Raats, M., Sokolović, M. & Timotijevic, L. (2021). Processed food classification: Conceptualisation and challenges. *Trends in Food Science and Technology*, vol. 112 (February), pp. 149–162
- Saldivar, X., Wang, Y.J., Chen, P. & Hou, A. (2011). Changes in chemical composition during soybean seed development. *Food Chemistry*, vol. 124 (4), pp. 1369–1375 Elsevier.
- Santana, A.C., Carrão-Panizzi, M.C., Mandarino, J.M.G., Leite, R.S., Silva, J.B. da & Ida, E.I. (2012). Effect of harvest at different times of day on the physical and chemical characteristics of vegetable-type soybean. *Food Science and Technology*, vol. 32 (2), pp. 351–356
- Shanmugasundaram, S., Taiwan. Nong lin ting., Xing zheng yuan nong ye wei yuan hui (China) & Asian Vegetable Research and Development Center. (1991). Vegetable soybean : research needs for production and quality improvement ; proceedings of a workshop held at Kenting, Taiwan, 29 April--2 May 1991. In: Shanmugasundaram, • S (ed.), Kenting,Taiwan, 1991. p. 151. Kenting,Taiwan
- Shurtleff, W. & Aoyagi, A. (2009). *History of soybeans and soyfoods in south america (1882-2009): extensively annotated bibliography and sourcebook*.
- Shurtleff, W. & Aoyagi, A. (2021). *HISTORY OF EDAMAME , VEGETABLE SOYBEANS , AND VEGETABLE-TYPE SOYBEANS (1000 BCE to 2021) : EXTENSIVELY ANNOTATED BIBLIOGRAPHY AND SOURCEBOOK Including Young Soybean Leaves and Seedlings Used as Food by*.

- Simonne, A.H., Smith, M., Weaver, D.B., Vail, T., Barnes, S. & Wei, C.I. (2000). Retention and Changes of Soy Isoflavones and Carotenoids in Immature Soybean Seeds (Edamame) during Processing. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf000247f>
- Singh, G. (2010). *The soybean: botany, production and uses*. (Singh, G., ed.) CABI. DOI: <https://doi.org/10.1079/9781845936440.0000>
- Singh, R.J. (2017). Botany and Cytogenetics of Soybean. In: Nguyen, H.T. & Bhattacharyya, M.K. (eds.) *The Soybean Genome*. Cham: Springer International Publishing, pp. 11–40.
- Sirisomboon, P., Pornchaloempong, P. & Romphophak, T. (2007). Physical properties of green soybean: Criteria for sorting. *Journal of Food Engineering*, vol. 79 (1), pp. 18–22 Elsevier.
- SLU (2022). *30 lantbrukare testar att odla sojabönor och smalbladig lupin i Sverige | Externwebben*. Available at: <https://www.slu.se/ewnyheter/2022/7/30-lantbrukare-testar-att-odla-sojabonor-och-lupin/> [2022-08-03]
- Song, J., Liu, C., Li, D. & Gu, Z. (2013). Evaluation of sugar, free amino acid, and organic acid compositions of different varieties of vegetable soybean (*Glycine max* [L.] Merr). *Industrial Crops and Products*, vol. 50, pp. 743–749 Elsevier.
- Song, J.Y., An, G.H. & Kim, C.J. (2003). Color, texture, nutrient contents, and sensory values of vegetable soybeans [*Glycine max* (L.) Merrill] as affected by blanching. *Food Chemistry*, vol. 83 (1), pp. 69–74 Elsevier.
- Song, W., Sun, S., Ibrahim, S.E., Xu, Z., Wu, H., Hu, X., Jia, H., Cheng, Y., Yang, Z., Jiang, S., Wu, T., Sinegovskii, M., Sapey, E., Nepomuceno, A., Jiang, B., Hou, W., Sinegovskaya, V., Wu, C., Gai, J. & Han, T. (2019). Standard cultivar selection and digital quantification for precise classification of maturity groups in soybean. *Crop Science*, vol. 59 (5), pp. 1997–2006 Crop Science Society of America.
- Sugimoto, M., Goto, H., Otomo, K., Ito, M., Onuma, H., Suzuki, A., Sugawara, M. & Abe, S. (2010). Metabolomic Profiles and Sensory Attributes of Edamame under Various Storage Duration and Temperature Conditions. *J. Agric. Food Chem*, vol. 58, pp. 8418–8425. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf101471d>
- Tadesse Mebrahtu, C.M. (2007). Efficiency of Mechanical Harvest for Immature Vegetable Soybean Pods. *Virginia Journal of Science*, vol. 58 (3)
- Tsindi, A., Kawuki, R. & Tukamuhabwa, P. (2019). Adaptation and stability of vegetable soybean genotypes in Uganda. *African Crop Science Journal*, vol. 27 (2), p. 267
- Vasconcelos, I.M. & Oliveira, J.T.A. (2004). Antinutritional properties of plant lectins. *Toxicon*, vol. 44 (4), pp. 385–403 Pergamon.
- Vincent-Caboud, L., Vereecke, L., Silva, E. & Peigné, J. (2019). Cover Crop Effectiveness Varies in Cover Crop-Based Rotational Tillage Organic Soybean Systems Depending on Species and Environment. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy9060319>
- Wang, K. chi (2018). East Asian food regimes: agrarian warriors, edamame beans and spatial topologies of food regimes in East Asia. *Journal of Peasant Studies*, vol. 45 (4), pp. 739–756 Routledge.
- Wang, Z.Q., Fabrice, E., Senga, B., Wang, D.Y. & Bimbou, E.F. (2005). *Vegetable soy bean (Glycine max [L.] Merrill) from production to processing*

- Wijewardana, C., Reddy, K.R. & Bellaloui, N. (2019). Soybean seed physiology, quality, and chemical composition under soil moisture stress. *Food Chemistry*, vol. 278, pp. 92–100 Elsevier Ltd.
- Williams, M.M. (2015). Managing Weeds in Commercial Edamame Production : Current Options and Implications. (December), pp. 954–961
- Williams, M.M. & Nelson, R.L. (2014). Vegetable Soybean Tolerance to Bentazon, Fomesafen, Imazamox, Linuron, and Sulfentrazone. *Weed Technology*, vol. 28 (4), pp. 601–607 Cambridge University Press (CUP).
- Wilson, D. (2022). *Brix: a measure of fruit sweetness* | *Dave Wilson Nursery*. Available at: <https://www.davewilson.com/home-garden/getting-started/brix/> [2022-08-25]
- Xu, Y., Cartier, A., Kibet, D., Jordan, K., Hakala, I., Davis, S., Sismour, E., Kering, M. & Rutto, L. (2016). Physical and nutritional properties of edamame seeds as influenced by stage of development. *Journal of Food Measurement and Characterization*, vol. 10 (2), pp. 193–200
- Yu, D., Lord, N., Polk, J., Dhakal, K., Li, S., Yin, Y., Duncan, S.E., Wang, H., Zhang, B. & Huang, H. (2022). Physical and chemical properties of edamame during bean development and application of spectroscopy-based machine learning methods to predict optimal harvest time. *Food Chemistry*, vol. 368, p. 130799 Elsevier.
- Zeipin, S., Vågen, I.M. & Iga Lapse, L. (2022). Possibility of Vegetable Soybean Cultivation in North Europe. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae8070593>
- Zeipina, S., Alsin, I. & Lapse, L. (2017). Insight in edamame yield and quality parameters: A review. *Research for Rural Development*, vol. 2, pp. 40–44
- Zhang, L. & Kyei-Boahen, S. (2007). Growth and Yield of Vegetable Soybean (Edamame) in Mississippi in: HortTechnology Volume 17 Issue 1 (2007). *HortTechnology (Alexandria, Va.)*, vol. Vol.17 (1), pp. 26–31. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.17.1.26>
- Zhang, Q., Li, Y., Chin, K.L. & Qi, Y. (2017). Vegetable soybean: Seed composition and production research. *Italian Journal of Agronomy*, vol. 12 (3), pp. 276–282

Tack

Ett stort tack till min handledare Helena Persson Hovmalm för värdefulla råd, tips och inspiration till detta arbete. Tack till nära och kära för allt stöd och uppmuntrande ord under tiden jag skrev detta arbete.

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Även om du inte publicerar fulltexten kommer den arkiveras digitalt. Om fler än en person har skrivit arbetet gäller krysset för samtliga författare. Du hittar en länk till SLU:s publiceringsavtal på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.