

# सूरज से शीतलता

## ग्रामीण क्षेत्रों में फसल कटाई के बाद कशल कोल्ड स्टोरेज के लिए नयी खोज

ग्रामीण किसानों के लिए कोल्ड स्टोरेज सुलभ कराने से उपज की बर्बादी कम होती है, उपज सुरक्षा बढ़ती है, और किसानों की आमदनी में बढ़ोतरी होती है। सूरज की ऊर्जा और कम खर्च वाली सामग्रियों का इस्तेमाल करने वाली नयी खोज, जैसे फ़ार्म सन फ्रिज (FSF) मॉडल, के ज़रिए ऐसे ग्रामीण किसानों को रेफ्रिजरेटिड कोल्ड स्टोरेज की पहुंच मिलती है जिनके पास भरोसे योग्य बिजली नहीं है। इस नयी खोज को ग्रामीण किसानों तक पहुंचाने के लिए, किसान उत्पादक संस्थाओं (FPOs), और जिन्हें इनसे फ़ायदा हो सकता है उन किसान समुदायों, सरकारी एजेंसियों के अधिकारियों को यह सुनिश्चित करना चाहिए कि FSF मॉडल का इस्तेमाल करने वाले सम्बंधित सौर ऊर्जा से चलने वाले कोल्ड स्टोरेज के लिए अनुदान और कर्ज़ उपलब्ध हों और उन्हें कृषि विकास का समर्थन करने वाली सब्सिडियों और फंड्स प्रदान करवाया जाए।

## कोल्ड स्टोरेज का प्रयोग वर्तमान कृषि उत्पादन को अधिकतम करने में मदद करती है

भारत में उपभोक्ता तक पहुँचने से पहले तकरीबन 60% उपज की बर्बादी और नुकसान होता है। इस नुकसान में से तकरीबन एक-तिहाई नुकसान सीधा कोल्ड स्टोरेज की कमी के कारण होता है, तथा उत्पादन मंडी तक पहुँचने से पहले ही खराब हो जाता है।<sup>2</sup> आर्थिक प्रभाव महत्वपूर्ण है- नीति आयोग के अनुसार, फसल कटाई

के बाद का कृषि नुकसान वार्षिक रूप से तकरीबन 92,561 करोड़ रुपये है।<sup>3</sup> वर्तमान कृषि उत्पादन के लिए इस फसल की कटाई के बाद के नुकसानों को कम करके, किसानों की आर्थिक सुरक्षा बढ़ सकती है और भारत के विकास उद्देश्यों में योगदान हो सकता है, खास तौर पर आने वाले समय में उपज सुरक्षा और कृषि स्थिरता बढ़ाने के लिए। ये दो उद्देश्य उस आधार का निर्माण करते हैं जिससे देश उपज आयात पर निर्भर रहने की बजाय उपज निर्यात से मुनाफा हासिल कर सके।

हालांकि रेफ्रिजरेटिड कोल्ड स्टोरेज नष्ट होने वाले कृषि उत्पादों की शेल्फ लाइफ को बढ़ाती है, खास तौर पर फल और सब्जियों की, फिर भी निर्माण के अधिक खर्च और स्थिर बिजली की आपूर्ति न होना, ग्रामीण किसानों के लिए बाधक बनते हैं। खर्चों की पूर्ति के न्यूनतम विकल्पों के संयोजन के साथ, यह कारन ग्रामीण क्षेत्रों में कोल्ड स्टोरेज बनाने में बाधक बनते हैं।<sup>4</sup> इन चुनौतियों से जीतने के लिए, खोजकर्ताओं ने एक नयी सूरज की ऊर्जा से चलने वाला रेफ्रिजरेटिड और इवैपोरेटिव कूलिंग (EC) स्टोरेज सुविधा का खोज किया, और FSF की जांच की जो कि छोटे किसानों के समाजों के लिए किफायती है (बॉक्स 1 देखें)। परीक्षणों में, FSF स्टोरेज ने सिर्फ इवैपोरेटिव कूलिंग या बिना कूलिंग की तुलना में चौलाई की शेल्फ लाइफ को तीन गुणा बढ़ाया।<sup>5</sup> FSF स्टोरेज सुविधा का इस्तेमाल करने वाले किसानों ने टमाटरों, अंडों, और आवंला के जूस की शेल्फ लाइफ में बढ़ोतरी के बारे में सूचना दी, जिससे उन्हें इस संबंध में नियंत्रण प्राप्त हुआ की कब और कैसे उत्पादन और कृषि उत्पादों को मंडी में लाना है (तालिका 1)।

### तालिका 1

FSF परीक्षण सुविधाओं का इस्तेमाल करने वाले किसानों ने नष्ट होने वाले फल और सब्जियों की शेल्फ लाइफ की बढ़ोतरी के बारे में बताया

नष्ट होने वाली फसल	FSF में शेल्फ लाइफ	कमरक तापमान पर शेल्फ लाइफ
अंडे	60 दिन	7 दिन
आंवला जूस	30 दिन	5 दिन
टमाटर प्यूरी	20 दिन	2 दिन
टमाटर	10 दिन	4 दिन
धनिया	8 दिन	3 दिन

जब पानी तरल से गैसीय अवस्था में बदलकर उड़ता है, तो यह आस पास के वातावरण से गर्मी खींचता है।

### इवैपोरेटिव कलिंग

इस सिद्धांत का इस्तेमाल करती है ताकि ढाँचे के आंतरिक हिस्से को ठंडा किया जा सक क्योंकि पानी बाहरी दीवार से भाप बनकर उड़ता है।

## फ़ार्म सनफ्रिज ऑफ़-ग्रिड कोल्ड स्टोरेज की पारंपरिक प्रौद्योगिकी पर निर्मित है।

भारत में ज्यादातर छोटे खेत ग्रामीण क्षेत्रों में है जो कि शायद बिजली संयंत्रों से न जुड़े हों। जहाँ खेतों के पास बिजली ग्रिड की पहुंच है, वहाँ बिजली की गुणवत्ता खराब और आपूर्ति रुक-रुक कर होती है। इससे बिजली से चलने वाली कोल्ड स्टोरेज सुविधाएं छोटे किसानों के लिए उचित प्रतीत नहीं होती हैं। कई शताब्दियों से, किसानों और अन्य लोग EC सिद्धांत पर निर्भर हैं। FSF का यह इनोवेशन EC ढांचों में सूरज की ऊर्जा से चलने वाली रेफ्रिजरेशन को शामिल करता है, जिससे सुविधाएं बिजली ग्रिड से बिजली पर निर्भर रहे बिना शीतल तापमानों तक पहुंच जाती है - जो कि EC स्टोरेज की तुलना में 20 डिग्री सेल्सियस जितना ठंडा होता है और बाहरी हवा के तापमानों से 35 डिग्री सेल्सियस अधिक ठंडा होता है।

FSF के विकास में, खोजकर्ताओं ने सबसे कुशल, किफायती, और स्थानीय रूप से मौजूद सामग्रियों का परीक्षण और चुनाव किया।<sup>16</sup> सुविधाओं के निर्माण के बाद, ढाँचे के प्रबंधन और सोलर पैनलों की नियमित सफाई के अलावा और कोई वार्षिक संचालन खर्च नहीं हैं। पैनल 20 साल या उससे अधिक तक काम कर सकते हैं, जबकि EC दीवारों में कुछ सामग्रियां, जैसे बाहरी कपड़े की कवरेज, को सात साल बाद बदलने की ज़रूरत पड़ सकती है। बैटरी-मुक्त संचालन से सौर ऊर्जा द्वारा संचालित ढांचों की तुलना में अप-फ्रंट खर्च 2,00,000 रुपये तक कम होते हैं और 50,000 रुपये तक वार्षिक प्रतिस्थापन खर्चों में भी कमी आती है जो निरंतर शीतलन के लिए बैटरियों पर निर्भर करते हैं।

FSF का डिज़ाइन अतिरिक्त बिजली की ज़रूरत के बिना, खर्चों को कम भी करता है और सौर ऊर्जा की कुशलता बढ़ाता है (चित्र 1 देखें)। FSF कोल्ड स्टोरेज को तकरीबन 5,00,000 के कम खर्च में बनाया जा सकता है जो कि भारत में व्यावसायिक रूप से उपलब्ध तुलनात्मक ढांचों के खर्च का एक तिहाई है। यह तुलनात्मक रूप से कम खर्च वाला और ऑफ़-ग्रिड डिज़ाइन किसानों को अपने खेतों या कृषि समुदायों में सीधा फसल कटाई के बाद प्राप्त हुए उत्पादों को स्टोर करने की सुविधा देता है। इस प्रकार का स्टोरेज समय की



### बॉक्स 1

#### सूरज की ऊर्जा से चलने वाला फ़ार्म सन फ्रिज कैसे कार्य करता है?

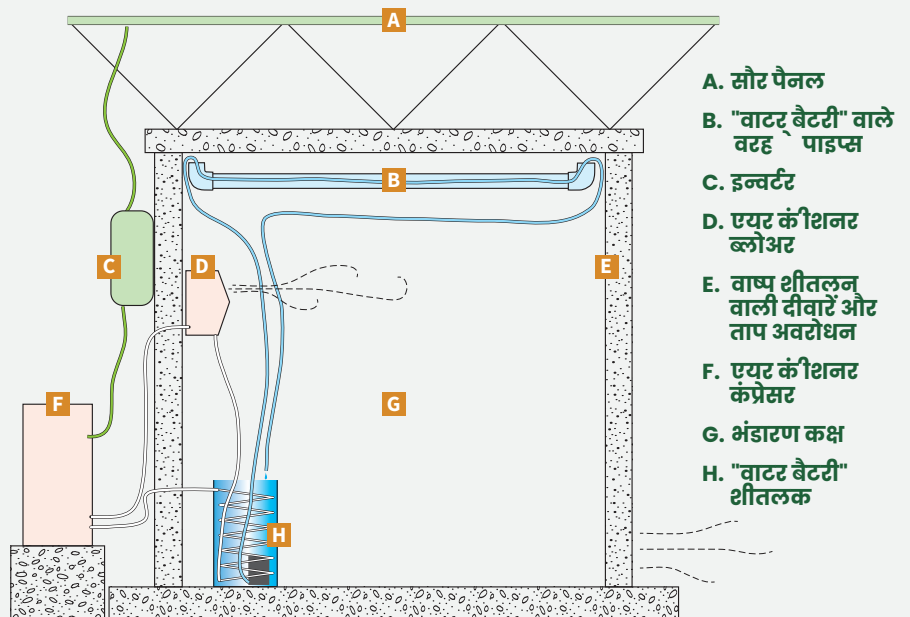
फ़ार्म सनफ्रिज (FSF) पारंपरिक इवैपोरेटिव कूलिंग (EC) ढाँचे को सौर ऊर्जा से संचालित रेफ्रिजरेशन और नवीन निर्माण सामग्रियों के ज़रिए बेहतर बनाता है। दिन के समय, मौजूद सौर ऊर्जा की प्रतिक्रिया में सेंसर रेफ्रिजरेशन की मांग को सीमित करता है। सौर ऊर्जा "वाटर बैटरी" को ठंडा करती है जो रात के समय, सौर ऊर्जा मौजूद न रहने पर, ठंडे तापमानों को बनाए रखने के लिए ओवरहेड पाइपों में पानी को ठंडा करती है।

किसान स्थानीय रूप से मौजूद सामग्रियों के साथ दो चरणों में FSF बना सकते हैं। वह पहले EC कक्ष बना सकते हैं, जो बाहरी तापमान से कुछ शीतलन प्रदान करता है। दूसरे चरण में, वह शीतलन बढ़ाने के लिए सौर ऊर्जा द्वारा संचालित रेफ्रिजरेशन इकाई बना सकते हैं। जो क्षेत्र बिजली ग्रिड से जुड़े होते हैं, FSF को इस तरह प्रोग्राम किया जाता है कि पहले वह सौर ऊर्जा पर काम करे और सौर ऊर्जा मौजूद न होने पर वह बिजली से चले। यह डिज़ाइन सोलर पैनलों की संभावना को खोलता है ताकि जब सौर ऊर्जा FSF की आवश्यकता से अधिक हो तो उसे बिजली ग्रिड में भेजा जा सके।

### चित्र 1

#### फ़ार्म सनफ्रिज पारंपरिक इवैपोरेटिव कूलिंग बढ़ाने के लिए सौर ऊर्जा से चलने वाले रेफ्रिजरेशन को फायदेमंद बनाता है।

फ़ार्म सन फ्रिज भवन की बाहरी दीवारों द्वारा वाष्पीकरण की सुविधा देता है, जिससे आंतरिक ढाँचे को प्राकृतिक शीतलन मिलता है। सोलर पैनल किफायती, व्यावसायिक रूप से मौजूद स्लिट एयर कंडीशनर यूनिट को ऊर्जा देता है जो हवा और "वाटर बैटरी" कहे जाने वाले चिलर को ठंडा करने के लिए संशोधित किया गया है ताकि संरचना को और ठंडा किया जा सके।



- A. सौर पैनल
- B. "वाटर बैटरी" वाले वरह पाइप्स
- C. इन्वर्टर
- D. एयर कंडीशनर ब्लोअर
- E. वाष्प शीतलन वाली दीवारें और ताप अवरोधन
- F. एयर कंडीशनर कंप्रेसर
- G. भंडारण कक्ष
- H. "वाटर बैटरी" शीतलक



## तालिका 2

### फ़ार्म सनफ्रिज निर्देश और क्षमता

आकार	3 x 3 x 3 मीटर (स्केलेबल)
भंडारण क्षमता	2,000 किलो उत्पादन
निर्माण क्षेत्र	35 m <sup>2</sup>
रेफ्रिजरेशन क्षमता	18,000 BTU/घंटा
दिन के समय का आंतरिक तापमान	5° C – 8° C
रात के समय का आंतरिक तापमान	12° C – 14° C

कर सकते हैं। इसके साथ ही, अपने उत्पादों को मंडी में लाने पर उन्हें अधिक नियंत्रण मिलता है। यह नियंत्रण अधिक मुनाफे की सम्भावना बढ़ाता है, खरीदने की शक्ति बढ़ाता है, और बदले में, घर की सम्पन्नता बढ़ती है।

स्थानीय कोल्ड स्टोरेज उत्पादन को लंबे समय तक ताज़ा रखता है, जिससे अधिक से अधिक मात्रा मंडियों तक पहुंच सकती है। अधिक समय तक ताज़ा रहने से मौजूद भोजन की आपूर्ति बढ़ेगी और स्थिर होगी, जिससे उपभोक्ताओं और उत्पादनकर्ताओं, दोनों के लिए भोजन सुरक्षा और अधिक भरोसे योग्य कीमतों में योगदान होगा (जैसा बॉक्स 2 में दिखाया गया है)।

बर्बादी कम करता है और केंद्रीय कोल्ड स्टोरेज गोदामों तक महंगे परिवहन को खत्म करता है और साथ ही देश के कोल्ड चेन के बुनियादी ढाँचे को सीधे उत्पादन स्थल तक ले जाता है।

जस्थान में FSF परीक्षण सुविधा पर खोज यह बताती है कि आस-पास के 45 डिग्री सेल्सियस के वातावरण में FSF कुशल तरीके से 5 डिग्री सेल्सियस और 15 डिग्री सेल्सियस के बीच शीतल करता है। ये परिणाम कुशल कोल्ड स्टोरेज के लिए FSF को एक अनुसंधान-आधारित तरीका बना देते हैं। FSF स्पष्ट रूप से एकीकृत बागवानी विकास के लिए वर्तमान मिशन (MIDH) में फसल कटाई के बाद के प्रबंधन और कोल्ड चेन बुनियादी ढाँचे के लिए परिचालन निर्देशों में शामिल नहीं है, हालांकि FSF विनिर्देश कोल्ड स्टोरेज सहायता के लिए MIDH मानकों के अनुरूप हैं (तालिका 2)।

## कोल्ड स्टोरेज सुविधाओं में निवेश सबके लिए फायदेमंद है

वर्तमान में, खेत पर कोल्ड स्टोरेज सुविधाओं की कमी और नष्ट होने वाली उपज को क्षेत्रीय सुविधाओं तक ले जाने के लिए सीमित परिवहन विकल्प छोटे किसानों के लिए एक रूकावट हैं। कुशल कोल्ड स्टोरेज के बिना, किसान अपने उत्पादों को बाजार में लाने का नियंत्रण नहीं पा सकते। नष्ट होने के अंतर्निहित जोखिम के कारण उन्हें अस्थिर बाजारों का सामना करना पड़ता है और अक्सर अपने उत्पादों के लिए उन्हें मिलने वाली कीमत कम हो जाती है।

तुलनात्मक रूप से कम खर्च, सामग्री की स्थानीय उपलब्धता और FSF स्टोरेज सुविधाओं के लिए कम निर्माण समय का मतलब है कि कोल्ड स्टोरेज का निर्माण तेजी से और अति-स्थानीय पैमाने पर किया जा सकता है—निजी किसान उन्हें अपनी जमीन पर बना सकते हैं और FPO उन्हें ग्रामीण इलाकों में केंद्रीय रूप से बना सकते हैं। फसल की कटाई के बाद के उत्पादों के लिए, भरोसे योग्य, स्थान पर कोल्ड स्टोरेज की पहुंच के साथ, किसान बर्बादी और उनकी फसल कटाई से सम्बंधित आर्थिक नुकसान को कम

## बॉक्स 2

### कोविड-19 महामारी के अनुभव यह सुझाव देते हैं कि सौर ऊर्जा द्वारा संचालित कोल्ड स्टोरेज किसानों को आर्थिक झटकों को झेलने में मदद कर सकते हैं

राजस्थान, हरियाणा, और दिल्ली में तीन FSF पायलट सुविधाओं की शुरुआत 2020 और 2021 में हुई थी। कोविड-19 महामारी के आने पर, FSF किसानों के लिए मूल्यवान साधन सिद्ध हुआ जिससे मंडियों में उनकी बिक्री उचित तरीके से हुई जो पहले अप्रत्याशित और अप्रत्याशित थी। एक किसान मार्च 2020 से 20,000 अंडे स्टोर कर सकता था, जब मंडियां मई 2020 तक महामारी के कारण नष्ट हुईं, जब वह उसे मुनाफे के लिए बेच सकते थे। यह अनुभव सुझाव देता है कि, भोजन आपूर्ति को स्थिर करने और किसानों की मुनाफा बढ़ाने में मदद करने के साथ-साथ, कोल्ड स्टोरेज सुविधाओं की पहुंच, छोटे किसानों को प्राकृतिक आपदाओं या मंडी अस्थिरता के कारण आर्थिक झटकों का सामना करने में मदद कर सकती है।



पिचोलिया, राजस्थान में संचालित फ़ार्म सनफ्रिज।

# फाइनेंसिंग और नीति बदलाव FSF कोल्ड स्टोरेज की पहुंच बढ़ा सकते हैं

किफायती, नवीन FSF डिज़ाइन कोल्ड चैन बुनियादी ढाँचे को विस्तृत करने के लिए MIDH संचालन निर्देशों में कथित आवश्यकताओं को पूरा करता है। बढ़ रही FSF कोल्ड स्टोरेज सुविधाएं उत्पादन के स्थान से सीधा किसानों के खेतों में प्राकृतिक कोल्ड चैन को—विस्तृत करने में मदद कर सकती हैं और साथ ही—किसानों, उपभोक्ताओं, और समुदायों को लाभ दे सकती हैं।

कृषि और किसान कल्याण मंत्रालय में MIDH, कृषि और ग्रामीण विकास के लिए राष्ट्रीय बैंक (नाबाड), और कोल्ड चैन विकास के लिए राष्ट्रीय केंद्र यह सुनिश्चित करने के लिए कदम उठा सकते हैं कि FSF संरचनाएँ बनाने के लिए किसानों और FPO को जानकारी, फंडिंग और स्वीकृतियाँ सुलभ करवाई जा सकें।

## सिफ़ारिशें

### MIDH

**MIDH फसल कटाई के बाद के प्रबंध के लिए संचालन निर्देश उद्दिनांकित कर सकता है ताकि** FSF प्राधौगिकी शामिल हो सके। अपडेट किए गए निर्देशों को:

- सौर, इवैपोरेटिव, कम ऊर्जा वाले शीतलन कक्ष के रूप में FSF सुविधाओं को परिभाषित करना चाहिए।
- कोल्ड स्टोरेज सब्सिडियों के खर्च नियमों और रूपरेखा में FSF निर्देशित करना चाहिए।

### नाबाड

**नाबाड** FSF सुविधाओं को बनाने के लिए ग्रामीण किसानों के लिए हाल ही में शुरू हुए कृषि बुनियादी ढाँचे फंड द्वारा FPOs को **ग्रांट्स और माइक्रो लोन की प्राथमिकता दे सकता है** और स्वीकृत कर सकता है।

### कोल्ड चैन विकास के लिए राष्ट्रीय कदम का निमाण होना चाहिए

**कोल्ड चैन विकास के लिए राष्ट्रीय केंद्र ग्रामीण क्षेत्रों में FPOs और किसानों तक पहुंच के लिए** FSF नवीनताओं और सरकारी फंडिंग प्रोग्रामों-के बारे में जानकारी शामिल करके सूरज की ऊर्जा द्वारा संचालित और बैटरी मुक्त कोल्ड स्टोरेज सुविधाओं के लिए **सहयोग निर्मित कर सकता है।**

उपज और कृषि वस्तुओं की कटाई के बाद के नुकसान को कम करने के लिए राष्ट्रीय लक्ष्यों को पूरा करने के लिए नवीन समाधानों की आवश्यकता है। FSF कोल्ड स्टोरेज के लिए सिद्ध डिज़ाइन है जो छोटे किसानों की मुनाफा बढ़ाने और खरीद शक्ति बढ़ाने की योग्यता में काफी अंतर ला सकता है, जिससे अधिक आर्थिक संतुलन और किसानों और समुदायों का विकास हो सकता है।



## अभिस्वीकृतियाँ

खोज प्राधौगिकी सहायता केंद्र (RTAC) के अधीन आबादी संदर्भ ब्यूरो द्वारा इस दस्तावेज़ को बनाया गया था। अनुबंध संख्या 7200AA18C00057 के संदर्भ में अंतर्राष्ट्रीय विकास के लिए युनाइटेड स्टेट्स एजेंसी (USAID) द्वारा अमरीकी लोगों के उदार सहयोग से RTAC को मुमकिन किया गया है। शिकागो यूनिवर्सिटी में सामग्री RTAC और NORC की एकल जिम्मेदारी है और आवश्यक रूप से USAID या युनाइटेड स्टेट्स सरकार के दृष्टियों को प्रतिबिंबित नहीं करती।

इस नीति संक्षिप्त में प्रस्तुत जानकारी भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान (IARI) की डॉ. संगीता चोपड़ा और मिशिगन स्टेट यूनिवर्सिटी के डॉ. नॉर्बर्ट एमलर और डॉ. रैडोल्फ ब्यूडी के नेतृत्व में की गई खोज पर आधारित है। और जानकारी के लिए, डॉ. चोपड़ा से [dhingra.sangeeta@gmail.com](mailto:dhingra.sangeeta@gmail.com) पर सम्पर्क किया जा सकता है। खोज टीम भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान, मिशिगन स्टेट यूनिवर्सिटी ग्लोबल सेंटर फॉर फूड सिस्टम्स इनोवेशन, और पार्टनरशिप फॉर एन्हांसिंग एंगेजमेंट इन रिसर्च, द नेशनल एकेडमी ऑफ साइंसेज, इंजीनियरिंग एंड मेडिसिन, और USAID को वित्त पोषण और खोज में समर्थन में उनकी भूमिकाओं के लिए धन्यवाद देना चाहती है।

## संदर्भ

1. अविनाश गोयल ईटी एल, *भारतीय कृषि में स्वर्ण मौकों का निर्माण: 2025 तक भोजन सुरक्षा से किसानों की आमदनी सुरक्षा* मिंकसी & कंपनी, 2017।
2. गोयल ईटी एल, *भारतीय कृषि में स्वर्ण मौकों का निर्माण*।
3. नीति आयोग, *नए भारत के लिए कार्यनीति @ 75।* (नई दिल्ली: भारत बदलाव के लिए राष्ट्रीय संस्था, 2018)।
4. गोयल ईटी एल, *भारतीय कृषि में स्वर्ण मौकों का निर्माण*।
5. प्रियंका शरद महागड़े ईटी एल, "अपूर्ण भंडारण का मूल्यांकन करने के लिए एक मॉडल संयंत्र के रूप में अमरनाथ का उपयोग: भारत में सोलर-रेफ्रिजरेटेड और इवैपोरेटिव-शीतलन संरचनाओं का आकलन," *बागवानी विज्ञान* 55, संख्या 11 (2020): 1759-1765।
6. संगीता चोपड़ा और रैडोल्फ ब्यूडी, "भारत में सूरज की ऊर्जा से चलने वाले रेफ्रिजरेशन को शामिल करने के लिए इवैपोरेटिव कूलिंग कमरों को नया स्वरूप देना," *ISHS एक्टा बागवानी* 1194 (2018): 609-616, और संगीता चोपड़ा और रैडोल्फ ब्यूडी, "नाशवान उत्पादों के स्टोरेज के लिए इवैपोरेटिव कूलिंग संरचनाओं के लिए नवीन समग्र दीवार डिज़ाइन," *कृषि विज्ञान के भारतीय जर्नल* 88, संख्या 11 (2018): 1692-95।

